



# PLANUNGSLEITFADEN WÄRMEPUMPEN

**Wärmepumpen-Marktplatz NRW.** [www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de](http://www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de)

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>		
<b>1. Allgemeines</b>	<b>4</b>		
1.1 Landesinitiative Zukunftsenergien NRW und Wärmepumpen-Marktplatz NRW	4		
1.2 Energie – Umwelt – Zukunft	5		
1.3 Was ist eine Wärmepumpe	6		
1.4 Betriebsarten	11		
1.5 Was bringt eine Wärmepumpe	12		
1.6 Warmwasserversorgung	15		
1.7 Wohnungslüftung	16		
<b>2. Wärmepumpen im Neubau</b>	<b>18</b>		
2.1. EnEV und Wärmepumpentechnik	18		
2.2. Welches System für welche Anwendung	19		
		2.3. Systemlösungen	21
		2.3.1. Systemlösung Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen	21
		2.3.2. Systemlösung Luft/Wasser-Wärmepumpen	22
		2.3.3. Systemlösung Abluft-Wärmepumpe	23
		2.4. Beispiele aus der Praxis	24
		2.4.1. Wärmepumpen in EFH	24
		2.4.2. Wärmepumpen in MFH	27
		2.4.3. Wärmepumpen in Gewerbe- und kommunalen Objekten	30
		<b>3. Wärmepumpen im Altbau</b>	<b>35</b>
		3.1. Einführung	35
		3.2. Beispielrechnung	35
		3.3. Förderprogramme nutzen	36
		3.4. Prüfung der Voraussetzungen	36
		3.4.1. Austausch einer Wärmepumpe	36
		3.4.2. Umrüstung einer Heizungsanlage	37
		3.4.3. Systemlösungen	37
		3.5. Beispiele aus der Praxis	38
		<b>4. Förderprogramme</b>	<b>41</b>
		4.1. Hinweise und Anschriften	41
		4.2. Plakette für umweltfreundliches Heizen	41
		<b>5. Checklisten</b>	<b>42</b>
		5.1. Checkliste für die Planung von Sole/Wasser-Wärmepumpen	42
		5.2. Checkliste für die Planung von Wasser/Wasser-Wärmepumpen	43
		5.3. Checkliste für die Planung von Luft/Wasser-Wärmepumpen	43
		<b>6. Impressum</b>	<b>44</b>



**Christa Thoben**  
Ministerin für  
Wirtschaft, Mittelstand  
und Energie  
des Landes  
Nordrhein-Westfalen

## Vorwort

Verehrte Leserin, verehrter Leser,

Nordrhein-Westfalen ist ein Land, das traditionell sehr eng mit Energiefragen verbunden ist. Das war in der Vergangenheit so und soll auch in Zukunft so bleiben. Deshalb wird Energie für das Land immer einen besonderen Stellenwert haben.

Weltweit müssen wir einen rasant wachsenden Energiebedarf feststellen. Ein schneller Verbrauch endlicher Ressourcen und die steigende Belastung der Umwelt sind die Konsequenzen dieser Entwicklung. Daher haben die Steigerung der Energieeffizienz in der gesamten Wertschöpfungskette von der Energiegewinnung über die -wandlung bis zur -nutzung, der sparsame Umgang mit Energie und der Ausbau alternativer Systeme eine hohe Priorität, vor allem für NRW. Nur so lässt sich die nationale und internationale Stellung unseres Landes erhalten und ausbauen.

Sie, als Architekt oder Planer, übernehmen für Ihre Kunden eine verantwortungsvolle Aufgabe. Für Sie gilt es, die Wünsche der Bauherren mit den finanziellen, technischen und örtlichen Gegebenheiten in Einklang zu bringen. Das gilt sowohl für Neubauten, als auch für Sanierungsmaßnahmen. Welche Bauvorhaben Sie auch zu realisieren haben, immer geht es bei Ihrer Arbeit nicht nur um das Heute, sondern auch um das Morgen und Übermorgen. Sie werden zwar für die Bauherren von Heute tätig, müssen aber auch die zukünftigen Generationen im Auge behalten, die später in den Gebäuden wohnen werden.

Unter diesen Voraussetzungen ist es richtig, dass Sie sich mit Heiztechniken beschäftigen, die auch noch Bestand haben, wenn die heute noch marktbeherrschenden Energien zur Beheizung nicht mehr verfügbar oder nicht mehr bezahlbar sind.

Nur so sind Sie in der Lage, Ihren Bauherren verantwortungsbewusst und vorausschauend Systemlösungen anbieten zu können, die auch den Erfordernissen der Zukunft gerecht werden.

Wärmepumpen nutzen weitgehend Umweltenergien, die sich immer wieder natürlich erneuern. Sie senken die CO<sub>2</sub> Emissionen um mehr als 30 % und reduzieren die Betriebskosten der Heizungsanlage um 50 % und mehr, auf der Grundlage heutiger Energiekosten. Das Einsparpotential der Wärmepumpe ist in Anbetracht des zu erwartenden weiteren Anstiegs der Energiekosten bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

Bedenkt man, dass Wärmepumpen auch noch energie- und kostengünstig zum Kühlen verwendet werden können, dann steigert diese umweltfreundliche Technik zusätzlich den Komfort.

Die vorliegende Broschüre will Ihnen den Zugang zur Wärmepumpe erleichtern, einer Technik, die ihre Leistungsfähigkeit täglich unter Beweis stellt. Die Wärmepumpe ist eine praxisingerechte, zukunftssichere Alternative zu herkömmlichen Heizsystemen.

Ich danke allen Fachleuten, die an der Erstellung des Planungsfadens mitgewirkt haben, um Ihnen mit dieser fundierten Unterlage Hilfestellungen bei der Umsetzung Ihrer Entscheidung für die Wärmepumpe zu geben.



Info über Wärmepumpen-Marktplatz NRW unter:  
Hotline 0211 / 86 64 218  
[www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de](http://www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de)

## 1. Allgemeines

### 1.1 Landesinitiative Zukunftsenergien NRW und Wärmepumpen-Marktplatz NRW

Die Landesinitiative Zukunftsenergien NRW ist eine Informations-, Kommunikations- und Handlungsplattform für Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und der öffentlichen Hand im Energiesektor. Sie wird getragen von vier nordrhein-westfälischen Ministerien, dem Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie, dem Ministerium für Bauen und Verkehr, dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie sowie dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW.

Bei der Arbeit der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW geht es darum, rationelle Umwandlung und Verwendung von Energie voranzubringen, Techniken zur Nutzung unerschöpflicher Energiequellen weiterzuentwickeln und verstärkt einzusetzen sowie die heimische Kohle umweltverträglich zu nutzen. Die Aktivitäten konzentrieren sich darauf, Innovationsprozesse in NRW zu forcieren, Kooperationen und strategische Allianzen anzubahnen und die Markteinführung zukunftsweisender Energietechnologien zu beschleunigen. Zielgruppen der Landesinitiative sind die Hersteller energietechnischer Anlagen und Geräte, Energieumwandler und -versorger, Energieanwender, Handwerk, Baugewerbe, Architekten und Ingenieurbüros, Forschung und Wissenschaft sowie die Aus- und Weiterbildungsstätten.

Die Landesinitiative Zukunftsenergien NRW bietet für diese Zielgruppen eine Informations- und Kooperationsplattform. Dazu wurden bislang 18 verschiedene Themenfelder und Kompetenz-Netzwerke auf den Gebieten Außenwirtschaft, Bauen und Wohnen, Biomasse, Branchenenergiekonzepte, Brennstoffzelle, Energiedienstleistungen, Dezentrale Energiesysteme, Photovoltaik, Geothermie, Grubengas, Kraft-Wärme-Kopplung, Kraftwerkstechnologien, Licht-emittierende Dioden (LED), Solarthermie, Wärmepumpe, Wasserkraft, Wasserstoff und Windenergie eingerichtet.

Aus den Aktivitäten der Arbeitsgruppe Wärmepumpe ist der „Wärmepumpen-Marktplatz NRW“ hervorgegangen.

Zu seinen Aufgaben gehört, die Wärmepumpentechnik durch vielfältige Maßnahmen am Markt bekannt zu machen.

Im Wärmepumpen-Marktplatz NRW sind mehr als 70 Unternehmen vertreten; dazu zählen u.a. Institutionen unterschiedlicher Richtungen, Energieversorger, Hersteller, aber auch Fachbetriebe und Bohrunternehmen – kurz gesagt: Kompetente Gesprächspartner zum Thema „Wärmepumpe“.

## 1.2 Energie - Umwelt - Zukunft

### 1.2.1 Reserven fossiler Energieträger

Die Reserven fossiler Energieträger sind begrenzt. Ein rationeller Umgang mit diesen kostbaren Gütern ist daher zwingend erforderlich, wenn auch zukünftige Generationen noch von ihnen profitieren sollen. Z.Z. werden ca. 90 % des Weltenergiebedarfs durch fossile Primärenergieträger gedeckt.

Nach heutigem Kenntnisstand reichen beispielsweise die entdeckten Erdölvorkommen nicht einmal mehr für 50 Jahre. Eine erschreckende Vorstellung. Das würde nämlich bedeuten, dass Gas und Öl nicht mehr verfügbar wären, das Haus aber, das heute geplant, gebaut, oder saniert wird, noch steht.

	Statistische Reichweite bei gegenwärtiger Förderung in Jahren
Erdölvorräte	< 50
Erdgasvorräte	< 70
Stein- und Braunkohlen	< 160

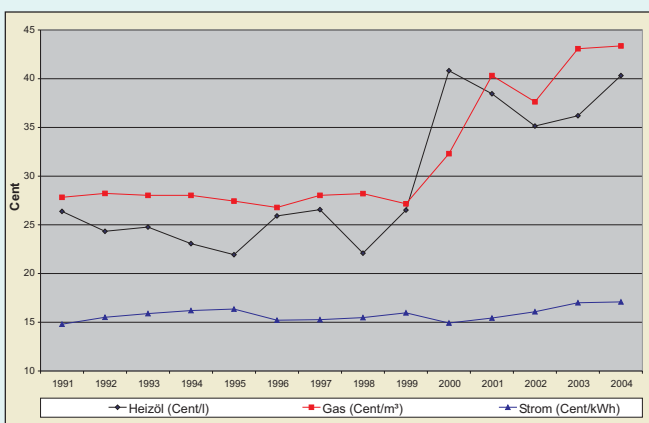
Sicher gewinnbare Vorräte weltweiter fossiler Energieträger.  
Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Diese Betrachtung geht jedoch von aktuellen Gegebenheiten aus und unterliegt den Korrekturen der realen Entwicklung. Diese wird u.a. bestimmt von der zukünftigen Verbrauchsentwicklung, dem technologischen Fortschritt bei der Erschließung sowie der Preisentwicklung.

### 1.2.2 Preisentwicklung der Energie

Schon eine geringe Verknappung der Fördermengen führte in der Vergangenheit zu einem erheblichen Preisanstieg der fossilen Primärenergieträger Erdöl und Erdgas, was folglich zu einer drastischen Verteuerung der Heizkosten führte.

Der Preis für den Strom, der die Wärmepumpe antreibt, blieb von diesen Entwicklungen weitestgehend unberührt. Die Betriebskosten einer Wärmepumpenanlage sind somit deutlich genauer kalkulierbar und bewahren den Nutzer vor teuren Überraschungen.



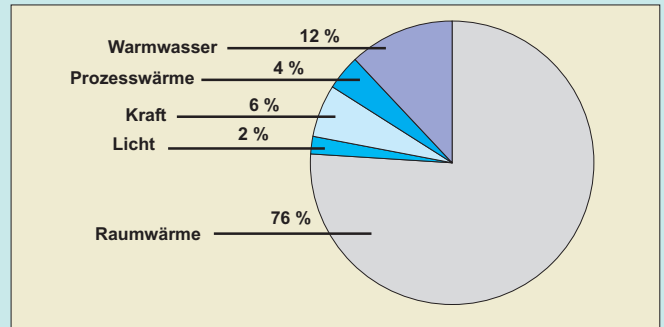
Entwicklung der Verbraucherpreise für leichtes Heizöl, Erdgas und Haushaltstrom (Cent/je Einheit inkl. MWSt)

Quellen: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Statistisches Bundesamt, Eurostat, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Mineralölwirtschaftsverband, Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft

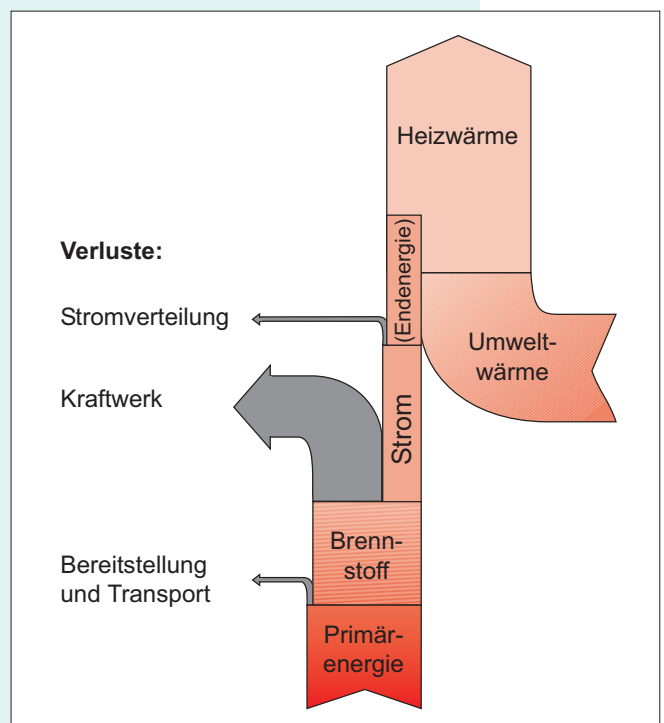
### 1.2.3 Energieverbrauch im Haushalt

Die Gebäudebeheizung hat mit rund 76 % den mit Abstand größten Anteil am Endenergiebedarf der Haushalte. Auch wenn durch die Einführung der EnEV der Heizenergiebedarf für Neubauten insgesamt reduziert werden kann, bleibt die Heizung zusammen mit der Warmwasserbereitung der mit Abstand größte Energieverbraucher im Haushalt. Höchste Zeit also den Primärenergieaufwand dafür weiter zu senken.

Anteil der Gebäudebeheizung am Endenergieverbrauch der Haushalte (ohne Verkehr)  
Quelle: VDEW-AK "Nutzenergiebilanzen" 2000



Eine Wärmepumpe mit einer Jahresaufwandszahl  $e_{WP}$  (Verhältnis der elektrischen Energie zur Wärmeenergie p.a.) von 0,25 spart im Vergleich zu einem Gas-Brennwertkessel mit einem Jahresnutzungsgrad von 100 % ca. 33 % und im Vergleich zu einem Ölkessel mit einem Jahresnutzungsgrad von 90 % ca. 40 % Primärenergie ein.



Energiefluss einer Wärmepumpenanlage  
Quelle: RWE Bauhandbuch

### 1.2.4 Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Genauso wichtig wie die Reduzierung des Primärenergiebedarfes, ist die drastische Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe unvermeidlich entstehen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen stehen im Verdacht, einen erheblichen Anteil am Treibhauseffekt und der damit verbundenen Klimaerwärmung zu haben.

Eine wirksame Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gehört deshalb zu den wichtigsten, umweltpolitischen Zielen.

CO<sub>2</sub> entsteht vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger. Diese haben bei der Energieerzeugung einen Anteil von über 90 % und verursachen dabei jährliche Emissionen von rund 25 Mrd. t CO<sub>2</sub>.

Im Vergleich zu modernen Öl-, oder Gasheizungsanlagen, reduziert die Elektrowärmepumpe mit einer Jahresaufwandszahl ( $e_{WP}$ ) von 0,25 die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 30 und 55 %.

Die Elektrowärmepumpe kann daher einen beachtlichen Beitrag zum Erhalt der Ressourcen und zur Minderung der Umweltbelastungen leisten.

## 1.3 Was ist eine Wärmepumpe

### 1.3.1 Allgemeines

Mindestens einmal täglich begegnet man einer Elektrowärmepumpe!

Nun, diese Aussage wird vermutlich ungläubiges Staunen hervorrufen. Denn, wo bitte schön soll man Kontakt mit einer Wärmepumpe haben?

Der Gang in die Küche wird die Frage schnell beantworten – denn der Kühlschrank ist nichts anderes als eine Wärmepumpe. Wärme aus dem Innenraum des Kühlschranks wird nach außen „gepumpt“. Technischer formuliert: Dem Innenraum wird Wärme entzogen, die auf der Rückseite des Kühlschranks mit einem höheren Temperaturniveau an die Umgebungsluft wieder abgegeben wird.

Ein Kühlschrank enthält alle Komponenten, die auch für den Betrieb einer Elektrowärmepumpe erforderlich sind. Im wesentlichen sind dieses:

- Verdampfer (z.B. Gefrierfach)
- Kondensator (z.B. Rippen an der Rückseite des Kühlschranks)
- Kompressor
- Expansionsventil
- Kältemittel

Elektrischer Strom ist die am häufigsten verwendete Antriebsenergie für Wärmepumpen. Es werden aber auch Systeme angeboten, die fossile Energieträger einsetzen, wie Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen oder gasmotorisch betriebene Wärmepumpen. Wegen der geringen Marktbedeutung wird auf diese Techniken weiter nicht eingegangen.

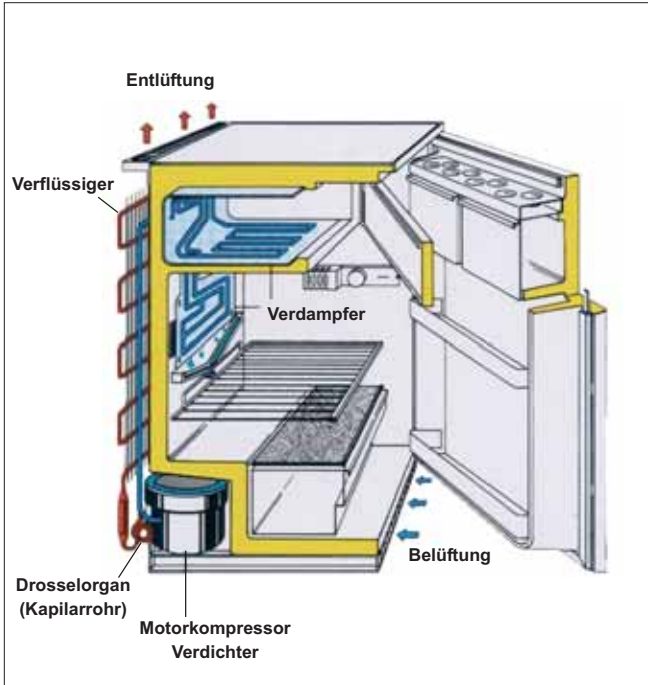
### 1.3.2 Kältekreislauf

Bei dem Prozess einer Kältemaschine - und um nichts anderes handelt es sich - werden die physikalischen Funktionen Verdampfen, Verdichten, Kondensieren und Entspannen für den Wärmetransport genutzt. Der geschlossene Kältekreis, aus den genannten Komponenten bestehend, wird mit einer Flüssigkeit befüllt, die einen sehr niedrigen Siedepunkt hat. Die Flüssigkeit - das Kältemittel - verdampft bereits bei sehr niedrigen Temperaturen, je nach Kältemittel bis zu -50 °C und tiefer.

Bei dem Verdampfungsprozess wird der Umgebung Wärme entzogen. Der Kältemitteldampf wird mit dem Kompressor auf ein höheres Druckniveau „gepumpt“; also verdichtet. Durch die dabei entstehende Reibung der Gasmoleküle, steigt das Temperaturniveau des gasförmigen Kältemittels erheblich. Das Heißgas wird im Kondensator abgekühlt, indem Wärme abgegeben wird. Dabei verflüssigt sich das Kältemittel wieder.

Über ein Expansionsventil wird der Überdruck anschließend abgebaut, und der gesamte Prozess kann wieder von Neuem beginnen.

Funktionsweise einer Wärmepumpe am Beispiel eines Kühlschranks  
 Quelle: RWE



Beim Kühlschrank wird dem Innenraum Wärme entzogen. Bei einer Wärmepumpe der Umwelt! Dafür eignen sich z.B. die Luft, das Wasser, aber auch das Erdreich. Die Wärme, die diesen Medien durch den Verdampfungsvorgang entzogen wird, bringt der Kompressor auf ein höheres Temperaturniveau. Anschließend wird die Wärme im Kondensator wieder abgegeben, z.B. an den Heizungskreis, an einen Warmwasserspeicher, oder zur Erwärmung der Luft.

Man kann also mit Umweltwärme, die sich ständig wieder natürlich erneuert, heizen, baden oder warme Luft erzeugen.

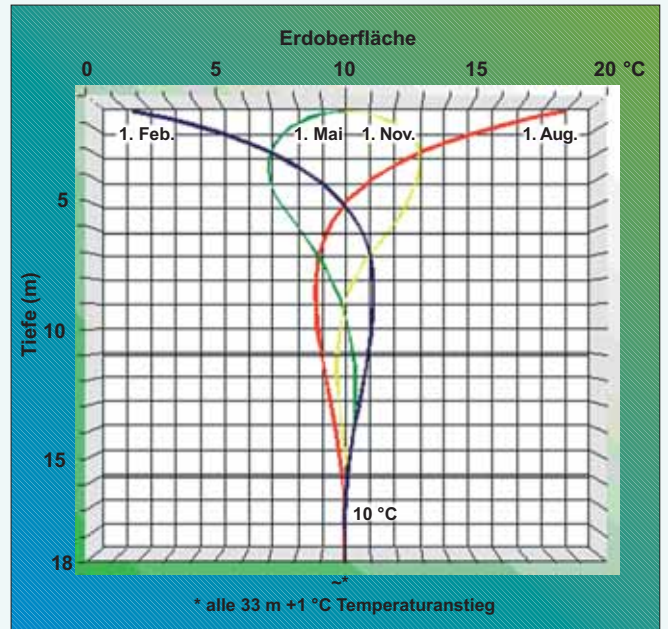
Außer Umweltwärme eignet sich natürlich auch Abwärme hervorragend zur Energiegewinnung mit einer Wärmepumpe.

### 1.3.3 Energiequellen

#### Erdreich

Das Erdreich ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Im Zusammenhang mit dem Betrieb von Wärmepumpen sprechen wir von oberflächennaher Geothermie. In der Regel werden für Wärmepumpen nur die Erdschichten zwischen 1,2 und 100 m genutzt. Bei diesen Tiefen wird der Energiespeicher „Erdreich“ aus Sonnenenergie (direkte Einstrahlung und Niederschläge) sowie durch Energie aus dem Erdkern gespeist.

Heizungs-Wärmepumpen, Jahrestemperaturverlauf im Erdreich  
 Quelle: tecalor



Der Vollständigkeit halber sollte auch die Tiefengeothermie erwähnt werden. Zur Erschließung dieser Energiereserven sind jedoch Bohrungen in Tiefen von 2.000 m und mehr erforderlich. Wegen der damit verbundenen hohen Kosten kann dieses Verfahren jedoch nur bei sehr großen Projekten in Betracht kommen.

Bleiben wir also bei der üblichen Variante, der oberflächennahen Geothermie.



Schema einer Erdwärmekollektoranlage  
 Quelle: Geologischer Dienst NRW

Nun gut, werden Sie fragen, welche realistischen Möglichkeiten gibt es denn, den unerschöpflichen Energiespeicher „Erdreich“ für die Haustechnik nutzbar zu machen?

Hierfür bieten sich zwei Verfahren an. Der Erdkollektor, der in einer Tiefe von ca. 1,2 m zu verlegen ist und die Erdsonde, die bis zu 100 m tief gebohrt wird.

Grundsätzlich benötigt man einen Wärmeträger, um die Erdwärme zu erschließen. Der Wärmeträger ist eine Flüssigkeit, die aus Wasser mit einer Beimischung von Glykol zur Frostsicherung besteht und *Sole* genannt wird. Daher stammt auch die Bezeichnung *Sole/Wasser-Wärmepumpe* für diese Technik.

Die Sole zirkuliert in einem geschlossenen Rohrsystem aus Kunststoff; unverrottbares HDPE. Auf dem Weg durch das Erdreich erwärmt sich die Sole, wird zur Wärmepumpe geführt und dort um etwa 4 K abgekühlt. Das Rohrsystem im Erdreich muss so lang sein, dass sich die Sole auf dem Weg durch die Rohre wieder entsprechend erwärmen kann.

Daraus ergibt sich, dass die Länge des Rohrsystems von der benötigten Heizleistung und von den geologischen Verhältnissen bestimmt wird. Denn, die Wärmeleitfähigkeit der geologischen Formationen ist unterschiedlich.

Als erste Variante zur Erschließung der Erdwärme sprechen wir über den **Erdwärmekollektor**.

Für Einfamilienhäuser mit niedrigem Heizwärmebedarf bietet sich diese Lösung besonders an. Denn sie ist kostengünstig zu realisieren! Häufig reicht es bereits aus, die Baugrube etwas zu vergrößern, um den notwendigen Platz für den Erdkollektor zu schaffen.

Wichtig ist, dass die Fläche über dem Kollektor nicht versiegelt wird, da sonst das Eindringen des Regens in den Boden verhindert wird. Bei Gebäuden, bei denen eine Verrieselung des Regenwassers vorgesehen ist, kann die Leistung des Erdkollektors gesteigert werden, wenn die Verrieselung über dem Erdkollektor angelegt wird.

Das Rohrmaterial ist als Rollenware verfügbar. In einer Tiefe von ca. 1,2 m wird der Erdkollektor verlegt, wobei die Gesamtlänge des Kollektors, wie bereits erwähnt, vom Heizwärmebedarf des Gebäudes und von den geologischen Gegebenheiten abhängig ist.



Verlegung eines Erdwärmekollektors  
Quelle: Vaillant

Als Alternative zum Erdkollektor bietet sich die **Erdwärmesonde** an.

Sollte das Grundstück die Realisierung eines Erdkollektors nicht erlauben, kann die Erdwärme auch durch Erdwärmesonden erschlossen werden.

Hierfür werden Bohrungen mit Durchmessern bis zu 200 mm und Tiefen bis zu 100 m erstellt. Die Bohrtiefe ist abhängig von dem Heizwärmebedarf und von den geologischen Verhältnissen. Dabei bestimmen sowohl die anstehenden geologischen Formationen als auch die Lage der wasserführenden Schichten die Wärmeentzugsleistung der Sonden und damit die erforderlichen Bohrmeter. In Abhängigkeit von diesen Parametern werden häufig auch mehrere Bohrungen niedergebracht. Dabei sollte der Abstand zwischen zwei Bohrungen > 5,0 m sein.



Schema einer Erdwärmesonde  
Quelle: Geologischer Dienst NRW

Seit vielen Jahren haben sich eine Reihe von Bohrfirmen auf die Erstellung von Erdwärmesonden spezialisiert. Sie verfügen über umfassende Erfahrungen für die fachgerechte Ausführung zuverlässig funktionierender Erdwärmesonden.

Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden bieten dem Anwender den unschätzbaren Vorteil der zuverlässigen Betriebsweise. Ob Sommer, Winter, Tag oder Nacht, Jahr für Jahr steht die Erdwärme mit einem betriebs sicheren, langzeitbewährten System uneingeschränkt zur Verfügung.

Die Nutzung der Erdwärme ist kostengünstig und umweltschonend. Denn die Erdwärme liefert 75 % der Energie, die zum Heizen erforderlich ist; kostenlos und dauerhaft. Für 4 kWh Heizenergie werden nur 1 kWh Strom für den Antrieb der Wärmepumpe benötigt.

Sole/Wasser-Wärmepumpen bieten dem Anwender einen zweifachen Nutzen. Über das Heizen mit sehr niedrigen Betriebskosten hinaus, können die Wärmepumpen im Sommer das Gebäude auch komfortsteigernd kühlen. Hierzu ist die Sole verwendbar; als eine sehr energie- und kostengünstige Lösung. Alternativ hierzu werden auch Wärmepumpen mit umschaltbarem Kältekreis angeboten, die zusätzlich die Kühlleistung der Sole unterstützen und damit eine noch höhere Kühlleistung erbringen.



Erstellung einer Erdwärmesonde für ein Einfamilienhaus

Um Architekten und Ingenieuren eine größere Sicherheit für die Planung von Wärmepumpenanlagen zu geben, hat die Landesinitiative Zukunftsenergien NRW eine geothermische Potentialstudie beim Geologischen Dienst NRW in Auftrag gegeben. Das Ergebnis dieser Studie liegt vor und ist für Deutschland richtungsweisend.

Schon heute sind in anderen Bundesländern Bemühungen zu erkennen, vergleichbares Datenmaterial zu erarbeiten.



Das Ergebnis der Studie wurde auf einer CD veröffentlicht. Damit steht ein exzellentes Instrument zur Verfügung, das bereits im Vorfeld der Planung die notwendige Sicherheit für die Entscheidung für eine Wärmepumpe bietet.

Die CD ist beim Geologischen Dienst NRW in Krefeld über Internet [www.gd.nrw.de](http://www.gd.nrw.de) erhältlich.

Weitere Hilfen bieten die Richtlinien:

- VDI 4640 (Thermische Nutzung des Untergrundes, Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen)
- Merkblätter Band 48 (Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Geothermie) des Landesumweltamtes NRW schaffen zusätzlich Rechtssicherheit für die Planung, Genehmigung und Ausführung der Anlagen.

Die Merkblätter können als pdf-Datei bei [www.waermepumpenmarktplatz-nrw.de](http://www.waermepumpenmarktplatz-nrw.de) herunter geladen werden.

## Wasser

Die beste energetische Ausbeute bieten *Wasser/Wasser-Wärmepumpen*.

Bei diesem Konzept benutzt man das Grundwasser zur Energiegewinnung. Da Grundwasser nahezu mit konstanten Temperaturen zur Verfügung steht, ist dieses System besonders wirtschaftlich.

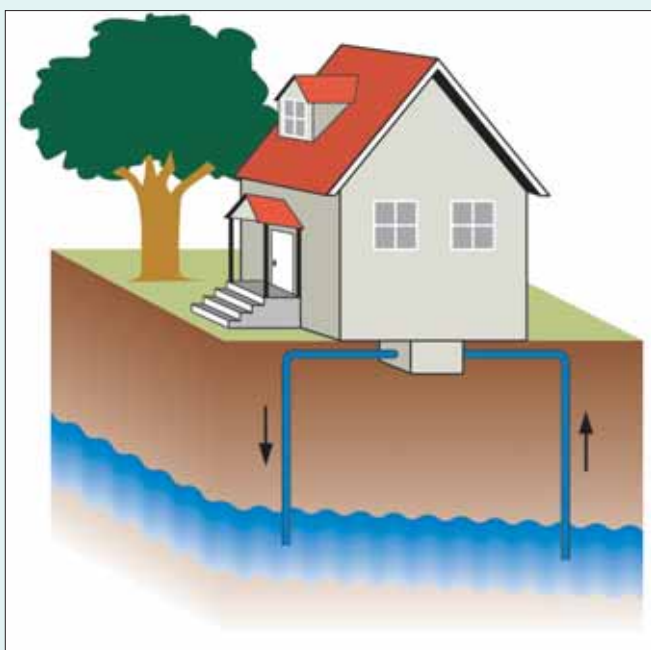
Zur Nutzung des Grundwassers als Energieträger sind mindestens zwei Brunnen erforderlich. Aus einem Brunnen, dem Zapfbrunnen, wird das Wasser entnommen, das von der Wärmepumpe abgekühlt wird. Über einen zweiten Brunnen, Schluckbrunnen genannt, wird das abgekühlte Wasser wieder dem Grundwasser zugeführt.

Dieses Versorgungskonzept wird seit nahezu 40 Jahren eingesetzt. Es zeichnet sich durch eine sehr hohe Wirtschaftlichkeit aus und ist deshalb besonders umweltfreundlich. Der Grund hierfür liegt in der hohen Energieausbeute des Grundwassers.

Das Leistungsverhältnis liegt bei  $> 5$ . Das bedeutet, dass für die Erzeugung von 5 kWh Heizleistung nur 1 kWh elektrische Antriebsenergie erforderlich sind. Denn 4 kWh liefert das Grundwasser; kostenlos und ohne Umweltbelastungen!

Voraussetzung für den einwandfreien Betrieb einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe ist jedoch, dass die Qualität des Grundwassers für diese Anwendung geeignet ist. Daher ist vor der Entscheidung für dieses System eine Wasseranalyse zwingend erforderlich.

Sollte die Wasserqualität nicht geeignet sein, braucht man auf die Vorteile der Wärmepumpentechnik nicht zu verzichten. Denn das Erdreich bietet ja jederzeit eine sehr gute Alternative.



Schema eines Förder- und eines Schluckbrunnens für eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe  
Quelle: Geologischer Dienst NRW

## Luft

Die Luft ist energiereich und eignet sich deshalb für die Wärmepumpe ebenfalls als sehr gute Energiequelle.

Ein Einsatzbereich ergibt sich in Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung, z.B. in der Wohnungslüftung. Diese Geräte werden als *Luft/Luft-Wärmepumpen* bezeichnet.

Hierbei wird die in der Abluft enthaltene Wärme von der Wärmepumpe - auch in Kombination mit Wärmetauschern - zur Erwärmung der Frischluft genutzt.

Einige Hersteller bieten Geräte an, bei denen der Kältekreis der Wärmepumpe zusätzlich umschaltbar ist. Diese Geräte versorgen die Gebäude im Sommer mit gekühlter Frischluft und steigern dadurch den Wohnkomfort noch deutlicher.

Eine weitere Variante ist die *Luft/Wasser-Wärmepumpe*.

In Einfamilienhäusern werden sehr häufig Luft/Wasser-Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung verwendet. Die Geräte sind mit einem Warmwasserspeicher ausgerüstet, und sie nutzen z.B. die Luft in den Kellerräumen als Energiequelle. Dabei wird die Raumluft abgekühlt und außerdem entfeuchtet. Mit der abgekühlten Luft, ein Abfallprodukt, kann man z.B. Vorratsräume oder Weinkeller temperieren.

Aber auch die Außenluft ist als Energieträger bestens geeignet. Die Geräte werden entweder außen, oder aber innen, z.B. im Keller aufgestellt, mit Luftanschlüssen nach außen.

Bis zu Außentemperaturen von ca.  $-2$  bis  $-5$  °C beheizen diese Geräte die Häuser allein und sehr wirtschaftlich. Bei tieferen Außentemperaturen wird ein weiteres Heizsystem zugeschaltet, z.B. ein Gas- bzw. Ölkessel (bivalenter Betrieb) oder eine elektrische Zusatzheizung (monoenergetischer Betrieb). Die Zusatzheizungen übernehmen dabei aber nur einen geringen Anteil der Jahresheizarbeit.

Luft/Wasser-Wärmepumpen eignen sich besonders gut für die Sanierungen von Heizungsanlagen. Bei größeren Objekten wird die Kombination aus Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Gas- bzw. Ölkesseln bevorzugt.

### 1.3.4 Kenngrößen für Wärmepumpen

Für die Wärmepumpentechnik gibt es spezifische Kenngrößen zur Beurteilung der Leistung und Effizienz, die durch die Rahmenbedingungen bestimmt werden, die sich aus der Kältetechnik ergeben.

So ist eine wesentliche Größe der *COP* (Coefficient of Performance), der aus dem Verhältnis der Leistungsaufnahme zur abgegebenen Leistung gebildet wird. Diese Betrachtung bewertet die Effizienz der Wärmepumpe und zwar ausschließlich auf die im Gerät integrierten Aggregate bezogen. Bei einer Luft/Wasser-Wärmepumpe wird daher z.B. die Leistung des Ventilators mit in die Bewertung einbezogen. Gleiches gilt für die Energie, die zum Abtauen der Luft/Wasser-Wärmepumpe aufgewendet wird. Alle übrigen Hilfsaggregate, die für den Betrieb der Heizungsanlage erforderlich sind, bleiben jedoch unberücksichtigt.

$$COP = \frac{\text{abgegebene Wärmeleistung kW}}{\text{zugeführte elektrische Leistung in kW}}$$

Die COP-Werte werden von unabhängigen, akkreditierten Prüfstellen nach DIN EN 255 ermittelt und haben sich zwischenzeitlich international als Qualitätskriterium für Wärmepumpen durchgesetzt.

Grundsätzlich gilt:

**Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und dem Heizsystem ist, umso höher ist die Effizienz der Wärmepumpe und damit der COP-Wert.**

Die wichtigste Kenngröße für den wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe, ist die *Jahresarbeitszahl*  $\beta$ .

Mit diesem Kennwert wird das Verhältnis zwischen der abgegebenen Leistung an das Heiz- und Warmwassersystem und der aufgenommenen elektrischen Leistung beschrieben. Dabei werden alle eingesetzten Hilfsenergien mit berücksichtigt und als Zeitgröße geht ein Jahr in die Berechnung mit ein.

$$\beta = \frac{\Sigma \text{ Nutzwärme}}{\Sigma \text{ zugeführte Antriebsenergie}}$$

Die Jahresarbeitszahl ist vergleichbar mit dem bekannten Jahresnutzungsgrad einer herkömmlichen Heizanlage. Für den Vergleich der Heizungssysteme ist wichtig, dass die gleichen Systemgrenzen für die Betrachtung heran gezogen werden.

Ein Verfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl bzw. der Jahresaufwandszahl bietet die VDI 4650. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für Wärmepumpen kann z.B. anhand der VDI 2067 Blatt 6 vorgenommen werden.

Als neue Kenngröße ist mit der Einführung der Energieeinsparverordnung seit Februar 2002 die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  hinzugekommen. Der Zusammenhang zur Jahresarbeitszahl ist wie folgt:  $e_p = f_p/\beta$ , mit  $f_p$  = Primärenergiefaktor = 3,0 für Strom. Eine gute Wärmepumpenanlage sollte daher eine hohe Jahresarbeitszahl und eine niedrige Anlagenaufwandszahl erreichen.

### 1.4 Betriebsarten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Wärmepumpen zu betreiben. Für die Auswahl ist entscheidend, ob Luft, Wasser oder Erdreich als Energiequellen verwendet werden sollen. Gleichmaßen wichtig sind die Gebäudedaten und die Anforderungen des Bauherren.

Wenn die Wärmepumpentechnik z.B. auch zum Kühlen des Gebäudes eingesetzt werden soll, sind grundlegend andere Kriterien zu berücksichtigen, als wenn sie für die Sanierung einer Heizungsanlage vorgesehen ist. Ähnlich unterschiedliche Anforderungen an die Betriebsarten ergeben sich, wenn die Wärmepumpe in einem größeren Projekt eingesetzt wird, oder aber in einem Einfamilienhaus betrieben werden soll.

Grundsätzlich muss sichergestellt sein, dass die von der Wärmepumpe produzierte Wärme an die *Wärmenutzungsanlage* abgegeben werden kann. Denn lange Laufzeiten, unterbrochen von längeren Stillstandzeiten, sind der Garant für eine hohe Lebensdauer, die weit höher ist, als die von Öl- oder Gaskesseln.

Folgende Betriebsarten sind möglich:

- monovalent
- monoenergetisch
- bivalent.

#### 1.4.1 Monovalenter Betrieb

In dieser Betriebsart deckt die Wärmepumpe allein und ausschließlich den Heizwärmebedarf des Gebäudes.

Voraussetzung hierfür ist, dass die Energiequelle ganzjährig ein ausreichendes Energieangebot zur Verfügung stellt.

Die Energiequellen für den monovalenten Betrieb sind daher:

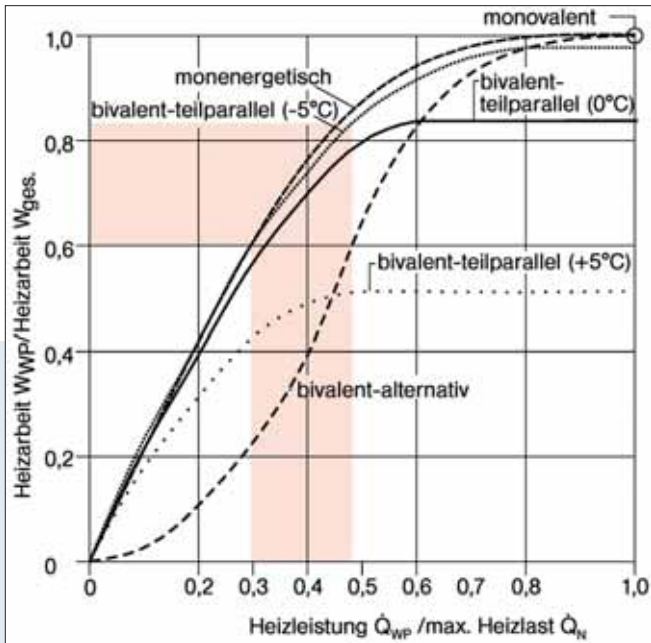
- Grundwasser
- Erdreich
- Kühl- oder Abwasser für Gewerbe- und Industrieanlagen

#### 1.4.2 Monoenergetischer Betrieb

Bei monoenergetischem Betrieb sind zwei Wärmeerzeuger im Einsatz. Beide verwenden den gleichen Energieträger.

Die gebräuchlichste Anwendung ist eine Wärmepumpe, die zur Abdeckung der Spitzenlast durch eine elektrische Zusatzheizung unterstützt wird.

Hydraulisch wird die Elektro-Zusatzheizung in den Heizungsvorlauf installiert. Außerdem ist sie in die Regelung der Wärmepumpe integriert. Sie wird nur dann zugeschaltet, wenn die Wärmepumpe die notwendige Vorlauftemperatur allein nicht mehr bereitstellen kann, d.h. bei entsprechend sehr niedrigen Außentemperaturen.



Die Wärmepumpe sollte so ausgelegt werden, dass sie mindestens 80 % der Normheizlast deckt. Damit bleibt der Deckungsanteil der Zusatzheizung < 20 % bezogen auf die Normheizlast. Ins Verhältnis gesetzt zur Jahresheizarbeit bedeutet das, die Zusatzheizung übernimmt weniger als 3 % der Jahresheizarbeit, also einen verschwindend geringen Anteil. Daher ist die elektrische Zusatzheizung in diesem Zusammenhang jederzeit vertretbar, sowohl aus ökologischer, als auch aus ökonomischer Sicht.

Bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wird dieses Prinzip ebenfalls angewendet, unter Beachtung der beschriebenen Einschränkungen, wenn damit die vollständige Beheizung des Gebäudes erreicht werden kann.

### 1.4.3 Bivalenter Betrieb

Im bivalenten Betrieb werden wenigstens zwei Wärmeerzeuger mit unterschiedlichen Energieträgern eingesetzt.

Beispielsweise besteht die Heizungsanlage dann aus einer Wärmepumpe in Kombination mit einem Gas-, Öl- oder Feststoffkessel. In dieser Kombination übernimmt die Wärmepumpe die Wärmeversorgung in dem Leistungsbereich, in dem sie besonders wirtschaftlich arbeitet. Erst wenn dieser Punkt unterschritten ist, der Bivalenzpunkt, wird die Wärmepumpe ab- und der Heizkessel zugeschaltet.

Der Bivalenzpunkt einer Wärmepumpe ist fabrikatabhängig und wird von der verwendeten Energiequelle bestimmt.

Welches Konzept auch immer gewählt wird; die Wärmepumpe übernimmt hierbei den Löwenanteil der Heizarbeit, um die Umwelt und die Betriebskosten zu schonen.

## 1.5 Was bringt eine Wärmepumpe

Für den Betreiber bringt eine Wärmepumpenheizung eine ganze Reihe von Vorteilen, die sich inbarer Münze auszahlen. Davon abgesehen, sind die im Kapitel 1.2 angegebene Senkung der Schadstoffemissionen und die deutliche Reduzierung des Einsatzes von Primärenergie für einen umweltbewussten Menschen oft bereits Motivation genug, sich für eine Wärmepumpe zu entscheiden.

### 1.5.1 Energiekosten von Wärmepumpen

Elektrowärmepumpen werden mit Strom betrieben. Maßstab für das Verhältnis zwischen Stromeinsatz und Wärmeabgabe ist die Jahresarbeitszahl. Diese Arbeitszahl gibt an, wie viel Heizenergie eine Wärmepumpenanlage mit 1 kWh Strom produziert. Eine Jahresarbeitszahl von 4 sagt z.B. aus, dass mit 1 kWh Strom 4 kWh Heizenergie erzeugt werden. In der Jahresarbeitszahl ist der Stromverbrauch für die Umwälzpumpen, die für den Wärmequellenbetrieb benötigt werden, bereits enthalten. Der Umkehrschluss ist, dass Strom nur für 1/4 der erforderlichen Heizenergie benötigt wird, während die restlichen 3/4 die Umwelt liefert; in diesem Beispiel das Erdreich; kostenlos und sich ständig erneuernd.

Das führt zu einer erheblich geringeren Abhängigkeit von Energiepreisssteigerungen zumal der Preis für Strom nicht an den Preis für Erdöl gekoppelt ist.

Außerdem bieten die meisten Energieversorger in Deutschland Sonderverträge für den Betrieb von Wärmepumpen mit entsprechend günstigen Tarifen.

Daher senken Wärmepumpen die Energiekosten für die Raumheizung und Warmwasserbereitung um ca. 50 – 60 % gegenüber einer konventionellen Heizung. Mit diesen Einsparungen lassen sich eventuell höhere Investitionen schnell wieder kompensieren.

### 1.5.2 Wartungskosten

Eine Wärmepumpe ist, im Gegensatz zu allen anderen konventionellen Heizsystemen, nahezu wartungsfrei. Lediglich die Anlagenkomponenten der Wärmeverteilung und der Wärmequelle sollten gelegentlich durch den Betreiber, oder durch einen Fachbetrieb kontrolliert werden. So ist z.B. in der Wärmequellenanlage einer Sole/Wasser-Wärmepumpe ca. alle 2-3 Jahre die Frostsicherheit der Sole zu überprüfen.

Damit sind die anfallenden Wartungskosten mit durchschnittlich ca. 50 EUR/a im Gegensatz zu einer konventionellen Heizungsanlage minimal, bei der eine ganze Reihe von kostenintensiven Wartungsarbeiten durchgeführt werden müssen.

Diese wären z.B.

- Schornsteinfeger mit ca. 50 EUR/a
- Kesselwartung und Reinigung ca. 150 EUR/a
- Versicherung für Öltankanlage ca. 70 EUR/a

Erfahrungsgemäß summieren sich diese Nebenkosten bei einem Einfamilienhaus auf ca. 150 - 250 EUR/a, die bei einer Wärmepumpenanlage entfallen. Damit vergrößert sich der Betriebskostenvorteil der Wärmepumpe um diesen Betrag noch einmal deutlich.

### 1.5.3 Keine Schadstoffemissionen vor Ort

Eine Elektrowärmepumpe verbrennt vor Ort keine fossilen Energieträger. Damit können vor allem Wohngebiete von zusätzlichen Schadstoffen durch Heizungsanlagen entlastet werden. Wird für den Betrieb der Wärmepumpe regenerativ erzeugter Strom verwendet, treten überhaupt keine Schadstoff- und CO<sub>2</sub> Emissionen mehr auf.

Wie auch immer der Strom produziert und bezogen wird, beim Bauen des Hauses kann der Schornstein eingespart werden. Ein weiterer Aktivposten für die Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizsystemen:

Das Einsparpotential an CO<sub>2</sub> Emissionen wird von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage bestimmt. Das heißt: Je höher die Jahresarbeitszahl, um so größer ist die Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emissionen und der Gewinn für die Umwelt.

### 1.5.4 Geringer Raumbedarf

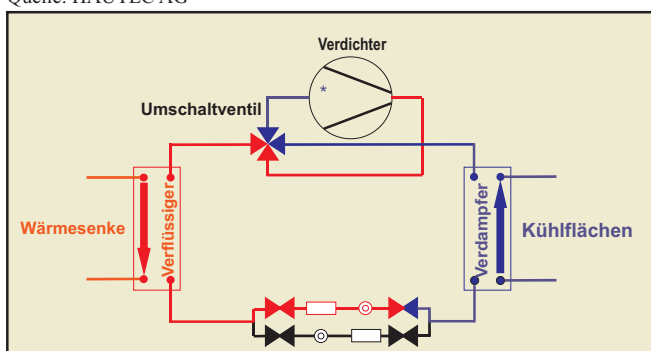
Bei Öl- und Pelletheizungen ist die Lagerung der Vorräte platzintensiv mit entsprechendem Kosten- und Nutzflächenbedarf. Die Wärmepumpe hingegen erfordert keinen besonders vorbereiteten Aufstellraum. Sie kann in einem normalen Kellerraum, in einem Hauswirtschaftsraum, aber auch in einer Garage, ja selbst in einem Hobbyraum untergebracht werden. Der Raum bleibt trotzdem uneingeschränkt nutzbar.

### 1.5.5 Kühlung im Sommer

Eine Wärmepumpe ist in der Funktionsweise vergleichbar mit einem Kühlschrank. Der Unterschied liegt in der Nutzung der Energieströme. Bei der Wärmepumpe wird die im Kältekreis anfallende Wärme für die Heizung genutzt. Die anfallende Kälte ist ein Abfallprodukt. Bei einer Kältemaschine steht dagegen die produzierte Kälteleistung im Vordergrund.

Umschaltung des Kältekreises auf Kühlbetrieb

Quelle: HAUTEC AG



So ist es leicht nachzuvollziehen, dass eine Wärmepumpe durch internes Umschalten des Kältekreises auch zur Kühlung genutzt werden kann. Der Wärmetauscher der kalten Seite (Verdampfer) wird im Kühlbetrieb zum Wärmetauscher für die warme Seite (Verflüssiger). So ist es z.B. ohne zusätzlichen Installationsaufwand möglich, im Sommer mit einer Fußbodenheizung die Räume zu temperieren. Das dabei entstehende Abfallprodukt „Wärme“ wird über die Erdsonden oder über den Erdkollektor abgeführt. Mit dieser Betriebsweise ist eine angenehme Abkühlung der Wohn- oder Büroräume auch über einen längeren Zeitraum möglich.

Eine Alternative zur aktiven Kühlung mit der Wärmepumpe ist die passive, energiefreie Kühlung. Bei dieser Lösung wird die niedrige Temperatur im Erdreich ohne Zuschaltung der Wärmepumpe direkt genutzt. Diese Variante ist z.B. mit einer Fußbodenheizung nutzbar.

Beide Varianten sind mit geringen Mehrkosten zu verwirklichen und führen zu einer erheblichen Steigerung des Komforts.

### 1.5.4 Keine verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung erforderlich

Wird eine Wärmepumpe in einem Mehrfamilienhaus eingesetzt, kann, entsprechend §11 Absatz 1 Nr. 3 der Heizkostenverordnung, auf eine verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung verzichtet werden.

Durch diese Befreiung werden erhebliche Kosten für die Installation, die Wartung und für die Ablesung der Messeinrichtungen sowie für die Abrechnung der Heizkosten eingespart. Das führt zu einer weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpen.

Die Vermietung der Wohnungen auf der Basis einer Bruttowarmmiete ermöglicht zusätzlich, die Investitionen für die Wärmepumpenanlage im Mietpreis zu berücksichtigen. Denn: Die niedrigen Betriebskosten der Wärmepumpe schaffen den dafür notwendigen Spielraum, um die Wohnungen trotzdem noch im Wettbewerb vorteilhaft anbieten zu können.

### 1.5.5 Günstige Betriebskosten

Um die niedrigen Betriebskosten der Wärmepumpe zu dokumentieren, nennen wir aus der Vielzahl von ausgeführten Anlagen nachstehend zwei Beispiele.

Dabei haben wir ein typisches Einfamilienhaus ausgewählt und mit dem zweiten Beispiel stellen wir ein Gewerbeobjekt vor.

### Beispiel 1:

Das freistehende Einfamilienhaus der Familie Lenkenhoff in Wetter wurde 1998 errichtet. Das Haus wird mit einer Sole-/Wasser-Wärmepumpe beheizt, die ihre Energie aus einer Sondenanlage bezieht. Für die zentrale Trinkwarmwassererwärmung wird ein 300 l Speicher eingesetzt, der von der Wärmepumpe mit versorgt wird.



Wohnhaus der Familie Lenkenhoff

#### Hier die Daten:

Beheizte Fläche	220 m <sup>2</sup>
Heizlast Q <sub>N</sub>	7,9 kW
Personenzahl	5
Wärmepumpe, Heizleistung	8,2 kW
WW-Speicher, Inhalt	300 l
Erdsonden	1 Stück
Bohrmeter, gesamt	100 m
Fußbodenheizung	
Auslegungstemperatur	35 / 30 °C
Stromverbrauch / a	4.387 kWh

**Betriebskosten / a** € **536,56**

Würde Familie Lenkenhoff andere Energieträger für die Beheizung ihres Hauses nutzen, ergäben sich folgende Betriebskosten:

#### Ölheizung:

Heizölverbrauch / a	1.950 l
zu € 0,50 / l	€ 975,00
Wartungskosten / a	€ 120,00
Schornsteinfeger / a	€ 80,00
Emissionsmessung / a	€ 50,00
Versicherung / a	€ 40,00
<b>Betriebskosten / a</b>	<b>€ 1.265,00</b>

#### Erdgasbrennwertheizung:

Erdgasverbrauch / a	17.500 kWh
zu € 0,05 / kWh	€ 875,00
Wartungskosten / a	€ 50,00
Emissionsmessung / a	€ 50,00
Grundpreis Gasanschluss	€ 230,00
<b>Betriebskosten / a</b>	<b>€ 1.205,00</b>

### Beispiel 2:

Das Gewerbeobjekt, ein Malerbetrieb in Alpen, besteht aus einem Lager- und einem Bürotrakt. Das Gebäude wurde im Jahr 2000 erbaut.

Für die Warmwasserbereitung zur Versorgung der Sanitär- und Duschräume wurde eine zusätzliche Wärmepumpe installiert, die den Heizungsrücklauf als Wärmequelle nutzt.

Die Beheizung erfolgt über zwei Wärmepumpen in Kaskadenschaltung in monoenergetischer Betriebsweise. Im Sommer wird die Erdwärme über die Erdwärmesonden zur passiven Kühlung genutzt. Diese passive Kühlung ist bei einer längeren Hitzeperiode jedoch nicht ausreichend.

Foto: HAUTEC AG



#### Hier die Daten:

Gesamtfläche	1380 m <sup>2</sup>
Lagerfläche mit +18 °C	500 m <sup>2</sup>
Bürofläche mit +20 °C	880 m <sup>2</sup>
Fußbodenheizung, Heizkörper	
Heizungstemperatur	45/35 °C
Normheizlast, DIN 4701	60 kW
Erdsonden	13 Stück
Bohrmeter, gesamt	650 m
Stromverbrauch / a	41.000 kWh
Stromverbrauch Heizung / a	33.500 kWh

**Betriebskosten Heizung / a** € **2.800,00**

Im Vergleich der Heizkosten ergeben sich folgende Werte:

#### Ölheizung:

Heizöl-Verbrauch / a	12.700 l
zu € 0,38/l	€ 4.826,00
Wartungskosten / a ca.	€ 150,00
Schornsteinreinigung / a	€ 50,00
Emissionsmessung / a	€ 50,00
Versicherung / a	€ 100,00
<b>Betriebskosten Heizung / a</b>	<b>€ 5.176,00</b>

### Gasheizung mit Erdgasbrennwertheizung:

Erdgasverbrauch/a	110.000 kWh
zu € 0,041	€ 4.510,00
Wartungskosten/a	€ 150,00
Emissionsmessung/a	€ 50,00
Grundpreis Gasanschluss/a	€ 150,00
<b>Betriebskosten Heizung / a</b>	<b>€ 4.860,00</b>

### 1.6.1 Zentrale Warmwasserversorgung

Für eine zentrale Warmwasserversorgung kann entweder die Heizungswärmepumpe, oder eine separate Warmwasser-Wärmepumpe eingesetzt werden. Unterschiedliche Ausführungen stehen zur Auswahl.

Die separate Warmwasser-Wärmepumpe nutzt die Luft im Aufstellungsraum als Wärmequelle. Der Nachfluss der Wärme erfolgt über das an die Kellerräume angrenzende Erdreich. In geringem Maße wird auch Wärme durch die Kellerdecke zugeführt. Sind im gleichen Raum Geräte aufgestellt, die Wärme abgeben, wie z.B. Heizkessel, Kühl- oder Gefriergeräte, wird diese Energie ebenfalls von der Wärmepumpe genutzt.

Neuere Gerätegenerationen bieten die Möglichkeit, die Abluft der Wohnung über ein zentrales Rohrsystem zum Gerät zu führen, um damit die Abluft als Energiequelle zu verwenden.

Als Ergänzung zu einer Heizungswärmepumpe wurde eine Warmwasser-Wärmepumpe entwickelt, die den Rücklauf des Heizkreises als Wärmequelle nutzt. Wegen der hohen Wärmequellentemperatur werden mit diesen Systemen sehr hohe Jahresarbeitszahlen erreicht. In den Sommermonaten dienen die Heizflächen in den Wohnräumen bei ausgeschalteter Heizwärmepumpe als Wärmesammler.

## 1.6 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung stellt im Vergleich zur Raumheizung andere Anforderungen.

1. Die Warmwasserversorgung wird ganzjährig, im Vergleich zur Heizung, mit relativ gleichbleibenden Anforderungen an Menge und Temperatur genutzt. Die Eingangstemperatur des Kaltwassers schwankt zwischen 8 und 20 °C bei einer Mitteltemperatur von etwa 15 °C.
2. Das benötigte Temperaturniveau des Warmwassers ist höher als das einer Fußbodenheizungsanlage. Wird die Wärmepumpe auch zur Warmwasserbereitung mit eingesetzt, sinkt die Jahresarbeitszahl.

Für die Warmwasserversorgung stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Grundsätzlich wird zwischen zentralen und dezentralen Systemen unterschieden. Zentrale Systeme sind im allgemeinen mit höheren Investitionen verbunden. Bei dezentralen Systemen wird das Wasser verbrauchsnahe erwärmt und die Kosten für das Rohrleitungsnetz der zentralen Warmwasserversorgung entfallen.



Schema einer Brauchwasser-Wärmepumpe  
Quelle: Style-System Technik

Installierte Brauchwasser-Wärmepumpe  
Foto: tecalor



Wird die Heizungswärmepumpe auch zur Warmwasserversorgung genutzt, ist ein dafür geeigneter Warmwasserspeicher erforderlich. Es sollte ein großvolumiger Speicher mit guter Wärmedämmung sein. Bei der Auslegung sind unbedingt die Vorgaben des Wärmepumpenherstellers zu beachten.

Je nach Hersteller kann der erforderliche Wärmeaustauscher inner- oder außerhalb des Speichers angeordnet sein. Die Austauschfläche sollte mindestens 0,25 m<sup>2</sup> pro kW Heizleistung der Wärmepumpe betragen: Es handelt sich hierbei lediglich um einen Anhaltswert, da die Wärmeübertragungsleistung des Wärmeaustauschers nicht nur von dessen Fläche, sondern auch von seiner Anordnung innerhalb des Speichers abhängig ist. Empfehlenswert ist, eine integrierte Anlage vom Wärmepumpenhersteller einzusetzen. Die größere Auslegung der Wärmepumpe ist dann schon berücksichtigt.

Mit der Installation eines zusätzlichen Elektroheizstabes im Warmwasserspeicher kann auch ein hoher Warmwasserbedarf gedeckt werden. Bei erhöhten Hygieneanforderungen kann der Heizstab auch für Temperaturen über 60 °C sorgen, falls die installierte Wärmepumpe dieses nicht leisten kann. Zu beachten ist bei Nutzung des Erdreiches als Wärmequelle, dass der höhere Energiebedarf für die Warmwasserbereitung auch eine größere Fläche für den Erdwärmekollektor, bzw. mehr Sondenmeter für die Erdwärmesonden erfordert.

Erfahrungsgemäß ist für einen Vier-Personen-Haushalt ein Speichereinhalt von 200 - 300 l ausreichend. Die Planung der gesamten Warmwasserversorgung sollte darauf ausgerichtet sein, dass die Rohrleitungswege möglichst kurz sind. Dann kann auf eine Warmwasserzirkulation verzichtet werden. Die Zirkulation verursacht Zusatzverluste in der Größenordnung des Nutzenergieverbrauches und erhöht damit die Energiekosten beträchtlich. Falls auf die Zirkulation nicht verzichtet werden kann, sollte sie abgestimmt sein auf die Nutzergewohnheiten und auf die Hauptbenutzungsstunden, z.B. mit einer Schaltuhr.

Die Kombination einer Wärmepumpe mit einer thermischen Solaranlage ist ebenfalls möglich.

### **1.6.2 Dezentrale Warmwasserversorgung**

Statt einer Zentralversorgung vom Heizraum aus, kann auch eine verbrauchsnahe Wasserversorgung errichtet werden. Vorteil dieses Systems sind die kurzen Rohrleitungswege mit sehr geringen Energieverlusten.

Hierzu werden in der Regel mehrere Elektro-Warmwassergeräte in unmittelbarer Nähe der Entnahmestellen installiert. Moderne, elektronisch geregelte Durchlauferhitzer bieten sich für Sanitärräume, Elektro-Kleinspeicher für einzelne Entnahmestellen an.

## **1.7 Wohnungslüftung**

Wird über moderne Haustechnik gesprochen, muss spätestens seit Einführung der EnEV auch das Thema „Wohnungslüftung“ Beachtung finden.

Der in der EnEV geforderte hohe Dämmstandard macht, auch aus bauphysikalischer Sicht, eine luftdichte Gebäudehülle erforderlich. Damit rücken Fragen der Lüftung in den Blickwinkel, die es zu beantworten gilt.

Viele Bestandsgebäude wurden ohne die strengen Anforderungen der EnEV geplant und errichtet. Diese Gebäude weisen Fugen und fehlerhafte Anschlüsse auf. Die Folge: ein unkontrollierter Luftaustausch, abhängig von Winddruck, Windrichtung und der Temperaturdifferenz zwischen außen und innen. Dabei spielen dann auch noch die Unterschiede der Undichtigkeiten eine maßgebende Rolle und ob und in welchem Umfang die Räume belüftet werden.

Wie auch immer; eine Luftwechselrate, wie sie aus energetischer Sicht, aber auch aus gesundheitlichen und hygienischen Gründen sinnvoll ist, wird so nicht erreicht. Mit der zusätzlichen Fensterlüftung wird das Ergebnis auch nicht wesentlich verbessert, zumal sich die Lebensgewohnheiten der Nutzer deutlich verändert haben.

Der unkontrollierte Luftaustausch über Fugen und Ritzen führt häufig zur Bildung von Schimmelpilz. Entweicht zum Beispiel warme, feuchte Raumluft durch eine Undichtigkeit in der Dachkonstruktion, wird die Feuchtigkeit in der kühleren Dämmschicht kondensieren. Die Dämmung wird dadurch durchfeuchtet, verliert die Dämmwirkung und Schimmelpilz kann die Folge sein.

Grafik: Zimmermann GmbH



Eine zeitgemäße und energieeffiziente Lösung bietet die kontrollierte Wohnungslüftung. Diese Technik sorgt für den hygienisch notwendigen Luftaustausch und schafft damit Gebäude ohne Schimmelpilz, mit einem gesunden, angenehmen Raumklima.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden sehr unterschiedliche Systemlösungen angeboten.

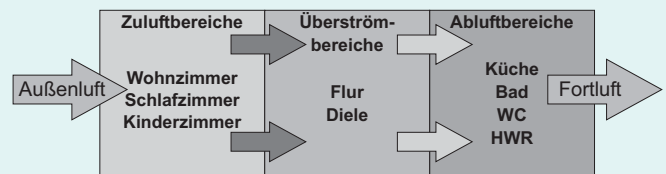
„Was hat das mit Wärmepumpen zu tun“, werden Sie fragen. Nun, sehr viel! Denn, Wärmepumpen können auch in Wohnungslüftungsgeräten zur Senkung des Energieverbrauches durch eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung maßgeblich beitragen.

Die aus der Abluft gewonnene Energie wird, je nach Anlagenkonzeption, entweder für die Erwärmung der Frischluft und/oder für die Erwärmung von Trinkwarmwasser energiesparend eingesetzt. Einige Systeme führen die gewonnene Energie aber auch dem Heizungssystem zu. Und viele Anbieter schaffen Kombinationen zwischen Heizungswärmepumpen und Lüftungstechnik, bis hin zu kompletten Systemlösungen, als Kompaktgeräte.

Wir sprechen also über Wärmepumpen in Lüftungsgeräten mit sehr effektiver Wärmerückgewinnung. Zwischenzeitlich stehen viele Systeme zur Auswahl und wir möchten an dieser Stelle nur kurz auf die grundlegenden Systemansätze eingehen.

### Zu- / Ablufttechnik

Diese Systemlösung sorgt mit einem kompakten Zentralgerät für den erforderlichen Luftaustausch. Ein Ventilator entlüftet über ein Rohrnetz die belasteten Räume, wie Küche, Bad und WC. Mit einem zweiten Ventilator und dem dazu gehörendem weiteren Rohrsystem, wird Außenluft angesaugt und den bewohnten Räumen, wie Wohn-, Kinder- und Schlafzimmer, zugeführt.



Schema der Luftführung  
Quelle: NIBE Systemtechnik

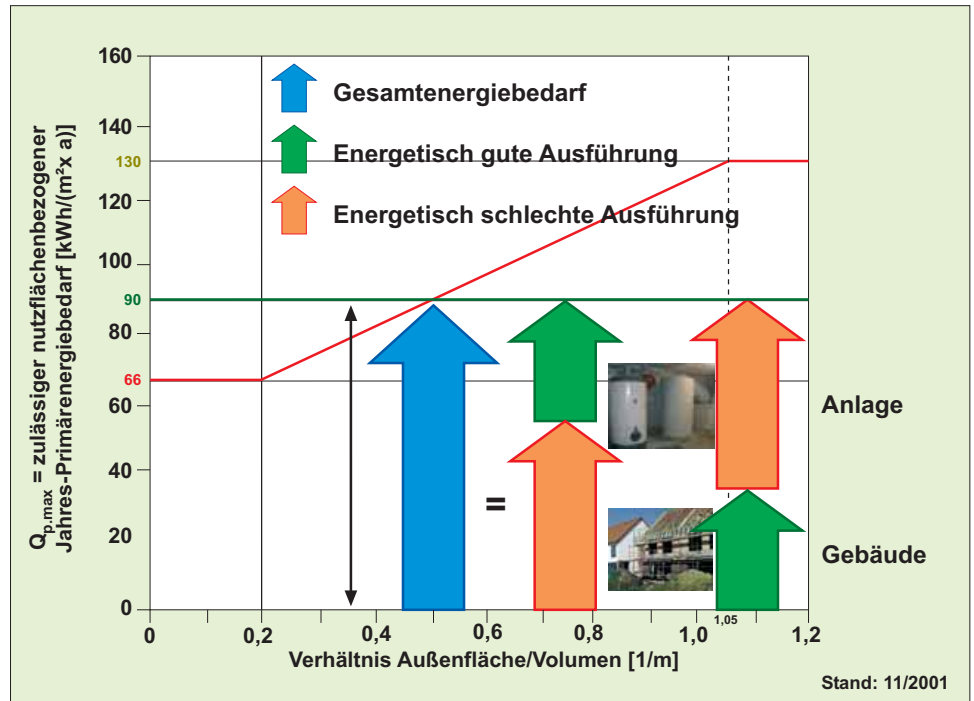
Die in den Geräten integrierte Wärmepumpe temperiert die Außenluft – manche können nämlich auch kühlen – und sie sorgt so für ein angenehmes Raumklima. Die Leistung der Wärmepumpe – häufig in Verbindung mit einem passiven Rückgewinnungssystem – ist so hoch, dass sie einen beachtlichen Beitrag zur Wärmeversorgung des Hauses leistet.

### Ablufttechnik

Diese Lösung ist durch eine zentrale Abluft- mit dezentraler Zuluftführung gekennzeichnet. Denn mit diesem Konzept werden die belasteten Räume zentral, durch einen Ventilator mit dem dazu gehörendem Rohrnetz, entlüftet. Die integrierte Wärmepumpe entzieht der warmen Abluft die Energie und nutzt diese für die Erwärmung des Trinkwarmwassers und/oder führt sie dem Heizkreis zu.

Die Außenluft wird über Außenwandventile den bewohnten Räumen zugeführt.

Durch das Entlüften der belasteten Räume entsteht im Haus ein leichter Unterdruck, der durch die zuströmende Außenluft, über die Außenwandventile in den bewohnten Räumen, wieder ausgeglichen wird. Damit ist der hygienisch erforderliche Luftaustausch im ganzen Haus energiesparend und komfortabel sichergestellt.



Quelle: Stiebel Eltron

## 2. Wärmepumpen im Neubau

Die meisten Wärmepumpen werden in Neubauten installiert. Denn die notwendigen Arbeiten zur Erschließung der Wärmequellen für Sole/Wasser- oder Wasser/Wasser-Wärmepumpen lassen sich bei Neubauten einfacher realisieren. Wegen der notwendigen Erdarbeiten ist der Aufwand im Gebäudebestand meistens etwas größer. Daher werden für die Sanierung bestehender Anlagen gerne Luft/Wasser-Wärmepumpen eingesetzt, denn die Erschließung der Energiequelle „Luft“ erfordert nur sehr geringen baulichen Aufwand.

### 2.1 EnEV und Wärmepumpentechnik

Die Energieeinsparverordnung (EnEV), die seit Februar 2002 Gültigkeit hat, löst einerseits die Wärmeschutzverordnung und andererseits die Heizungsanlagenverordnung ab.

Mit der EnEV wird erstmals auch die energetische Bewertung der eingesetzten Anlagentechnik zur Grundlage für die Erteilung einer Baugenehmigung.

Denn jetzt werden Gebäude und Anlagentechnik in der Gesamtheit betrachtet. Der Energiebedarf eines Gebäudes umfasst nun nicht mehr nur den Jahresheizwärmebedarf, sondern er wird auf die gesamte Heizungs-, Lüftungs-, und Warmwasseranlage inklusive der anfallenden Hilfsenergien ausgedehnt.

Wichtigstes Ziel der EnEV ist die Begrenzung des Primärenergieeinsatzes. Damit ergeben sich erhebliche Vorteile für besonders energieeffiziente Heizungsanlagen, wie z.B. die Wärmepumpe.

Die EnEV überlässt deshalb dem Architekten und dem Bauherren, mit welchen Maßnahmen die in der EnEV festgeschriebenen Zielwerte erreicht werden sollen. Das kann z.B. durch einen verstärkten Wärmeschutz, oder aber mit einer anspruchsvolleren Anlagentechnik, der Wärmepumpe, realisiert werden.

Die Wärmepumpe ist in der Anschaffung zwar etwas teurer, auf Grund ihrer energetischen Effizienz kann aber andererseits beim Wärmeschutz eingespart werden. Dies schafft für den Architekten erhebliche gestalterische Freiräume. So kann z.B. die Dämmstärke verringert werden, oder aber bei gleichbleibender Dämmstärke Fensterflächen vergrößert, Fassaden verändert oder Dachgauben eingeplant werden.

Das sich daraus ergebende schlechtere A/V-Verhältnis bzw. die höhere Jahres-Primärenergiebedarf lässt sich über die Wärmepumpentechnik wieder kompensieren.

Dass die Wärmepumpe sowohl in punkto Umweltentlastung als auch hinsichtlich der Bau- und Betriebskosten nicht nur wettbewerbsfähig ist, sondern die klassischen Heizsysteme übertrifft, hat der Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung (HEA) e.V. beim VDEW in einem Systemvergleich eindrucksvoll untermauert. Verglichen wurden dabei moderne Heizungsanlagen, die dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprechen und die Mindestanforderung für den Energieverbrauch nach EnEV erfüllen ([www.waerme-plus.de](http://www.waerme-plus.de)).

Dabei zeigt sich, dass die Wärmepumpe "spielend" die EnEV Grenzwerte erreicht; ja diese sogar unterschreitet. Die zwei Vergleichssysteme Ölheizung und Gasbrennwerttechnik aber benötigen eine weitaus höhere Wärmedämmung. Bei der Ölheizung ist diese um 20 % stärker und bei der Gasbrennwerttechnik liegt sie um 8 % höher.

Die bei der Anlageninvestition angefallenen Mehrkosten für die Wärmepumpe sind damit in der Regel bereits wieder egalisiert.

Zusätzlich ist das Erreichen der Förderkriterien der KfW 60 bzw. KfW 40 mit Hilfe der Wärmepumpe über ihre gute Anlagenaufwandszahl deutlich leichter möglich.

So kann bei frühzeitiger gesamtheitlicher Planung der höhere Investitionsaufwand zur Erfüllung dieser Kriterien durch die Wärmepumpe deutlich gemindert werden.

Mit nachstehendem Rechenbeispiel werden die getroffenen Aussagen noch einmal eindrucksvoll untermauert.

Hierfür werden folgende Gebäudedaten angenommen:

$A_N$  177 m<sup>2</sup>

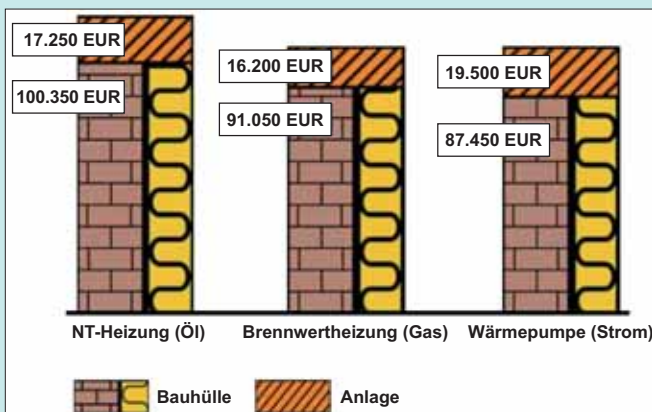
$Q_H$  53 kWh/m<sup>2</sup> a

Trinkwasserspeicher, Leitungen und Heizverteilungen befinden sich im gedämmten Bereich.

Mit einer modernen Gasbrennwertanlage kommt dieses Gebäude auf eine Primärenergieaufwandszahl von 1,41 und einem spezifischen Primärenergiebedarf von 92,6 kWh/m<sup>2</sup> a.

Mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe dagegen wird eine Primärenergieaufwandszahl von 0,91 erreicht, woraus sich ein spezifischer Primärenergiebedarf in Höhe von 59,3 kWh/m<sup>2</sup> a ergibt.

Der Einsatz der Wärmepumpe ermöglicht also die KfW-Fördermittel für ein Energiesparhaus KfW 60 im CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm, ohne die geringste bauliche Veränderung vornehmen zu müssen.



Grafik : Kosten für Bauhülle und Anlagen im Vergleich (in EUR/absolut)  
Quelle: RWE AG

## 2.2 Welches System für welche Anwendung

Im Vordergrund der Betrachtung sollten immer die Wünsche des Bauherren und das Nutzerverhalten stehen. Diese Anforderungen sind unter Berücksichtigung der Energieeinsparverordnung und der baulichen Gegebenheiten in ein System umzusetzen.

Grundsätzlich gliedert sich eine Wärmepumpenanlage in drei Hauptbereiche:

- Wärmequellenanlage z.B. Erdsonde
- Wärmepumpe
- Wärmenutzungsanlage z.B. Fußbodenheizung

Bei der Planung einer Wärmepumpenanlage ist es von entscheidender Bedeutung, alle Komponenten der Wärmepumpenanlage optimal aufeinander abzustimmen. Nur so ist ein wirtschaftlicher Betrieb und die niedrigen Verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten gegenüber allen anderen Heizungsanlagen zu erzielen.

Folgende Punkte sind hierbei zu beachten:

### Gebäudetechnik:

Durch die Kombinationsmöglichkeit von Gebäude- und Anlagentechnik sind Sparmaßnahmen gegeneinander verrechenbar. Mit einer einfachen Wärmedämmung und einer hocheffizienten Wärmepumpenanlage sind die gleichen Gebäudewerte zu erzielen, wie mit einem Niedertemperaturkessel und der maximalen Wärmedämmung.

Bei vergleichbarer Wärmedämmung verringert eine Wärmepumpenheizung den Primärenergiebedarf gegenüber einem Brennkessel jedoch bis zu 50 %. Das bedeutet, dass die Primärenergiekennzahl des Gebäudes deutlich verbessert wird, womit eine wesentliche Wertsteigerung des Gebäudes verbunden ist.

Durch die Umsetzung der EnEV weist die Gebäudehülle eine hohe Dichtigkeit auf. Hierdurch stellt sich die dringliche Anforderung der Be- und Entlüftung der Gebäude, um einerseits Bauschäden zu vermeiden und andererseits gesunde Wohnweltbedingungen für die Bewohner zu gewährleisten.

Mit der althergebrachten Fensterlüftung lassen sich in der Praxis nur unzureichend die geforderten Luftwechselraten erzielen. Lüftungssysteme unterschiedlichster Bauart bieten zukunftsorientierte, energiesparende Lösungen; besonders effizient durch Wärmepumpen unterstützt. Selbst die Kombination aus Heizungs-wärmepumpe und Lüftungsanlage wird heute schon angeboten.

### Wärmequelle:

Die Wärmeenergie der Sonne ist in der Erde, im Wasser und in der Luft gespeichert. Diese Energie wird von der Wärmepumpe genutzt. Je nach Art der Wärmequelle werden hierfür unterschiedliche Verfahren verwendet. Die Wärmequellen unterscheiden sich in ihrer Ergiebigkeit, woraus entsprechend abweichende Wärmeentzugsleistungen resultieren.

Je höher die Wärmequellentemperatur, um so höher die Jahresarbeitszahl und um so wirtschaftlicher die Wärmepumpenanlage.

Während Grundwasser und Erdreich den monovalenten Betrieb der Wärmepumpe als alleiniges Heizsystem ermöglichen, kann mit der Wärmequelle Umgebungsluft in der Regel nur mit einem zweiten Heizsystem (monoenergetischer oder bivalenter Betrieb) die ganzjährige Wärmeversorgung sichergestellt werden. Das nebenstehende Diagramm gibt einen Überblick über die einzelnen Wärmequellen.

### Wärmepumpe:

Mit der Wahl der Wärmequelle geht die Wahl der Wärmepumpe einher. Als Medium auf der Wärmenutzungsseite hat sich das Wasser durchgesetzt. Folgende Wärmepumpentypen sind deshalb am weitesten verbreitet:

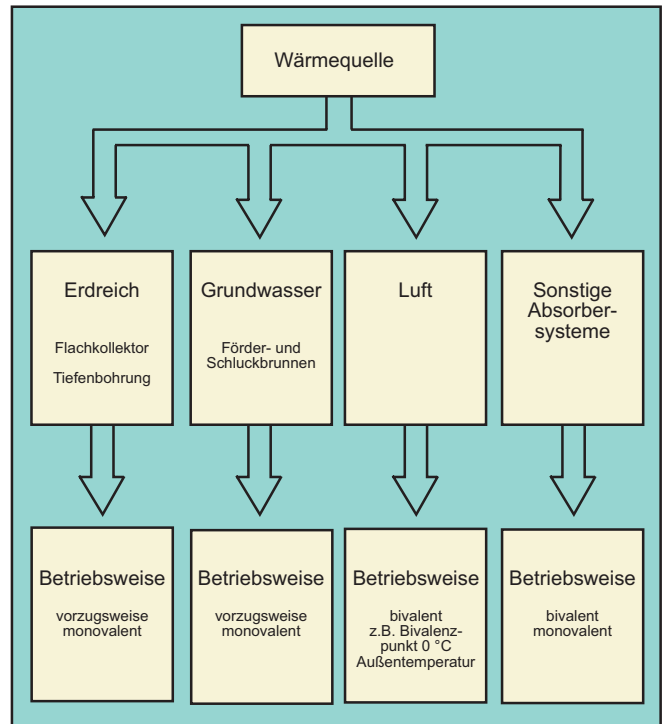
- Sole/Wasser-Wärmepumpe
- Wasser/Wasser-Wärmepumpe
- Luft/Wasser-Wärmepumpe

Ferner sind zu beachten:

- Eine Überdimensionierung der Wärmepumpe ist zu vermeiden
- Wahl einer Wärmepumpe mit möglichst hoher Leistungszahl
- Die Wärmepumpe muss mit einer witterungsgeführten Regelung ausgerüstet sein, als Grundlage für Komfort und Wirtschaftlichkeit

### Wärmenutzungsanlage

- Bei der Planung muss der maximalen Vorlauftemperatur von 65 °C, die eine Wärmepumpe erzeugen kann, Rechnung getragen werden
- Der Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Heizungsanlage sollte klein sein, um eine gute Jahresarbeitszahl zu erreichen
- Heizflächen sollten nicht höher als 35 °C ausgelegt werden. Ideal sind Flächenheizungen (z.B. Fußboden-, Wand- oder Deckenheizungen), die mit niedrigen Vorlauf-/Rücklauftemperaturen (möglichst VL 35 °C, RL 30 °C) die Beheizung des Objektes realisieren



Quelle: Vaillant

- Um häufige Schaltintervalle der Wärmepumpe zu vermeiden, muss eine Mindestumlaufwassermenge für das Abführen der Wärmeenergie gewährleistet sein
- Der Einsatz von Mischern sollte vermieden werden
- Der Wahl eines geeigneten Systems zur Warmwasserbereitung kommt eine besondere Bedeutung zu. Da die meisten Wärmepumpen eine max. Vorlauftemperatur von 65 °C erreichen, muss die Übertragung dieser Temperatur über großzügig bemessene Wärmetauscher im Speicher realisiert werden. Die Schalthäufigkeit der Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung wird dadurch ebenfalls reduziert. Soll eine höhere Temperatur bereitgestellt werden, kann zusätzlich mit einer Zusatzheizung nachgeheizt werden

## 2.3 Systemlösungen

Um für das jeweilige Gebäude das optimale System zu planen, sind die Parameter der drei wichtigsten Systeme nachstehend in den Abschnitten 2.3.1 bis 2.3.3 dargestellt. Die Angaben sollen dabei einen Überblick und eine bessere Einschätzbarkeit der Vor- und Nachteile bieten und die detaillierte Planung erleichtern.

### 2.3.1 Systemlösung Sole/ Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpe

**Einsatzmöglichkeit:** EFH, ZFH, MFH Kommunal- und Gewerbeobjekte, große Heizleistungen bis zu mehreren 100 kW sind realisierbar.

**Betriebsweise:** vorzugsweise monovalent, monoenergetisch

**Wärmenutzung:** vorzugsweise Flächenheizungen, auch in Kombination mit Radiatorheizkörper möglich. Durch das kleine  $\Delta t$  von Wärmequelle zu Wärmenutzung und der dadurch hohen Arbeitszahl sind Flächenheizungen den Radiatorheizungen vorzuziehen.

**Warmwasserversorgung:** Neben indirekt beheizten Speichern mit großer Wärmetauscherfläche sind auch Speicherladesysteme, Doppelmantelspeicher, Brauchwasser-Wärmepumpen, aber auch Elektrodurchlauferhitzer (dezentrale Warmwasserbereitung) einsetzbar.

#### Wärmequelle Flächenkollektor:

- Als Faustformel sollte je nach Entzugsleistung des anstehenden Erdreiches das 1,5 – 2,5-fache der zu beheizenden Fläche veranschlagt werden
- Relativ hohes Temperaturniveau der Wärmequelle mit geringen Schwankungen
- Vor Beginn der Arbeiten ist das Vorhaben bei der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen

Nach der Erdwärmesonde ist dieses die Wärmequelle, die am häufigsten genutzt wird.

#### Wärmequelle Erdwärmesonde:

- Als Faustformel zur Dimensionierung kann mit einer Entzugsleistung von 50 W/m gerechnet werden
- Relativ hohes Temperaturniveau der Wärmequelle
- Vor Beginn der Arbeiten ist das Vorhaben bei der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen

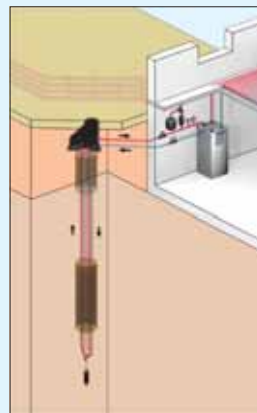
Die Erdwärmesonde ist die Wärmequelle, die in Deutschland meistens genutzt wird, da der Platzbedarf sehr gering ist.

#### Wärmequelle Grundwasser

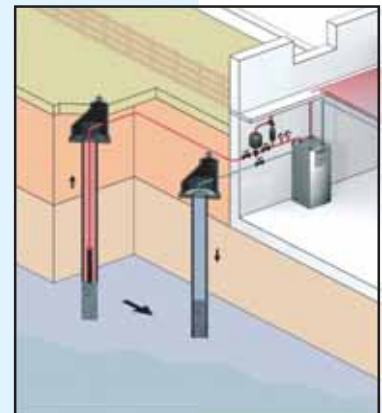
- Als Dimensionierungsgrundlage: Es wird überschlägig eine Wassermenge von 240 Liter pro Stunde und kW Heizleistung benötigt (Angabe bei 10 °C Grundwassertemperatur und einer Spreizung von 3 K von Wasserentnahme zur Wasserwiedereinleitung); gfs. Pumpversuch für den erforderlichen Wasserbedarf mit Hilfe eines Wasserzählers durchführen. Während des Pumpversuches das Absinken des Wasserspiegels über 24 Stunden beobachten und den Beharrungszustand abwarten
- Wasseranalyse zur Beurteilung der Inhaltstoffe durchführen
- Von allen Wärmequellen verfügt die Wärmequelle Grundwasser über das konstanteste Temperaturniveau
- Die Kosten der Erschließung belaufen sich auf ca. 3.500 Euro bei einer Heizleistung von 7 kW
- Vor Beginn der Arbeiten ist das Vorhaben bei der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen



Schema Erdwärmekollektoranlage  
Quelle: Vaillant



Schema Erdwärmesondenanlage  
Quelle: Vaillant



Schema einer Brunnenanlage  
Quelle: Vaillant

### 2.3.2 Systemlösung Luft/Wasser-Wärmepumpe

**Einsatzmöglichkeit:** EFH, MFH

**Betriebsweise:** monoenergetisch oder bivalent. Einsatzmöglichkeiten von  $-20\text{ °C}$  bis  $+30\text{ °C}$  Außentemperatur.

**Wärmenutzung:** Vorzugsweise Fußbodenheizung, teilweise in Kombination mit Radiatorheizkörpern. Wegen der höheren Arbeitszahl der Wärmepumpe sind Flächenheizungen den Radiatorheizungen vorzuziehen.

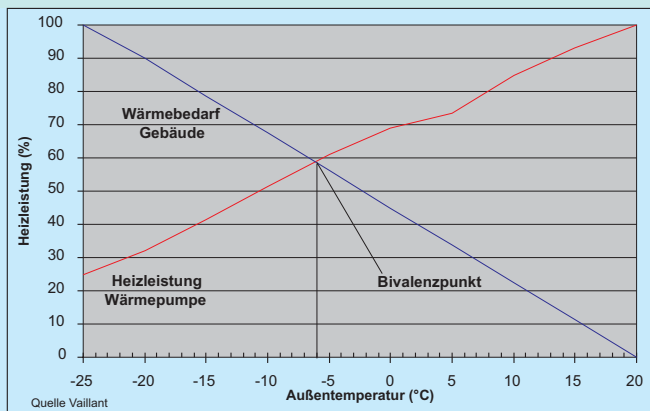
In Verbindung mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe sollte immer ein Pufferspeicher eingeplant werden.

**Warmwasserversorgung:** Neben indirekt beheizten Speichern mit großen Wärmetauscherflächen, sind auch Speicherladesysteme, Doppelmantelspeicher, Brauchwasser-Wärmepumpen aber auch Elektrodurchlauferhitzer (dezentrale Warmwasserbereitung) einsetzbar.

#### Wärmequelle Luft:

Mit Luft/Wasser Wärmepumpen sind Planung und Einbau völlig problemlos. Folgendes ist jedoch bei der Auslegung zu beachten:

Mit sinkender Außentemperatur verringert sich zwangsläufig die Wärmequellentemperatur und damit auch die Heizleistung der Wärmepumpe. Gleichzeitig steigt aber der Wärmebedarf des Hauses. Dieses ist bei der Auslegung der Wärmepumpe zu berücksichtigen.



Anhand des Wärmebedarfes des Gebäudes und nach den Angaben des Herstellers der Wärmepumpe (Leistungsdiagramm), ist der Bivalenzpunkt zu ermitteln.

Die Kosten zur Erschließung sind im Verhältnis zu anderen Wärmequellen gering.

- Im Markt sind neben Wärmepumpen zur Innen- bzw. Außen-aufstellung auch Splitgeräte im Einsatz.



Quelle: Stiebel Eltron

#### Hinweise zur Wärmequelle Luft mit Wärmepumpe für Innenaufstellung:

- Wandabstände im Aufstellraum beachten (Wartung)
- Kondensatablauf vorsehen
- Luftansaugung und Ausblasöffnung vor Schmutzbildung (Laub, usw.) schützen
- Heizungsanschlüsse in flexiblen Leitungen vorsehen (Körperschallminimierung)
- Vermeidung von thermischen Kurzschlüssen

#### Hinweise zur Wärmequelle Luft mit Wärmepumpe für Außenaufstellung:

- kurze Leitungswege von der Wärmepumpe zum Gebäude
- Geräuschbelastung beachten (bauliche Hindernisse usw.)
- für die Wärmepumpe muss ein Fundament erstellt werden
- Kondensatableitung berücksichtigen
- Vermeidung von thermischen Kurzschlüssen



Quelle: Stiebel Eltron

### 2.3.3 Systemlösung Abluft-Wärmepumpe

#### **Einsatzmöglichkeit :**

EFH mit kleiner Heizleistung, vorzugsweise Niedrigenergiehaus oder Passivhaus

#### **Betriebsweise:**

Vorzugsweise monoenergetisch, direkte Einbindung thermischer Solaranlagen möglich

#### **Wärmenutzung:**

Vorzugsweise Flächenheizungen, auch in Kombination mit Radiatorheizkörpern möglich. Durch das kleine  $\Delta T$  von Wärmequelle zu Wärmenutzung und der dadurch hohen Arbeitszahl, sind Flächenheizungen den Radiatorheizungen vorzuziehen. Bei Geräten mit zentralem Zuluftsystem wird die Frischluft vorerwärmt.

#### **Warmwasserversorgung:**

Indirekt beheizter Speicher mit großer Wärmetauscherfläche, häufig im Gerät integriert.

#### **Wärmequelle:**

Abluft aus den Wohnräumen, bei größeren Leistungen wird eine zusätzliche Wärmequelle wie z.B. Außenluft oder Erdreich benötigt; Frischluft strömt entweder über dezentrale Außenwandventile oder über ein Zuluftrohrsystem nach.

#### **Hinweise zur Wärmequelle Abluft mit Wärmepumpe**

- frostfreier Aufstellraum erforderlich
- nicht direkt unter oder neben Schlafräumen aufstellen (Geräuschemissionen)
- Kondensatableitung berücksichtigen
- Rohrbefestigungen und Wanddurchführungen sind körperschallgedämmt auszuführen

Quelle: Stiebel Eltron



Quelle: Stiebel Eltron

## 2.4 Beispiele aus der Praxis

### 2.4.1 Wärmepumpen im Einfamilienhaus

#### Beispiel 1

##### Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung

An dem Haus der Familie Hebekeuser aus Neunkirchen-Seelscheid ist nicht nur die Lage mit dem freien Blick über die hügelige Landschaft des Bergischen Landes bemerkenswert. Bei genauerem Hinsehen fällt auch auf: Dem Haus fehlt der Schornstein!

Damit stellt sich die Frage, wie wird das Haus beheizt?

Mit einer Wärmepumpe!



Gartenansicht

Das Haus wurde 1999 erstellt. In diesem Zusammenhang berichtet Herr Hebekeuser, dass seine Baustelle in der Nachbarschaft großes Interesse erregte, als eines Tages ein Bohrtrupp mit seinen Gerätschaften anrückte. „Ich erklärte den staunenden Nachbarn“ so erzählt Herr Hebekeuser weiter, „dass ich mit Erdwärme heizen werde; umweltfreundlich und kostengünstig.“

Dieses Vorhaben war natürlich erklärungsbedürftig, zumal der Untergrund aus gewachsenem Fels besteht. „So richtig konnte keiner glauben, dass mein Heizsystem einwandfrei funktionieren wird und wir im Winter nicht frieren müssen. Angebote für ein warmes Plätzchen im Winter erhielten wir von mehreren hilfsbereiten Nachbarn.“

Bereits nach gut zwei Tagen waren die Bohrarbeiten abgeschlossen und 3 Bohrungen mit jeweils 47 m Tiefe niedergebracht. Die Bohrungen mit einem Durchmesser von 180 mm waren wieder verschlossen und die Erdsonden installiert. Die Wärmequelle „Erdreich“ konnte nun sprudeln.

Herr Vilshöver, Inhaber der Firma Vilshöver Haustechnik GmbH, der die Wärmepumpe installierte, fügt hinzu: „Die Erfahrungen, die Herr Hebekeuser machte, sind mir seit mehr als 20 Jahren geläufig. Erst Skepsis und Spott. Nach der ersten Heizperiode gibt es dann neidvolle Blicke, weil niemand sonst so günstig heizt.“ Das sind die Erfahrungen aus vielen Jahren, in denen die Firma bereits Wärmepumpen einbaut; zur vollen Zufriedenheit ihrer Kunden.

Die Familie Hebekeuser bezog Mitte 1999 das Haus. Zwischenzeitlich hat man auch Erfahrungen mit dem Stromverbrauch gesammelt. Anfangs lag der Verbrauch höher, da das Haus trocken geheizt werden musste. In der Zwischenzeit sind die Verbrauchswerte nahezu erreicht, die den Vorstellungen der Familie entsprechen. Mit noch besseren Werten rechnet man, wenn auch die Isolierung des Daches vollständig abgeschlossen ist.

Abschließend berichtet Herr Hebekeuser, dass er mit dem Mieter der 50 m<sup>2</sup> großen Einliegerwohnung eine Warmmiete vereinbart hat. „Das spart Aufwand und Kosten für die Heizkostenabrechnung,“ meint Herr Hebekeuser.

#### Die Daten des Hauses auf einen Blick:

Baujahr	1999
beheizte Fläche, gesamt	250 m <sup>2</sup>
Heizlast Q <sub>N</sub>	11,7 kW
Fußbodenheizung	
Warmwasserbereitung (Durchlauferhitzer)	dezentral
Heizleistung Wärmepumpe	11,8 kW
Betriebsweise	monovalent
Inhalt Pufferspeicher	300 l
Sondenlänge	47 m
Anzahl Sonden	3 Stück
Stromabrechnung 01/02	7.127 kWh/a
Heizkosten / a	€ 432,75

## Beispiel 2

### Das Haus, das aus dem Rahmen fällt

Umgeben von Einfamilienhäusern im herkömmlichen Baustil, fällt das Haus der Familie Kemkes in Goch-Kessel sehr auf.



Straßenansicht

Nicht nur die eigenwillige Architektur des Hauses fällt ins Auge, auch die Gestaltung der Fassade macht auf sich aufmerksam.

Der Architekt wählte hierfür Zink als Material aus. Das Haus, als Holzständerwerk errichtet, sollte die Vorgaben der EnEV erfüllen. Die luftdichte Gebäudehülle mit einem sehr guten Dämmstandard war eine der notwendigen Voraussetzungen.

Aber auch bei der Planung der Haustechnik wurden die entsprechenden Technologien ausgewählt. Eine Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt für ein gesundes Raumklima und zur Beheizung wird eine Wärmepumpe eingesetzt. Mit dem Zusammenspiel zwischen Architektur, Aufbau der Gebäudehülle und Einsatz der energiesparenden Haustechniken ist es gelungen, die Vorgaben der EnEV zu erfüllen.

Da sich während der Planungsphase des neuen Hauses weiterer Familienzuwachs beim Bauherren ankündigte, wurde der Seitenflügel kurzerhand aufgestockt, so dass für die zwischenzeitlich fünfköpfige Familie nun Platz genug vorhanden ist.

Um die Investitionen so niedrig wie möglich zu halten, entschied man sich für einen Erdkollektor. Die Erdarbeiten während der Bauphase wurden genutzt, um kostengünstig die notwendige Fläche für den Erdkollektor zu schaffen.

Eine Tiefe von 1,20 m ist bereits ausreichend und war schnell hergestellt. Die Kunststoffrohre des Erdkollektors wurden verlegt und die Baugrube wieder verfüllt. Fertig war die Erschließung der Wärmequelle.



Baugrube zur Aufnahme des Erdkollektors  
Foto: Schwalger, Goch

Nun brauchten nur noch die Rohrverbindungen ins Haus gelegt und die Wärmepumpe angeschlossen zu werden, damit der Heizbetrieb aufgenommen werden konnte. Eine Fußbodenheizung sorgt für die gleichmäßige, wohlige Wärme im ganzen Haus.

Da das Haus nicht unterkellert ist, steht die Wärmepumpe im Hauswirtschaftsraum neben der Waschmaschine und dem 400 l Warmwasserspeicher. Der Speicher wurde so groß gewählt, da zwei Erwachsene und drei Kinder einen entsprechend hohen Bedarf an Warmwasser haben.

#### Die Daten des Hauses:

Baujahr	2001
Wohnfläche	146 m <sup>2</sup>
Heizlast, Q <sub>N</sub>	5,9 kW
Wärmepumpe	7,0 kW
Betriebsart	monovalent
Erdkollektorfläche	220 m <sup>2</sup>
Warmwasser	zentral
Speicherinhalt	400 l

### Beispiel 3

#### Reihenhäuser mit Wärmerückgewinnung heizen

Die Wohnungsgenossenschaft (WBG) Lünen wurde 1937 mit der Zielsetzung gegründet, vorbildliche Wohnungen zu erschwinglichen Nutzungsgebühren zu bauen, in denen man sicher wohnen kann, frei von Spekulationen und Eigenbedarfskündigungen.

*„Auch wenn unsere ursprüngliche Zielsetzung weiter Gültigkeit hat, sind wir im Laufe der 66 Jahre nicht stehen geblieben“, erläutert Heinz Üttermeier, Bauleiter der WBG. „Waren vor zehn Jahren Solar-Anlagen und Systeme zur Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung noch Fremdworte, so bauen wir diese Geräte heute – wo immer es Sinn macht – ein. Das beste Beispiel ist unsere Neubausiedlung in der Moltkestraße.“*



8 Reihenhäuser als Niedrigenergiehäuser  
Quelle: Stiebel Eltron

Hier entstanden 8 Niedrigenergiehäuser mit ca. 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche je Haus. Die Häuser werden über Luft/Wasser-Wärmepumpen beheizt, die als Energiequelle die Wärme aus der Abluft der Gebäude nutzen. Zusätzlich wird über eine thermische Solaranlage der Warmwasserspeicher unterstützt, der in den Wärmepumpen integriert ist.

Die Häuser sind nicht unterkellert. Deshalb wurden die Geräte im Hausarbeitsraum in der ersten Etage eingebaut.

Das eingesetzte Lüftungssystem sorgt für den hygienischen Mindestluftwechsel, der aufgrund der dichten Gebäudehülle, über eine Fensterlüftung kaum einzuhalten wäre.



Abluftgerät als Luft /  
Wasser-Wärmepumpe mit  
integriertem Warm-  
wasserspeicher  
Quelle: Stiebel Eltron

#### Die Daten:

Beheizte Wohnfläche	100 m <sup>2</sup>
Normheizlast	4,5 – 5 kW
Heizungssystem	Abluft/Wasser-Wärmepumpe
Lüftungssystem	
Abluft	zentral
Frischluf	dezentral
Wärmeverteilung	Fußbodenheizung
Solaranlage	Flachkollektor 5,3 m <sup>2</sup>
Durchschnittliche Energiekosten für Heizung, Lüftung, Warmwasser, Zählergebühr inkl. Mehrwertsteuer pro Jahr	€ 492,00

## 2.4.2 Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern

### Beispiel 1

#### 12-Familienhaus in Köln-Roggendorf

Das Architekturbüro Konrad Güsgen aus Köln-Roggendorf hat schon seit längerem bei mehreren Bauvorhaben sehr gute Erfahrungen mit Wärmepumpen sammeln können; sowohl bei eigenen Baumaßnahmen als auch bei Gebäuden, die im Auftrag von Bauherren geplant und erstellt wurden.

Straßenansicht



Daher lag es sehr nahe, dass auch das Mehrfamilienhaus, ein eigenes Mietobjekt, mit Wärmepumpen beheizt wird. Da das gesamte Projekt in zwei Bauabschnitten errichtet wurde, hat man 2 Wärmepumpen installiert; für jeweils 6 Wohneinheiten eine eigene Wärmeversorgung.

Für die Wärmeverteilung hat man sich für eine Fußbodenheizung entschieden. Die Versorgung mit Warmwasser erfolgt dezentral über elektronische Durchlauferhitzer. *„Dieses Warmwasserkonzept in Verbindung mit den Wärmepumpen hat für uns zwei entscheidende Vorteile“* führt Herr Güsgen aus. *„Erstens ist diese Lösung energetisch sehr vorteilhaft, weil die unvermeidbaren Wärmeverluste der zentralen Warmwasserversorgung in dem Speicher und in den Zirkulationsleitungen verhindert werden, zweitens setzt uns diese Lösung in die Lage, mit den Mietern eine Warmmiete vereinbaren zu können.“*

Dadurch werden für die Mieter die Kosten der Heizkostenabrechnung eingespart und die Wohnungen können zu einer sehr günstigen, wettbewerbsfähigen Gesamtmiete angeboten werden.

Die niedrigen Betriebskosten der Wärmepumpe wirken sich bei der Kalkulation der Warmmiete besonders mieterfreundlich aus.

Herr Güsgen weist ausdrücklich darauf hin, dass der Wechsel von Mietparteien in diesem Objekt auffallend gering ist, was er auch auf die vergleichsweise günstige Gestaltung der Mieten zurückführt.

Beim Vergleich der Verbrauchsdaten der beiden Wärmepumpen zeigt sich, dass die Werte mit 14.519 und 14.607 kWh/a fast identisch sind. Das beweist einmal mehr, dass die niedrigen Betriebskosten von Wärmepumpen nicht zufällig entstehen, sondern kalkulierbar und das Ergebnis einwandfrei funktionierender Technik sind.

Gartenansicht



#### Die Daten des Objektes:

Baujahr	2000
2 X 6 WE je Gebäudeteil	
Wohnfläche	456 m <sup>2</sup>
Heizlast QN	22,7 kW
Fußbodenheizung	
Erdsonden	8 Stück
Bohrtiefe	33 m
Heizleistung Wärmepumpe	23,5 kW
Betriebsart	monovalent
Warmwasserbereitung	dezentral

## Beispiel 2

### Heizen mit der Außenluft

Die Wohnungsgenossenschaft (WBG) Lünen hat vor 2 Jahren ein Mehrfamilienhaus in der Moltkestraße in Lünen gebaut. Dieses Haus ist zeitgleich mit 8 Einfamilienreihenhäusern entstanden.

Innerhalb dieses Mietobjektes kamen moderne Energietechniken zum Einsatz, um Erfahrungen sammeln zu können. Aus diesen Erfahrungen will die WBG Rückschlüsse für spätere Bauvorhaben ziehen, die auch verkauft werden sollen.



Gartenansicht des 4-Familienhauses  
Quelle: Stiebel Eltron

Das Mehrfamilienhaus wird über eine Luft/Wasser-Wärmepumpe beheizt, die als Innenaufstellung im Heizungskeller installiert ist.

Zusätzlich erhielt jede der 4 Wohnungen ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, die alle auf dem Spitzboden installiert sind.

Außerdem wurde auf dem Dach eine Photovoltaik-Anlage installiert, die den aus der Sonne gewonnenen Strom in das Stromnetz der Stadtwerke Lünen einspeist.

#### Die Daten:

4-Familienhaus	
Wohnfläche, gesamt	252 m <sup>2</sup>
Normheizlast, gesamt	12,0 kW
Heizungssystem	Luft/Wasser-Wärmepumpe
Lüftungssystem	Zu-/Abluft: zentral je WE
Wärmeverteilung	Fußbodenheizung

Energiekosten für Heizung, Lüftung,  
Warmwasser, Zählergebühr  
inkl. Mehrwertsteuer  
pro Jahr, gesamt

€ 1.164,00

Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung,  
zentral auf dem Dachboden installiert  
Quelle: Stiebel Eltron



Luft/Wasser-Wärmepumpe  
und Warmwasserspeicher  
Quelle: Stiebel Eltron

### Beispiel 3

#### Wärmepumpen beheizen 113 Wohneinheiten in Köln-Dellbrück

In enger Zusammenarbeit mit der Stadt Köln wurde im Ortsteil Dellbrück – einem der bevorzugten Kölner Wohnlagen – ein städtebaulich und ökologisch beispielhaftes Wohnbauprojekt realisiert.

Das Projekt, in Verbindung mit einem zukunftsorientierten Energiekonzept, wurde von der Planungsgruppe HOME entworfen, mit Unterstützung der Firma ENTEC GmbH als Fachplaner für die Haustechnik. Man entschied sich für Erdwärme als Energieträger. Diese umweltfreundliche Energie wird von Wärmepumpen für die Beheizung und die Warmwasserversorgung der Stadtwillen genutzt.

Das gesamte Projekt ist als Eigentumswohnanlage konzipiert. Als Investor konnte die Firma FRECOR GmbH gewonnen werden.

*„Gestalterisch lehnten wir uns an die Bebauung der Umgebung an“, erklärt Herr Hoffmann, Mitinhaber der Planungsgruppe HOME. „Dabei spielte die Kirche in unmittelbarer Nachbarschaft die entscheidende Rolle. Das Klinkermauerwerk der Kirche mit ihrem weißen Turm haben wir aufgenommen und in die äußere Gestaltung der Gebäude einfließen lassen“.*



Lageplan der Wohnanlage Thurnerstraße / Strundenerstraße in Köln-Dellbrück, Quelle: Planungsgruppe HOME

*„Der Einsatz der Wärmepumpen lässt alle planerischen und gestalterischen Freiheiten zu. Darüber sind wir sehr froh“, meint Herr Hoffmann weiter.*

Das Bild der grünen, freizügigen Wohnanlage wird nicht von versiegelten Flächen unterbrochen, da Tiefgaragen die Frage der Pkw-Stellflächen lösen.

Das gesamte Projekt besteht aus 14 Häusern in zwei Hausgruppen mit unterschiedlich großen Wohneinheiten; je Haus 6 bis 14 Wohneinheiten. Das Angebot reicht von 2-Zimmerwohnungen bis zu 5-Zimmer Maisonettewohnungen.

Mit dem ersten Bauabschnitt wurde 1999 begonnen, und das letzte Haus wurde 2002 fertiggestellt.

Jedes der Häuser erhielt eine eigene Heizzentrale, jeweils mit einer Sole/Wasser Wärmepumpe. Die Erdwärmesonden wurden auf eine Tiefe von 30 m gebracht.

Insgesamt hat die Wohnanlage eine beheizte Wohnfläche von 9.855 m<sup>2</sup>. Für die Wärmeverteilung wurde eine Fußbodenheizung installiert. Die Versorgung mit Warmwasser erfolgt ebenfalls über die Wärmepumpen.

Trotz der Stagnationen auf dem Immobilienmarkt konnten die Wohnungen des Projektes zügig verkauft werden, wobei die Wohnungen weitgehend von den Eigentümern selbst bewohnt werden.



Gartenansicht der Wohnanlage Thurnerstraße / Strundenerstraße in Köln-Dellbrück, Foto: Planungsgruppe HOME

## 2.4.3 Wärmepumpen in Gewerbeobjekten und kommunalen Bauten

### Beispiel 1

#### Heizen und kühlen mit einer Wärmepumpe

Die Wohnungsgenossenschaft Duisburg-Mitte eG entschied sich 1998 im Zentrum von Duisburg ein Verwaltungs- und Wohngebäude auf einem Grundstück zu errichten, das diagonal in einer Tiefe von 7,0 m von einer U-Bahntrasse unterquert wird.



Straßenansicht des Wohn- und Geschäftshauses  
Foto: Kamieth



Innenansicht: Empfang

Das Architekturbüro Kamieth, Mülheim-Ruhr, schlug deshalb eine Pfahlgründung und den Bau eines Brückenbauwerkes im Boden vor. Hierfür waren 16 Pfähle mit einem Durchmesser von 1,2 m nötig, die bis auf den tragfähigen Fels in 22,0 m Tiefe zu bringen waren.

Weiterhin forderte der Bauherr, dass das Gebäude nicht nur beheizt, sondern im Sommer auch gekühlt werden soll. „Um diese Anforderungen energieeffizient und mit niedrigen Betriebskosten zu erfüllen“, erklärt Dipl.-Ing. Wolfgang Kamieth, „empfehlen wir dem Bauherren die Nutzung von Erdenergie in Verbindung mit einer Wärmepumpe. Denn diese Systemlösung bietet beide Möglichkeiten mit nur einer Anlagentechnik.“

Der Bauherr folgte dem Vorschlag des Architekten, zumal die statisch erforderlichen Pfahlgründungen sehr kreativ und kostengünstig für die Erschließung der umweltfreundlichen, regenerativen Energiequelle „Erdreich“ genutzt werden sollten.

In die Pfähle wurden vor dem Betonieren unverrottbare Kunststoffrohre aus HDPE schleifenförmig eingebracht, die später mit einer Sole, einem Wasser-Glykol-Gemisch, befüllt wurden. Die Sole zirkuliert in dem Rohrsystem und versorgt die Wärmepumpe mit der erforderlichen Energie – im Sommer und im Winter.

Im Heizbetrieb werden so 75 % der Heizenergie aus dem Erdreich gewonnen und im Sommer steht diese Energiequelle auch zum Kühlen zur Verfügung. Die umschaltbare Wärmepumpe unterstützt den Kühlbetrieb nur noch an sehr warmen Tagen.

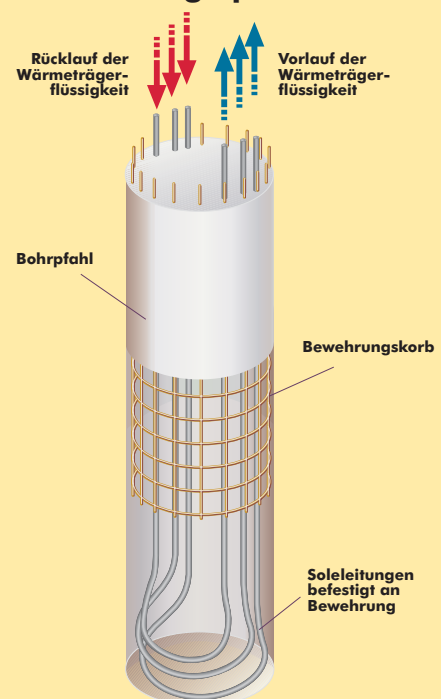
Die Innenarchitektur wurde ebenfalls von dem Architekturbüro Kamieth übernommen. Für die Büroräume entschied man sich für ein Heiz- und Kühlsystem in der Decke und nutzt dadurch die als äußerst angenehm empfundene Strahlungsenergie. In den Wohnbereichen wurde eine Fußbodenheizung eingebaut, da der Kühlbetrieb lediglich für den Verwaltungsbereich eingesetzt wird.

Die Büroräume befinden sich im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss des Gebäudes. Im 2. bis zum 4. Obergeschoss befinden sich die Wohnungen.

Die Normheizlast des Gebäudes beträgt 30,3 kW und die Gesamtkühlleistung wurde mit 20,1 kW berechnet.

Dipl.-Ing. Wolfgang Kamieth berichtet abschließend weiter: „Das System ist seit dem Jahr 2000 mit der Übergabe des Gebäudes in Betrieb, zur vollen Zufriedenheit des Bauherren. Wir werden auch zukünftig diese Technik einsetzen, vor allem dann, wenn bauliche Gegebenheiten erdberührende Flächen bieten, wie Pfahlgründungen, Tiefgaragen, Stützmauern und Ähnliches, die zur Erschließung der Energiequelle „Erdreich“ bestens geeignet sind.“

### Energiepfahl



Schema der Rohrbündel in einem Pfahl  
Grafik: Kamieth

## Beispiel 2

### Der Rasen – das Energiefeld einer Planenfabrik

Die Mitarbeiter der Planenfabrik Will & Lemke in Goch freuen sich tagtäglich über den schönen Ausblick, den die Rasenfläche bietet, die das gesamte Gebäude umgibt. Die Inhaber der Firma freuen sich ebenfalls über den Anblick, jedoch aus einem anderen Grund.

Der Rasen ist das Energiefeld, aus dem das Gebäude sehr kostengünstig beheizt wird. Damit schlagen die Betriebskosten des Neubaus weit weniger zu Buch, als ursprünglich kalkuliert wurde.

Die Bauherren entschieden sich schon sehr frühzeitig, bereits bei der Planung des neuen Firmengebäudes, für den Einsatz einer Wärmepumpe. Dabei sollte aus Kostengründen für die Wärmegewinnung ein Erdkollektor zum Einsatz kommen. „Um die Leistung des Kollektors zu erhöhen,“ so erklärt Herr Schwalger, Inhaber der Firma Schwalger Energie- und Wassertechnik aus Goch, „haben wir die Verrieselung des Regenwassers über der Kollektorfläche vorgesehen.“ Damit wird die Wärmeenergie, die im Regenwasser enthalten ist, hervorragend genutzt. Das steigert die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe zusätzlich.

Das Gebäude besteht aus einer Stahlkonstruktion mit Sandwichplatten. Die Fassade wird von einer Aluminiumbeplankung der Platten gebildet. Im Gebäude sind das Lager und die Büroräume untergebracht, die mit unterschiedlichen Temperaturen beheizt werden.

In dem Industriefußboden wurde die Fußbodenheizung verlegt. Damit entfallen sowohl in den Büros als auch im Lager die oft störenden Heizkörper, so dass die Flächen zu 100 % nutzbar sind. Ein Vorteil, den vor allem die Bauherren sehr schätzen.

Das Lager sollte ursprünglich mit einer Heißluft-Heizung ausgerüstet werden. Die Vorteile der Fußbodenheizung liegen auf der Hand; eine gesunde, gleichmäßige Wärmeverteilung ohne Zugescheinungen bei energiesparenden, niedrigen Vorlauftemperaturen in den Heizkreisen.



Gebäudeansicht



Verrieselungsanlage für das Regenwasser über dem Erdkollektor  
Foto: Schwalger, Goch

#### Die Gebäudedaten:

Baujahr	2003
Lagerfläche, 18 °C	565 m <sup>2</sup>
Bürofläche, 21°C	75 m <sup>2</sup>
Heizlast Q <sub>N</sub>	29,25 kW
Erdkollektorfläche	1.200 m <sup>2</sup>
Kollektorlänge	1.500 lfd. m
Heizleistung Wärmepumpe	35,5 kW
Betriebsart	monovalent
Warmwasser	dezentral

### Beispiel 3

#### Gutes Raumklima = Gutes Arbeitsklima

Der Zusammenhang zwischen einem guten Raumklima und hoher Leistungsbereitschaft der in den Räumen Tätigen, ist der Firma Repp Bauträger- und Vermittlungs GmbH aus Kleve schon seit längerem bekannt.

In umfassenden Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass angenehme raumklimatische Bedingungen ein hohes Leistungsniveau schaffen. Das bewirkt bei allen Beteiligten einen entsprechend hohen Grad von Zufriedenheit, was letztlich zu einem sehr guten Arbeits- und Betriebsklima in den Unternehmen führt.

Diese Erkenntnisse bei der Bauplanung umzusetzen, ist eine der Zielsetzungen der Firma Repp. So wurde der Neubau eines Büro- und Verwaltungsgebäudes, das *Hoffmann Kontor*; in der Innenstadt von Kleve gelegen, energieeffizient und zukunftsorientiert geplant. Die Architektin, Frau Dipl.-Ing. Ch. Behrens von der Firma Repp, wurde dabei von dem Planungsbüro Fuhrmann + Keuthen aus Kleve fachlich unterstützt.

An dieser Stelle steht das Energiekonzept des Gebäudes im Mittelpunkt der Betrachtungen. Für die Energiegewinnung entschied man sich für Wärmepumpen, die das Erdreich als Energiequelle nutzen. Und das zweifach; nämlich zum Heizen und zum Kühlen.

Weiterhin entschied man sich für eine Betonkernaktivierung, um das Gebäude gleichmäßig zu temperieren, bei sehr niedrigen Betriebstemperaturen im Heizungssystem. Dieses Konzept bietet zweifachen Nutzen. Einmal schaffen gleichmäßige Raumtemperaturen, eingebracht als Strahlungswärme, ausgesprochen angenehme raumklimatische Bedingungen. Andererseits sorgen niedrige Betriebstemperaturen im Heizungssystem in Verbindung mit Wärmepumpen für besonders günstige Heizkosten. Eine Systemlösung also, die vielfältige Vorgaben hervorragend und zukunftsorientiert löst.

Die Decke des 4. Geschosses des Gebäudes besteht aus Holz. Damit fehlt diesem Geschoss die Masse der Betondecken für die Betonkerntemperierung. Deshalb entschied man sich auf dieser Ebene, eine Fußbodenheizung einzusetzen, die ebenfalls für den Heiz- und für den Kühlbetrieb bestens geeignet ist.

Da zum guten, leistungsfördernden Raumklima auch frische Luft gehört, wurden in das Versorgungskonzept Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung einbezogen. Denn die Fensterlüftung mit ihren störenden Nebenerscheinungen ist nicht ausreichend und in energieoptimierten Gebäuden fehl am Platz. Die Geräte wurden jeweils auf die Nutzereinheiten verteilt und bieten damit den Nutzern die bedarfsabhängige, individuelle Regelung, was die Akzeptanz der Lüftungstechnik deutlich steigert.

Die Kombination aus Wärmepumpen- und Lüftungstechnik ist richtungsweisend und ist die bestmögliche Antwort auf die Anforderungen, die sich aus der EnEV ergeben. Mit diesem Konzept werden die technischen Konsequenzen der EnEV berück-



Grafik Hoffmann Kontor in Kleve (oben), Seitenansicht des Gebäudes (Mitte) und Rohrsystem zur Betonkerntemperierung (unten)  
Fotos/Grafik: Repp GmbH

sichtigt und den Nutzern eine zukunftssichere, bezahlbare und gesunde Haustechnik geboten.

Dieses Objekt stellt einmal mehr unter Beweis, wie gut das Bauen für die Zukunft gelingen kann, wenn integrativ, fachbereichübergreifend gedacht, geplant und gebaut wird.

#### Die Daten:

beheizte Nutzfläche	4500 m <sup>2</sup>
Normheizlast	115,0 kW
Auslegungstemperatur Heizung	32/27 °C
Auslegungstemperatur Kühlung	17 °C
Anzahl Sonden	26 Stück
Bohrtiefe	50 m
Anzahl Wärmepumpen	4 Stück
Heizleistung je Wärmepumpe	31,5 kW
Lüftung mit Wärmerückgewinnung je Nutzereinheit	

## Beispiel 4

### Pfarrheim, umweltfreundlich beheizt mit Erdwärme

Als der Neubau des Pfarrheimes in der Gemeinde St. Evergislus in Bornheim-Brenig anstand, wurde auch die Frage des Heizsystems debattiert. Letztlich entschied sich die Gemeinde für den Schutz der Umwelt zum Wohle der Kinder und Kindeskiner. Die Entscheidung für die Erdwärme und eine Wärmepumpe wurde erheblich erleichtert, als bekannt wurde, dass in der Folgezeit der jährliche Etat der Gemeinde durch sehr niedrige Heizkosten entlastet wird und damit Spielraum für andere Aktivitäten entsteht.

Die Entscheidung fiel zu Gunsten einer Sole/Wasser-Wärmepumpe, die über Erdsonden die Wärmequelle „Erdreich“ erschließt. Eine Fußbodenheizung sorgt dafür, dass die so gewonnene Wärme in die Räume eingebracht wird und damit für ein behagliches Raumklima sorgt.

Das Energiekonzept wurde von der Firma GeföTec aus Bornheim entwickelt, die auch die Baumaßnahme fachlich begleitete.

Seit Fertigstellung des Pfarrheimes im Jahr 1999 werden die Räumlichkeiten vielfältig genutzt. Im Vordergrund steht eine Bücherei. Aber auch ein Internetcafé für Jugendliche und Krabbelgruppen für die ganz kleinen Mitglieder der Gemeinde sind in den Räumen untergebracht. Privatpersonen nutzen das neue Pfarrheim für Familienfeiern, und mehrere Ortsvereine haben hier ein neues Zuhause für ihre Aktivitäten gefunden.

Zwischenzeitlich ist man sehr froh, sich für die Wärmepumpen-Heizung entschieden zu haben. Denn die prognostizierten niedrigen Betriebskosten haben sich Jahr für Jahr eingestellt. Die Hoffnungen, damit im Etat freie Mittel für andere Aktivitäten gewonnen zu haben, bestätigten sich somit in vollem Umfang.



Pfarrheim der Gemeinde St. Evergislus  
Foto: GeföTec

#### Die Daten:

beheizte Fläche	300 m <sup>2</sup>
Normheizlast	13,5 kW
Wärmepumpe, Heizleistung	14,6 kW
Erdwärmesonden	4 Stück
Bohrtiefe je Sonde	45 m
Fußbodenheizung	
Verbrauch p.a. (durchschnittlich)	8.000 kWh
Heizkosten p.a. (durchschnittlich)	€ 560,00

## Beispiel 5

### Kindergärten – mit Wärmepumpen in die Zukunft

Die Stadt Bornheim dachte bei der Planung von drei neuen Kindergärten nicht nur an die Kinder, sondern hatte die Zukunft auch im Zusammenhang mit Energie und deren Kosten im Blick. So entschied man sich, Erdwärme für die Beheizung der Kindergärten einzusetzen.

Als Beispiel zeigen wir hier den Kindergarten „Sonnenblume“ in Bornheim-Wallerberg. Der Name des Kindergartens scheint Programm für das umweltfreundliche Heizungssystem zu sein.

Der Kindergarten wurde im Jahr 2002 fertig gestellt und seiner Bestimmung übergeben. Zwischenzeitlich toben hier bis zu 75 Kinder herum.

Alle Räume des Gebäudes wurden mit einer Fußbodenheizung ausgerüstet. Das kommt nicht nur der Wärmepumpe und den niedrigen Betriebskosten zu Gute, sondern wird auch von den Erzieherinnen positiv bewertet. Denn, die Kinder spielen ja sehr viel auf dem Fußboden und der ist angenehm temperiert.

Zur Erschließung der Energiequelle Erdreich, wurden in den Garten, in dem heute die Kinder spielen, insgesamt 7 Erdsonden mit jeweils einer Länge von 50 m eingebracht. Diese Erdsonden liefern 75 % der Energie die zum Beheizen des Hauses benötigt wird. Die restlichen 25 % sind der Stromanteil, der für den Antrieb der Wärmepumpe eingesetzt wird.

Für die Versorgung mit warmem Wasser wurde eine Brauchwasser-Wärmepumpe eingesetzt. Ein Kompaktgerät, mit einem 300 l Speicher, nutzt hierfür die Luft des Heizungsraumes.



Ansicht des Kindergartens  
Foto: HAUTEC AG



Spielende Kinder auf einem Erdsondenfeld  
Foto: HAUTEC AG

#### Die Daten:

Baujahr	2002
Beheizte Fläche	450 m <sup>2</sup>
Heizlast Q <sub>N</sub>	20,8 kW
Wärmepumpe, Heizleistung	22,8 kW
Fußbodenheizung	
Erdwärmesonden	7 Stück
Bohrtiefe je Sonde	50 m
Brauchwasserwärmepumpe mit Trinkwarmwasserspeicher	300 l
Energieverbrauch	7.800 kWh/a

## 3. Wärmepumpen im Altbau

### 3.1 Einführung

Wärmepumpen bieten auch im Altbau eine Vielzahl von sehr vorteilhaften Lösungen. Dabei ist zu unterscheiden, ob ein Gebäude grundlegend saniert werden soll, oder ob nur die vorhandene Heizungsanlage zu modernisieren ist.

Wie im Neubau, so gilt auch für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen: Die Wärmepumpe leistet einen erheblichen Beitrag zur Senkung der Heizkosten und zur Reduzierung der Umweltbelastungen.

Für die Gebäudesanierung empfiehlt sich der Einsatz der Wärmepumpe besonders dann, wenn mit der Sanierung auch die Vorgaben der EnEV erfüllt werden sollen. Wie schon im Kapitel 2.1.1 beschrieben, zeichnet sich die Wärmepumpe durch eine sehr günstige Energieaufwandszahl aus, was sich bei der Gebäudesanierung ebenfalls sehr positiv auswirkt. Denn, der Spielraum für die Auswahl der einzelnen baulichen Maßnahmen vergrößert sich deutlich, ohne dabei den EnEV-Standard zu gefährden. Sowohl für die Lösung architektonischer Aufgabenstellungen als auch für die Umsetzung der technischen Anforderungen schafft die Wärmepumpe wesentliche Freiräume. Nicht selten gelingt es erst durch den Einsatz der Wärmepumpe, mit der Sanierung auch die Vorgaben der EnEV erfüllen zu können.

Gleiches gilt aber auch mit umgekehrten Vorzeichen. Häufig reicht der Einsatz der Wärmepumpe schon aus, um mit nur geringen baulichen Veränderungen bereits den Standard der EnEV zu erreichen.

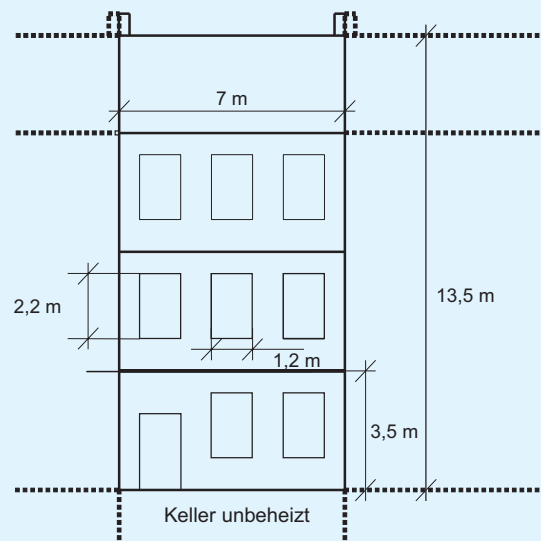
Die wesentlichen Vorgaben der EnEV für Altbauten sind:

- Für die einzelnen Bauteile gelten die jeweils maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten
- Die Anforderungen der EnEV gelten als erfüllt, wenn das 1,4-fache der Vorgaben für Neubauten nicht überschritten wird
- Die Primärenergieanforderungen für Altbauten gelten als erfüllt, wenn 70 % der Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, z. B. durch Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von mindestens 3,3

### 3.2 Beispielrechnung

In Aachen, im innerstädtischen Bereich, ist ein bestehendes Gebäude zu sanieren. Die Fassade des Gebäudes steht unter Denkmalschutz. Damit sind der energetischen Sanierung Grenzen gesetzt.

Nachstehend sind die Daten des Gebäudes aufgeführt.



Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$	502,8 m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolumen $V_e$	735 m <sup>3</sup>
Verhältnis $A/V_e$	0,68 m <sup>-1</sup>
Gebäudenutzfläche $A_N$	235,2 m <sup>2</sup>

Die Vorgabe für die Sanierung lautet unter anderem: Erneuerung des Außenputzes, ohne eine Dämmung aufzubringen.

Als grundlegende Maßnahmen sollen die Fenster erneuert, die oberste Geschossdecke und die Kellerdecke gedämmt sowie die alte Heizung (Konstanttemperaturkessel) ersetzt werden.

Durch diese Maßnahmen ergibt sich für das konkrete Objekt ein spez. Transmissionswärmeverlust von  $0,62 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , der die EnEV Anforderungen ( $0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ) erfüllt.

Wird jedoch ein Brennwertkessel eingebaut, so wird der zulässige Primärenergiebedarf von  $154,28 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  mit einem Wert von  $158,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  geringfügig überschritten. In diesem Fall müsste eine Fassadenseite zusätzlich mit 10 cm WLK 040 gedämmt werden.

Bei Einsatz einer Sole/Wasser-Wärmepumpe wird ein sehr niedriger Primärenergiebedarf von  $113,51 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  erreicht, sodass die EnEV Anforderungen erfüllt sind und die Außenfassade nicht gedämmt werden muss.

Soll ein Teilschulderlass in Anspruch genommen werden, so müssen die Werte für einen Neubau eingehalten werden. Im konkreten Fall liegt der max. Primärenergiebedarf bei  $110,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  und der spez. Transmissionswärmeverlust bei  $0,52 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Im vorliegenden Fall müsste bei Einsatz einer Sole/Wasser-Wärmepumpe eine Außenfassade mit 10 cm WLK 040 gedämmt werden. Bei Einsatz eines Brennwertkessels müssten dagegen beide Außenfassaden mit 14 cm WLK 040 gedämmt werden.

Somit ist die Inanspruchnahme des Teilschulderlasses bei Einsatz eines Brennwertkessels im konkreten Fall (Denkmalgeschützte Fassade) nicht möglich.

### 3.3 Förderprogramme nutzen

Die Sanierung bestehender Gebäude und die Modernisierung alter Heizungsanlagen werden von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mit einer Vielzahl von Programmen gefördert.

Besondere Aufmerksamkeit sollte das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm haben. Denn dieses Programm bietet für die Sanierung von Gebäuden, die vor 1979 errichtet wurden, den Erlass einer 15 %igen Teilschuld, wenn mit der Sanierung der Primärenergiebedarf erreicht wird, wie er von der EnEV für Neubauten vorgegeben ist (vgl. Beispiel Kapitel 3.2)

Wie schon vorher beschrieben, trägt die Wärmepumpe entscheidend zur Senkung des Primärenergieverbrauches bei und sie kann deshalb auch bei Sanierungsmaßnahmen der ausschlaggebende Faktor sein, um die Fördermittel in vollem Umfang ausschöpfen zu können.

Es lohnt sich also vor jeder Sanierung den Einsatz der Wärmepumpentechnik in die Betrachtungen der einzelnen Maßnahmen mit einzubeziehen.

Da das Feld der Gebäudesanierung sehr vielschichtig ist und jede einzelne Baumaßnahme spezifische Anforderungen stellt, beschränken sich die nachstehenden Ausführungen lediglich auf die Sanierung und die Erneuerung von bestehenden Heizungsanlagen.

### 3.4 Prüfung der Voraussetzungen

Grundsätzlich muss hierbei zwischen dem Austausch von älteren Wärmepumpen und der Umstellung von Heizungsanlagen auf die Wärmepumpentechnik unterschieden werden.

#### 3.4.1 Austausch einer Wärmepumpe

In Abhängigkeit von der bisher genutzten Wärmequelle (Luft, Wasser, oder Erdreich) unterscheiden sich die Maßnahmen und der erforderliche Aufwand. Der Austausch einer Luft/Wasser Wärmepumpe ist, 1:1, einfach zu realisieren.

Wurde bisher das Wasser als Energiequelle genutzt, ist auf jeden Fall die Brunnenanlage zu überprüfen. Dabei sind besonders die Fördermengen, die Wasserqualität und der Zustand des Schluckbrunnens zu berücksichtigen. Auch die Tauchpumpe sollte dringend in die Überprüfung mit einbezogen werden.

Sollten die Untersuchungen zu einem positiven Ergebnis führen, kann die vorhandene Wärmepumpe einfach durch ein neues Gerät ersetzt werden.

Bei der Auslegung der neuen Wärmepumpe sind Veränderungen im Objekt (z. B. neue Fenster, nachträgliche Dämmung des Dachgeschosses, Anbauten u. a.) und im Nutzerverhalten zu berücksichtigen. Gegenüber der bisherigen Anlage könnte der Wärmebedarf dadurch höher, aber auch niedriger geworden sein.

#### 3.4.2 Umrüstung von Heizungsanlagen

Im ersten Schritt ist die Wärmeverteilanlage zu prüfen. Dabei steht die Vorlauftemperatur bei Normaußentemperatur im Vordergrund der Betrachtungen. Sind Radiatoren in der Anlage installiert, sollten alle Möglichkeiten genutzt werden, um die Vorlauftemperatur so weit wie möglich senken zu können.

In Heizungsanlagen mit Vorlauftemperaturen von max. 55 °C ist ein monovalenter bzw. monoenergetischer Betrieb möglich (siehe auch Diagramm im Kapitel 1.4). Oberhalb einer Vorlauftemperatur von 55 °C ist zu einem bivalenten Betrieb zu raten.

Die genannten Temperaturwerte können durch Austausch der Heizflächen erreicht bzw. unterschritten werden. Veränderungen im Wärmebedarf des Gebäudes durch Sanierungsmaßnahmen, die in der Vergangenheit vorgenommen wurden, sind ebenfalls unbedingt zu berücksichtigen.

Für den störungsfreien Betrieb sind die Mindestumlaufmengen des Heizungswassers in der Anlage sicherzustellen. Eine Lösung hierfür kann der Einbau eines Pufferspeichers sein.

Durch die einfache Erschließung der Wärmequelle bietet sich die Luft/Wasser-Wärmepumpe im Sanierungsgeschäft besonders an.

Eine Sole/Wasser- bzw. Wasser/Wasser-Wärmepumpe kann zwar höhere Leistungszahlen realisieren, die Erschließung der Wärmequelle ist jedoch kostenintensiver.

Hier, zusammengefasst, die Punkte, die zu berücksichtigen sind:

- Ermittlung des Wärmebedarfs per Berechnung
- Heizleistungsanpassung der Wärmepumpe an das zu beheizende Haus
- Vorlauftemperatur so weit wie möglich reduzieren
- Heizflächen überprüfen
- Warmwassererwärmung an den Bedarf anpassen
- Mindestumlaufwassermengen sicherstellen

Alle Vorarbeiten wie Antragstellung bei der Unteren Wasserbehörde, örtliche Gegebenheiten für das Bohrgerät überprüfen, Bohrgutauffangbehälter vorsehen, Geräuscentwicklungen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen gegenüber den Nachbarn berücksichtigen, sollten, analog zum Neubau, durchgeführt werden.

#### 3.4.3 Systemlösungen

Alle Wärmepumpen, die in Kapitel 2.3.1 genannt sind, können auch im Altbau zum Einsatz kommen. Ausgenommen hiervon ist die Systemlösung „Abluft“, da bei älteren Gebäuden die fehlende Luftdichtigkeit der Gebäudehülle zu überhöhten Luftwechselraten und damit zu erhöhtem Energieverbrauch führen kann.

## 3.5 Beispiele aus der Praxis

### Beispiel 1

#### Austausch im Altbau: Wärmepumpe anstatt Flüssiggasheizung

„Die Kosten für unsere Flüssiggasheizung liefen uns weg“, weiß Michael Kötter zu berichten. „Als wir 1984 einzogen, lag der Preis für einen Kubikmeter bei 0,38 DM, heute bei 0,98 DM. Zuletzt zahlten wir für unsere Heizung fast 4.000 Euro im Jahr – und das bei steigender Tendenz“.



Gartenansicht EFH in Bielefeld  
Quelle: Stiebel Eltron

Ehefrau Ursula ergänzt: „Drei- bis viermal pro Jahr mussten wir tanken. Sank der Inhalt im Flüssiggastank unter 25 Prozent, galt es nachzubestellen. Verpasste man den richtigen Zeitpunkt, durften wir für ‚Notlieferungen‘ zusätzliche Aufschläge bezahlen – und im Winter wollten die Fahrer oft gar nicht zu uns raus kommen“.

Nach eingehender Information und Beratung fiel die Entscheidung zu Gunsten einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einer Erdwärmesonde. In enger Zusammenarbeit zwischen der Installationsfirma und dem Bohrunternehmen wurde der Auftrag zur vollen Zufriedenheit von Familie Kötter abgewickelt und die alte Flüssiggasheizung gegen die neue Sole/Wasser-Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 13,0 kW ausgetauscht.

Die Wärmepumpe in Isingdorf bei Bielefeld deckt den Wärmebedarf des Hauses monoenergetisch. Die Anlage der Familie Kötter ist so ausgelegt, dass ab einer Außentemperatur von  $-5\text{ °C}$  ein zusätzlich integrierter Heizstab mit 6,6 kW Heizleistung freigeschaltet wird – ohne jedoch in Betrieb zu gehen.

Die Unterstützung durch den Heizstab tritt erst ein, wenn die Wärmepumpe die erforderliche Vorlauftemperatur nicht mehr erreicht, also bei besonders niedrigen Außentemperaturen. Der Heizstab läuft ebenfalls über den Wärmepumpentarif.

Natürlich hätte die Anlage auch monovalent ausgelegt werden können. Dann hätte die Wärmepumpe den Heizbetrieb allein übernommen. Dafür wäre eine Wärmepumpe mit größerer Leistung erforderlich gewesen, mit mehr Bohrm Metern und entsprechend längeren Erdwärmesonden.

Der Vorteil der monoenergetischen Lösung: sie war kostengünstiger, mit nur unwesentlich höheren Betriebskosten.

Die Wohnfläche des Fachwerkhouses beträgt rund 208 m<sup>2</sup>. Ein Ausbau um weitere 60 m<sup>2</sup> für die Wohnung des Sohnes ist bereits eingeplant. Das Wohnhaus ist vorwiegend mit Niedertemperatur-Fußbodenheizung ausgestattet; ergänzt durch einige Radiatoren. Die Wärmepumpe wird auch für die Warmwasserbereitung eingesetzt.

Michael Kötter abschließend: „Wir sind überaus zufrieden. Erste Hochrechnungen haben ergeben, dass wir wahrscheinlich von rund 500 Euro Heizkosten pro Jahr ausgehen können“.

## Beispiel 2

### Modernisierung einer Heizungsanlage: Öl-Heizkessel raus - Wärmepumpe rein

„Die Reduzierung der Heizkosten, eine bessere Planung der Jahresheizkosten, die Nutzung von Umweltwärme und die üblen Ölgerüche im Haus waren für uns die Gründe, nach einer Alternative für unsere 16 Jahre alte Ölheizung zu suchen“, erläutert Ewald Sporleder aus Dassel bei Einbeck.

Nachdem man sich eingehend mit dieser Frage beschäftigte und dabei vielfältige Informationen einholte, gab das Gespräch mit der örtlichen Sanitär- und Heizungsfirma letztlich den Anstoß, den Ölkessel gegen eine Luft/Wasser-Wärmepumpe auszutauschen.

Nach zweieinhalb Arbeitstagen waren die Arbeiten abgeschlossen und die Heizungsanlage wieder betriebsbereit. Denn, der Austausch ließ sich einfach realisieren. Der Ölkessel und die zwei Öltanks mit jeweils 1.500 l Inhalt wurden ausgebaut und ordnungsgemäß entsorgt. Im Keller wurde ein zusätzlicher Speicher als Pufferspeicher für die Wärmepumpe installiert und die Wärmepumpe wurde an der Gartenseite des Hauses aufgestellt. Nun waren nur noch die Rohrverbindungen und die Elektroanschlüsse herzustellen, damit die Wärmepumpe ihre Arbeit aufnehmen konnte.

Zu erwähnen ist noch, dass auch ein neuer 300 l-Warmwasserspeicher mit großen Wärmetauschern für den Wärmepumpenbetrieb eingebaut wurde.

Durch den Umbau wurde sehr viel Platz im Keller gewonnen. Der Wohnbereich blieb aber von den Bauarbeiten verschont, da die vorhandenen Radiatoren auch weiterhin unverändert genutzt werden. Eine Vorlauftemperatur von 50 °C reicht aus, um das Haus wohligh warm zu haben. Den Beweis musste die Anlage Anfang des Jahres 2003 liefern, als die Außentemperaturen auf -20 °C und tiefer fielen.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe wird monoenergetisch betrieben. Bei extrem niedrigen Außentemperaturen schaltet die Regelung der Wärmepumpe einen elektrischen Heizstab zu. Der installierte Pufferspeicher beschränkt die Betriebszeiten des Heizstabes jedoch auf ein Minimum – eben nur auf Zeiten extrem niedriger Außentemperaturen.



Gartenansicht mit Wärmepumpe  
Quelle: Stiebel Eltron

Die Entscheidung für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe wird bei der Modernisierung von Heizungsanlagen von mehreren Faktoren bestimmt. Es ist unverkennbar, dass viele Hausbesitzer bereit sind, einen Beitrag zum Schutz der Umwelt zu leisten, wenn die damit verbundenen Investitionen überschaubar bleiben.

Ein weiterer, sehr wichtiger Beweggrund sind die Energiekosten und die zu erwartenden Preissteigerungen. Daher finden niedrige, kalkulierbare Energiekosten ein immer größer werdendes Interesse.

#### Die Daten des Hauses:

Wohnfläche	160 m <sup>2</sup>
Normheizlast	12 kW
Heizleistung Wärmepumpe	14,4 kW

## Beispiel 3

### Mit spitzem Bleistift gerechnet

Familie Volkstein aus Schermbeck ist als Steuerberater gewohnt, mit spitzem Bleistift zu rechnen. Das ist aber nicht nur im Beruf so, sondern gilt auch für private Entscheidungen.

Für das Haus, Baujahr 1980, in dem sich auch die Kanzlei befindet, stand im Oktober 2004 der Austausch des 10 Jahre alten Ölkessels an. Nach eingehenden Recherchen entschied sich Familie Volkstein für den Austausch gegen eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe, die das Grundwasser als Energiequelle nutzt.

*„Kosten/Nutzen-Rechnungen gehören zum Tagesgeschäft eines Steuerberaters, natürlich auch zu Entscheidungen, die wir in der Familie über private Investitionen zu treffen haben“, berichtet Herr Volkstein. „So haben wir uns eingehend beraten lassen, uns die Argumente für die einzelnen Alternativen angehört, eine Gegenüberstellung der Investitionen und der Betriebskosten erstellt und uns dann entschieden – für eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe“.*

Dabei haben nicht nur günstige KfW-Kredite eine Rolle gespielt, nein, ausschlaggebend waren die niedrigen Heizkosten, mit denen Familie Volkstein jetzt rechnen kann.

Die ständig steigenden Kosten für Öl und die Fixkosten für Schornsteinfeger, Gewässerschadens-Haftpflichtversicherung und für die Wartung entfallen. Und auf der Aktivseite der Rechnung stehen die niedrigen Energiekosten für die Wärmepumpe. Denn, die Wärmepumpe nutzt das Grundwasser als Energiequelle, das 80 % der notwendigen Heizenergie liefert - Tag für Tag, Jahr für Jahr und immer kostenlos.

Aber nicht nur die Kaufentscheidung bereitete Familie Volkstein akribisch vor. Auch für die Bauarbeiten stellte man einen detaillierten Ablaufplan auf, der alle Gewerke mit einbezog.

Das Ergebnis dieser exakten Planung: bereits nach 210 Minuten lief die Heizung wieder und die Wärmepumpe übernimmt seitdem uneingeschränkt die Wärmeversorgung des Hauses.

Was war in der Bauphase geschehen? Ein Bohrunternehmen bohrte zwei 40 m tiefe Brunnen. Einen „Zapfbrunnen“ zur Versorgung der Wärmepumpe mit den notwendigen Grundwassermengen - konstante Temperatur etwa 10 °C - und einen „Schluckbrunnen“. Der Schluckbrunnen nimmt das von der Wärmepumpe um bis zu 5 °C abgekühlte Wasser auf und führt es dem Grundwasser wieder zu. Weiterhin wurde der Tank und der Ölkessel demontiert, die Wärmepumpe mit einem Pufferspeicher und einem Speicher für die zentrale Trinkwarmwasserversorgung montiert und die Anlage abschließend in Betrieb genommen.



Gartenansicht  
Foto: tecalor

Familie Volkstein war mit dem reibungslosen Ablauf sehr zufrieden und freut sich über den zusätzlich gewonnenen Raum, in dem früher der Öltank untergebracht war.

Nachzutragen sind noch einige Gebäudedaten. Zu beheizen ist eine Fläche von 320 m<sup>2</sup>, einschließlich der Räume für die Kanzlei. Im Ober- und Dachgeschoss sind Gussheizkörper installiert, und die Bäder sind mit einer Fußbodenheizung ausgerüstet. Auch das Erdgeschoss wird über eine Fußbodenheizung mit Wärme versorgt.

*„Wir sprachen über die Gründe unserer Entscheidung“, bemerkte Herr Volkstein zum Abschied, „ein wichtiger Grund ist aber noch zu nennen. Gemeint ist die Wertsteigerung unseres Hauses durch die Wärmepumpe, als zukunftssichere Heiztechnik“.*

#### Die Daten des Hauses:

Baujahr	1980
Beheizte Fläche	320 m <sup>2</sup>
Heizleistung der Wärmepumpe	24,0 kW
Warmwasser zentral Warmwasserspeicher	400 l
Personenzahl	4

## 4. Förderprogramme

### 4.1 Hinweise und Adressen

Sowohl für den Neubau, als auch für Sanierungsmaßnahmen existieren sehr vorteilhafte Förderprogramme.

An erster Stelle ist die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zu nennen. Hier wurde ein ganzes Bündel von Programmen geschnürt, das Bauherren tatkräftig unterstützt. Dabei sind nicht nur private Bauherren berücksichtigt. Eine Vielzahl von Zielgruppen können die Programme für Ihre Bauvorhaben nutzen, bis hin zu Maßnahmen, die von gemeinnützigen Organisationen getragen werden.

Dabei fällt der Blick sofort auf Kindergärten und -tagesstätten sowie auf Altenheime u.ä.

Wie auch immer; die Wärmepumpe kann häufig der Schlüssel für den Zugang zu diesen Finanzmitteln sein.

Abgesehen von den KfW-Programmen gibt es vielfältige andere Möglichkeiten, Förderungen in Anspruch nehmen zu können. U.a. bieten Energieversorger entsprechende Programme an; gleiches gilt aber auch für Kommunen und andere Körperschaften.

Da sich die Programme, ihre Bedingungen und ihre Möglichkeiten immer wieder einmal ändern, kann an dieser Stelle auf die Einzelheiten der Programme nicht näher eingegangen werden.

Es empfiehlt sich jedoch, **vor** Beginn einer Baumaßnahme entsprechende Erkundigungen einzuziehen. Nachstehend finden Sie die Adressen der KfW und der Energieagentur NRW, die eine Übersicht über alle Förderprogramme anbietet. Weiterhin steht die Energieagentur NRW auch mit Initialberatungen für Bauherren aus Unternehmen, Kommunen und Institutionen zur Verfügung.

Aber auch die Verbraucherzentrale NRW gibt gerne zu den jeweils gültigen Programmen Auskunft. Die Anschrift der nächstgelegenen Beratungsstelle ist unter

[www.vz-nrw.de](http://www.vz-nrw.de)

zu finden.

#### **Und hier die Adressen:**

##### **Kreditanstalt für Wiederaufbau**

Palmengartenstraße 5 – 9  
60325 Frankfurt am Main  
Telefon: 069 / 74 31 – 0  
Telefax: 069 / 74 31 - 29 44  
E-Mail: [infocenter@kfw.de](mailto:infocenter@kfw.de)  
Internet: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)

##### **Energieagentur NRW**

Kasinostraße 19 – 21  
42103 Wuppertal  
Telefon: 0202 / 24 55 2 – 0  
Telefax: 0202 / 24 55 2 – 30  
E-Mail: [pressestelle@ea-nrw.de](mailto:pressestelle@ea-nrw.de)  
Internet: [ea-nrw.de](http://ea-nrw.de)

Plakette für Häuser mit Wärmepumpenheizungen



### 4.2 Plakette für umweltfreundliches Heizen

Das Haus mit niedrigem Primärenergieverbrauch ist das gemeinsame Ziel aller Anstrengungen, was letztlich auch zur EnEV führte.

Schon lange ist vorgesehen, dass der Primärenergieverbrauch ein wichtiges Kriterium für die Bewertung von Gebäuden wird. Durch die Kennzeichnung mit einer Plakette wird dieses auch nach außen hin sichtbar gemacht. Das nordrhein-westfälische Bauministerium zeichnet energetisch innovative Gebäude aus. „Energiesparer NRW“ sind natürlich auch Gebäude, die mit einer Wärmepumpe beheizt werden. Voraussetzung hierfür ist eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von 3,8, die jede richtig ausgeführte erdwärmenutzende Wärmepumpe mühelos erreicht.

Über die INTERNET-Adresse

[www.energiesparerer.nrw.de](http://www.energiesparerer.nrw.de)

sind die entsprechenden Anträge für die Plakette erhältlich.

## 5. Checklisten

Um den Zugang zur Planung von Wärmepumpenanlagen zu vereinfachen, geben nachstehende Listen Hilfestellungen für die Planung der Anlagen

### 5.1 Planung von Sole/Wasser-Wärmepumpen

- Welche Aufgaben soll die Wärmepumpe übernehmen?
- Welche Wärmequelle soll zum Einsatz kommen?
- Welches Wärmeverteilsystem kommt zur Anwendung?
- Wie groß ist die Heizlast? Wärmebedarfsberechnung erstellen.
- Mit welcher Betriebsart soll die Wärmepumpe eingesetzt werden? Monovalent / monoenergetisch / bivalent.
- Wie soll die Warmwasserbereitung erfolgen? Zentral über eine Wärmepumpe, oder dezentral?
- Wo soll die Wärmepumpe aufgestellt werden? Kurze Wege für die Soleleitung beachten.
- In Abhängigkeit von dem verwendeten Kältemittel: Abluftleitung für die Entlüftung der Wärmepumpe vorsehen.
- Wie ist der Elektroanschluss zu realisieren?
- Allgemeine Vorschriften und Richtlinien beachten.
- Bauliche Gegebenheiten beachten.

#### 5.1.1 Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor

- Anmeldung bei der Unteren Wasserbehörde veranlassen
- Grundfläche für den Erdwärmekollektor bestimmen und auf ausreichende Größe prüfen.
- Gleiche Längen der Rohrkreise berücksichtigen.
- Können die Verteiler für Vor- und Rücklauf außerhalb des Gebäudes untergebracht werden?

#### 5.1.2 Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden

- Anmeldung bei der Unteren Wasserbehörde veranlassen.
- Platzbedarf prüfen und Lage der Erdwärmesonden festlegen.
- Können die Verteiler für Vor- und Rücklauf außerhalb des Gebäudes untergebracht werden? (Lichtschacht, Schachtringe).
- Ergiebigkeit des Erdreichs gegebenenfalls beim Geologischen Dienst NRW erkunden.

### 5.2 Planung von Wasser/Wasser-Wärmepumpen

- Welche Aufgaben soll die Wärmepumpe übernehmen?
- Welches Wärmeverteilsystem kommt zur Anwendung?
- Wie groß ist die Heizlast? Wärmebedarfsberechnung erstellen.
- Mit welcher Betriebsart soll die Wärmepumpe eingesetzt werden? Monovalent/monoenergetisch/bivalent.
- Wie soll die Warmwasserbereitung erfolgen? Zentral über eine Wärmepumpe, oder dezentral?
- Wo soll die Wärmepumpe aufgestellt werden? Kurze Wege für den Wasserzu- und ablauf berücksichtigen.
- In Abhängigkeit von dem verwendeten Kältemittel; Abluftleitung für die Entlüftung der Wärmepumpe vorsehen.
- Wie ist der Elektroanschluss zu realisieren?
- Allgemeine Vorschriften und Richtlinien beachten.
- Bauliche Gegebenheiten beachten.

#### 5.2.1 Wasser/Wasser-Wärmepumpe, Brunnenanlage

- Anmeldung bei der Unteren Wasserbehörde veranlassen.
- Ist genügend Grundwasser für den Wärmepumpenbetrieb vorhanden? Pumpenversuch.
- Wasseranalyse erstellen.
- Fällt die Wassertemperatur auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen nicht unter  $+7^{\circ}\text{C}$ ?
- Kann der Mindestabstand von 15 m zwischen Förder- und Schluckbrunnen eingehalten werden?
- Tauchpumpe für die Förderung des Grundwassers vorsehen.
- Brunnenanlage mindestens zwei Tage laufen lassen, bevor die Wärmepumpe angeschlossen wird, um Verunreinigungen auszuspülen.

### Wichtig!

Sollten Fördermittel in Anspruch genommen werden, unbedingt **vor** Erteilung von Aufträgen für die Maßnahme die entsprechenden Anträge stellen und dabei die Bearbeitungszeiten berücksichtigen.

### 5.3 Planung von Luft/Wasser-Wärmepumpen

- Welche Aufgaben soll die Wärmepumpe übernehmen?
- Welches Wärmeverteilsystem kommt zur Anwendung?
- Wie groß ist die Normheizlast? Wärmebedarfsberechnung erstellen.
- Mit welcher Betriebsart soll die Wärmepumpe eingesetzt werden? Monovalent / monoenergetisch / bivalent.
- Wie soll die Warmwasserbereitung erfolgen? Zentral über eine Wärmepumpe oder dezentral?
- Wie ist der Elektroanschluss zu realisieren?
- Allgemeine Vorschriften und Richtlinien beachten.
- Bauliche Gegebenheiten beachten.

#### 5.3.1 Luft/Wasser-Wärmepumpe für Außenaufstellung

- Ort für die Aufstellung der Wärmepumpe festlegen. Hierbei mögliche Störungen durch die Betriebs- und Luftgeräusche beachten.
- Luftführung beachten. Ausblasrichtung möglichst in Hauptwindrichtung planen.
- Freiraum für Wartung und Betrieb berücksichtigen.
- Mindestabstände zu Begrenzungsflächen beachten.
- Fundament planen.
- Eventuelle Baugenehmigung beantragen.
- Kurze Leitungswege zum Anschluss der Heizung berücksichtigen.
- Frostfreien Kondensatabfluss berücksichtigen.

#### 5.3.2 Luft/Wasser-Wärmepumpe für Innenaufstellung

- Ort für die Aufstellung der Wärmepumpe festlegen. Hierbei die Kanalführung für die Luft berücksichtigen.
- Bei der Planung der Luftführung mögliche Geräuschentwicklung der Anlage und der Luft beachten und einen Kurzschluss der Luftströme verhindern.
- Luftansaug- und -ausblasöffnungen vorsehen.
- Maximallänge der gesamten Luftführung von 8 m berücksichtigen.
- Gerätefundament vorsehen.
- Frostfreien Kondensatabfluss berücksichtigen.
- In Abhängigkeit von dem verwendeten Kältemittel: Abluftleitung für die Entlüftung der Wärmepumpe vorsehen.



**Dirk Borkes**

**Dipl.-Ing. Bernhard Frehn (1. Auflage)**

HAUTEC AG  
An der Molkerei 9  
47551 Bedburg-Hau  
Telefon: 028 21/76 24-0  
Telefax: 028 21/76 24-42  
E-Mail: [info@hautec-ag.de](mailto:info@hautec-ag.de)



**Ralf Hinneburg**

STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG  
Brennaborstraße 19  
44149 Dortmund  
Telefon: 02 31/96 50 22-0  
Telefax: 02 31/96 50 22-88  
E-Mail: [reiss.norbert@stiebel-eltron.com](mailto:reiss.norbert@stiebel-eltron.com)



**Dipl.-Ing. Sven Kersten**

Ingenieurkammer-Bau NRW  
Carlsplatz 21  
40213 Düsseldorf  
Telefon: 02 11/1 30 67-0  
Telefax: 02 11/1 30 67-21 20  
E-Mail: [info@ikbaunrw.de](mailto:info@ikbaunrw.de)



**Dipl.-Ing. Stefan Sobotta**

Vaillant GmbH  
Berghauser Straße 40  
42859 Remscheid  
Telefon: 0 21 91/18-0  
Telefax: 0 21 91/18-28 10  
E-Mail: [info@vaillant.de](mailto:info@vaillant.de)



**Dipl.-Ing. Helmut Weiser**

Stadtwerke Bielefeld GmbH  
Postfach 10 26 92  
33526 Bielefeld  
Telefon: 05 21/51-0  
Telefax: 05 21/51 43 37



**Dr.-Ing. Viktor Heidt**

**Dipl.-Ing. Tobias Zierdt (1. Auflage)**

RWE Rhein-Ruhr AG  
Kruppstraße 5  
45128 Essen  
Telefon: 0 22 32/77 36 18  
Telefax: 0 22 32/77 20 81  
E-Mail: [kundenservice1@rwe.com](mailto:kundenservice1@rwe.com)

## 6. Impressum

Die Beiträge wurden erarbeitet von:



**Thomas Niemann**

Style System Technik GmbH  
Beckumer Straße 34  
59229 Ahlen  
Telefon: 023 82/96 42 30  
Telefax: 023 82/96 42 31  
E-Mail: [info@stylesystemtechnik.de](mailto:info@stylesystemtechnik.de)



**Ludger Pollmann**

NIBE Systemtechnik GmbH  
Am Reiherpfahl 3  
29223 Celle  
Telefon: 0 51 41/75 46-0  
Telefax: 0 51 41/75 46-99  
E-Mail: [info@nibe.de](mailto:info@nibe.de)



**Mark Wellermann**

tecalor GmbH  
Fürstenberger Straße 77  
57603 Holzminden  
Telefon: 0 18 05/70 07 02  
Telefax: 0 55 31/99 06 87 12  
E-Mail: [info@tecalor.de](mailto:info@tecalor.de)



**Dr.-Ing. Stella Schraps**

perpendo  
Energie- und Verfahrenstechnik GmbH  
Dennewartstraße 27  
52068 Aachen  
Telefon: 02 41/9 63 25 22  
Telefax: 02 41/9 63 25 24  
E-Mail: [s.schraps@perpendo.de](mailto:s.schraps@perpendo.de)



**Dipl.-Ing. Bernd Geschermann**

Energieagentur NRW  
Kasinostraße 19-21  
42103 Wuppertal  
Telefon: 02 02/2 45 52-0  
Telefax: 02 02/2 45 52-30  
E-Mail: [bernd.geschermann@ea-nrw.de](mailto:bernd.geschermann@ea-nrw.de)

**Für das große Engagement und für die gute, kooperative Zusammenarbeit danken wir den Autoren an dieser Stelle recht herzlich.**

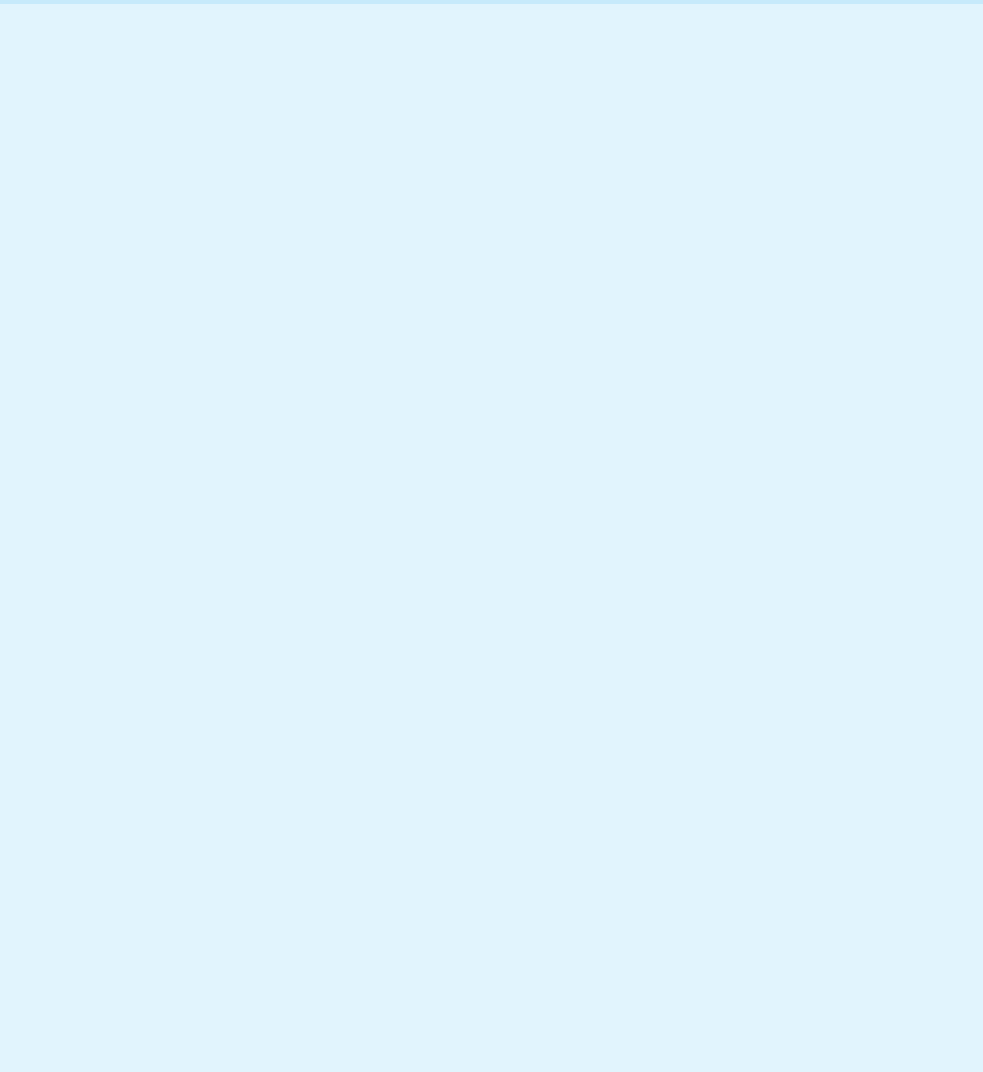
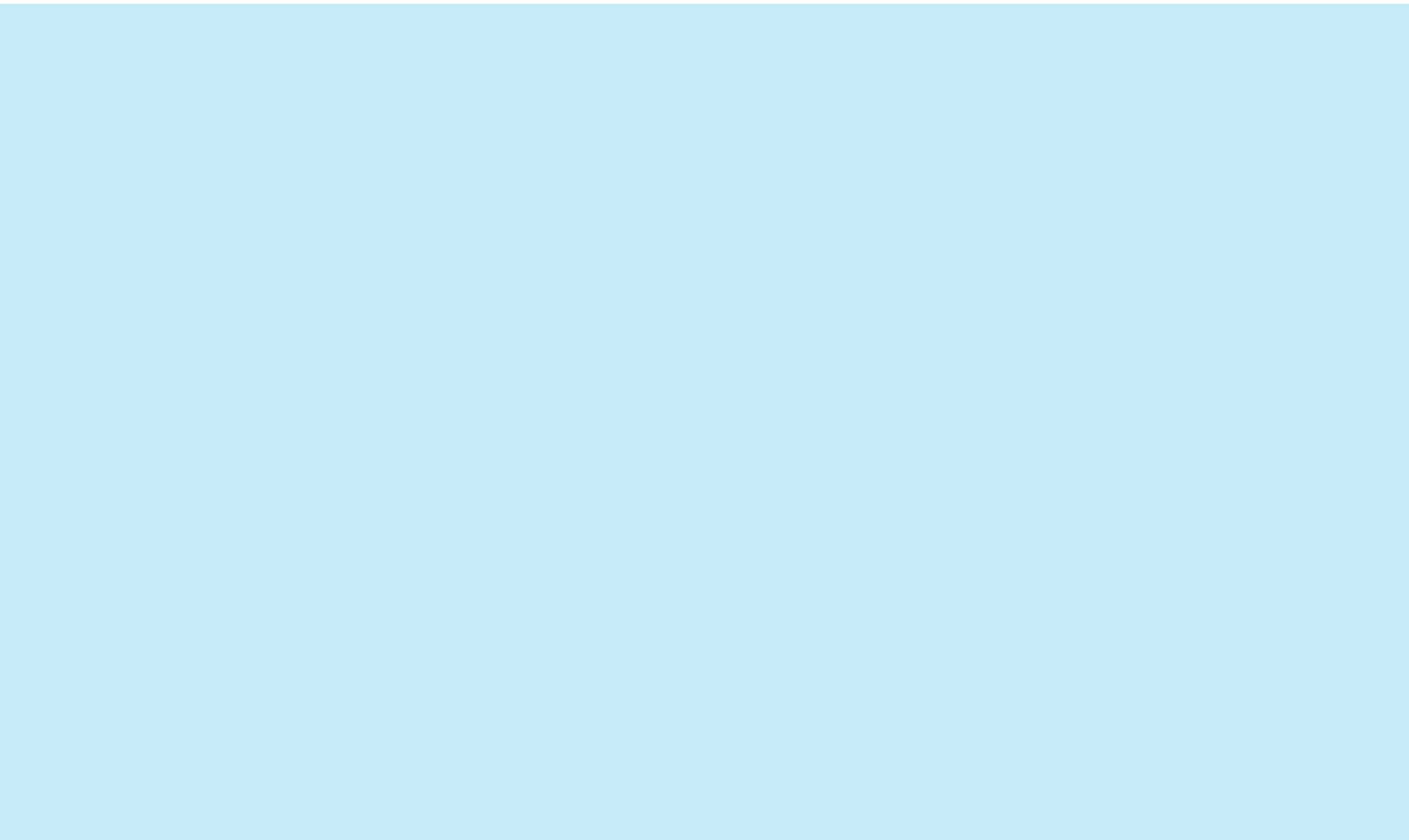
#### **Herausgeber und Copyright:**

Landesinitiative Zukunftsenergien NRW  
Wärmepumpen-Marktplatz NRW  
c/o Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie  
des Landes NRW  
Haroldstraße 4  
40213 Düsseldorf  
Telefon: 02 11 / 8 66 42-04,  
Telefax: 02 11 / 8 66 42-22  
E-Mail: waermepumpen@energieland.nrw.de  
Internet: www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de

#### **Außenstelle:**

Landesinitiative Zukunftsenergien NRW  
c/o ee energy engineers GmbH  
Wissenschaftspark  
Munscheidstraße 14  
45886 Gelsenkirchen  
Telefon: 02 09 / 1 67-28 00  
Telefax: 02 09 / 1 67-28 22  
E-Mail: info@energieland.nrw.de  
Internet: www.energieland.nrw.de

Für die Richtigkeit der technischen Angaben und für etwaige, bei der Zusammenstellung oder beim Druck entstandenen Irrtümer, wird jede Haftung ausgeschlossen.



## **Geschäftsstelle**

**Landesinitiative Zukunftsenergien NRW**  
c/o **Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie**  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MWME)  
Haroldstraße 4  
40213 Düsseldorf  
Telefon: 02 11/8 66 42-0  
Telefax: 02 11/8 66 42-22  
E-Mail: [info@energieland.nrw.de](mailto:info@energieland.nrw.de)

## **Außenstellen**

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)  
Schwannstraße 3  
40476 Düsseldorf

**Ministerium für Innovation, Wissenschaft,  
Forschung und Technologie**  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWFT)  
Völklinger Straße 49  
40221 Düsseldorf

**ee energy engineers GmbH**  
Munscheidstraße 14  
45886 Gelsenkirchen

**Ihr Ansprechpartner in der Geschäftsstelle**  
Dr. Frank-Michael Baumann

**Projektleiter**  
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Griepentrog

