GZB GEOTHERMIEZENTRUM Bochum

Studie

# Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes

# Bestandsaufnahme und Trends

März 2010

Diese Studie wurde erstellt von:

GeothermieZentrum Bochum
Hochschule Bochum – Bochum University of Applied Sciences

Autoren:

Dipl.-Ing. Michael Platt
M. Techn. Dipl.-Biol. Stephan Exner
Prof. Dr. Rolf Bracke

Bochum, März 2010

Auftraggeber:

Zentrum für Sonnenenergie- und
Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)

für die
Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat)

Kontakt:

Prof. Dr. Rolf Bracke
Hochschule Bochum
Lennershofstraße 140 - 44801 Bochum
T: 0234 - 32-10233 / F: 0234 - 32-14890

## Zusammenfassung

Steigende Kosten für fossile Energieträger sowie günstige politische Rahmenbedingungen (EEWärmeG und EnEV) haben dafür gesorgt, dass die Nachfrage nach effizienten und klimaschonenden Heizungssystemen in den letzten Jahren in Deutschland stark zugenommen hat. Die Wärmepumpe stellt dabei eine Möglichkeit dar, Erneuerbare Energie d.h. Umweltwärme aus dem Erdreich, der Luft und dem Grundwasser unter Zuführung von elektrischer Energie zur Raumheizung und Warmwasserbereitung zu nutzen.

## Entwicklung des Wärmepumpenbestands von 1990 bis 2008

### *Absatzzahlen und Anlagenbestand*

Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe (BWP) ist der Absatz von Wärmepumpenheizungen in den letzten Jahren sehr stark angestiegen. Besonders im Jahr 2006 hat sich der Absatz mit rund 48.000 verkauften Anlagen im Vergleich zum Vorjahr mehr als verdoppelt. Im Jahr 2008 wurden rund 62.500 Heizungs-Wärmepumpen verkauft. Dies ist im Vergleich zu 2007 eine Absatzsteigerung von rund ein Drittel. Hinzu kommen noch etwa 13.500 reine Brauchwasser-Wärmepumpen (Abbildung 1).

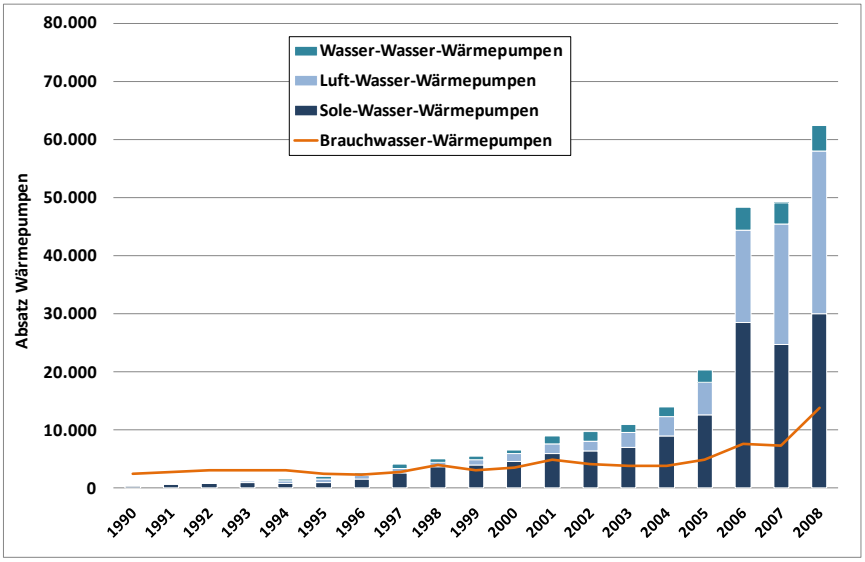



**Abbildung 1: Absatzzahlen von Wärmepumpen in Deutschland für den Zeitraum 1990 bis 2008**

Insgesamt waren im Jahr 2008 rund 350.000 Wärmepumpen (Heizungs- und Brauchwasser-Wärmepumpen) in Deutschland installiert. Infolge des gestiegenen Absatzes von Wärmepumpen sind auch die Zahlen des Gesamtbestands an Wärmepumpen in Deutschland seit dem Jahr 2005 stark angestiegen.

***Heizleistungen***

Die durchschnittlichen Heizleistungen der aktuell installierten Anlagen liegen für Sole-Wasser-Wärmepumpen bei 10 kW, für Luft-Wasser-Wärmepumpen bei 12 kW und für Wasser-Wasser-Wärmepumpen bei 14 kW. Durch gestiegene Anforderungen an die Gebäudedämmung hat sich die durchschnittliche Heizleistung der Anlagen seit dem Jahr 1990 im Durchschnitt um ca. 5 kW verringert.

***Anlagenstandorte***

Während 1990 noch rund 70 % aller installierten Wärmepumpenanlagen im Neubaubereich zum Einsatz kamen, werden aktuell die Hälfte aller Wärmepumpenanlagen im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand installiert. Hierfür werden häufig Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet, da eine umfangreiche Wärmequellenerschließung, wie sie für erdgekoppelten Anlagen erforderlich ist, im Gebäudebestand oft nicht möglich ist. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen kommen deshalb häufig im Neubaubereich (Ein- und Zweifamilienhäuser) zum Einsatz.

***Effizienz***

Die Ergebnisse der Prüfstandsmessungen (EN 14511) des Wärmepumpen-Testzentrums Buchs zeigen, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen derzeit eine durchschnittliche Leistungszahl (bei A2/W35) von 3,4 vorweisen (+0,5/-0,4) können. Die durchschnittliche Leistungszahl für Sole-Wasser-Wärmepumpen (bei B0/W35) lag im vergangenen Jahr bei 4,5 (+/- 0,5).
Im Feld unter realen Nutzungsbedingungen erreichen Luft-Wasser-Wärmepumpen aktuell Jahresarbeitszahlen von 3,0 im Neubau und 2,6 im Gebäudebestand. Die Werte für Sole-Wasser-Wärmepumpen liegen für das letzte Jahr im Neubau bei 3,8 und im Gebäudebestand bei 3,3.

## Investitionskosten, Förderprogramme und Finanzhilfen für Wärmepumpenanlagen

### *Investitionskosten*

Die Investitionskosten für Wärmepumpenanlagen beinhalten die Gerätekosten, Kosten für die Wärmequellenerschließung sowie Kosten für Material und Montage. Die durchschnittlichen Investitionskosten liegen für Sole-Wasser-Wärmepumpen bei rund 17.500 Euro im Neubau und 19.500 Euro im Gebäudebestand. Der reine Gerätepreis hat dabei einen Anteil von etwa 50 % an den Investitionskosten. Für Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen die durchschnittlichen Kosten bei 14.500 Euro im Neubau und 15.300 Euro im Bestandsgebäude. Der Gerätepreis hat hier einen Anteil an den Gesamtkosten von etwa 80 bis 85 Prozent. Für Wasser-Wasser-Wärmepumpen fallen durchschnittliche Investitionskosten von rund 17.000 Euro im Neubau und 15.800 Euro im Gebäudebestand an (Anteil Gerätepreis ca. 60 %).

### *Förderinstrumente*

Seit Januar 2008 werden Wärmepumpenanlagen in Deutschland über das Marktanreizprogramm (MAP) beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) staatlich gefördert. Des Weiteren werden Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung durch Zuschüsse und Darlehen im Rahmen der Förderprogramme der KfW-Bank finanziell unterstützt. Im MAP bekamen im letzten Jahr insgesamt 17.504 Wärmepumpenanlagen einen Investitionskostenzuschuss. Seit 1990 wurden von der BAFA insgesamt rund 22.000 Anlagen finanziell unterstützt. Im Rahmen der finanziellen Unterstützung durch die KfW-Förderprogramme wurden seit 1990 rund 28.700 Maßnahmen mit dem „Verwendungszweck“ Wärmepumpe mit Hilfe von zinsgünstigen Darlehen oder Zuschüssen gefördert.

## Prognose zur zukünftigen Entwicklung des Wärmepumpenmarktes

### *Entwicklungsprognose 2009 bis 2020*

Den in dieser Studie dargestellten Entwicklungsszenarien für Wärmepumpenanlagen für den Zeitraum 2009 bis 2020 liegen aktuelle Prognosen des Bundesverbands Erneuerbare Energien (BEE) und des Bundesumweltministeriums (BMU) zu Grunde. Auf Basis der BEE-Prognose erhöht sich der Gesamtbestand an Heizungswärmepumpen von derzeit rund 270.000 auf rund 400.000 Anlagen im Jahr 2010, 940.000 Anlagen im Jahr 2015 und rund 1,8 Mio. Anlagen im Jahr 2020.

Der Gesamtabsatz steigt dabei auf etwa 185.000 Anlagen pro Jahr in 2020. Im Rahmen dieser Prognose wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil der Luft-Wasser-Wärmepumpen am Gesamtbestand von ca. 30 % im Jahr 2008 auf 55 % im Jahr 2020 vergrößern wird.

Die Prognose des BMU zeigt für geothermische Wärmepumpen, d.h. Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen, eine ähnliche Entwicklung für die Zukunft. Der Anlagenbestand steigt von rund 180.000 Anlagen im Jahr 2008 auf etwa 500.000 Anlagen im Jahr 2015 und rund 820.000 im Jahr 2020. Die Absatzzahlen steigen dabei auf etwa 66.000 Anlagen im Jahr 2020.

***Technologie- und Nachfragetrends***

Den folgenden Technologien und Einsatzmöglichkeiten von Wärmepumpen kommt auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche und von Expertenbefragungen in der Zukunft eine zunehmend größere Bedeutung zu:

- Alternative Wärmepumpentechniken wie z.B. Gas-Wärmepumpen,
- Einsatz alternativer Kältemittel wie z.B. Kohlendioxid,
- Erschließung alternativer Wärmequellen wie z.B. Abwasser,
- Erweiterung des Leistungs- und Temperaturspektrums z.B. für den industriellen oder gewerblichen Einsatz.

# Inhaltsverzeichnis

**ZUSAMMENFASSUNG** ..... **2**

**INHALTSVERZEICHNIS** ..... **6**

**1. EINLEITUNG** ..... **8**

**2. DATENGRUNDLAGE UND METHODIK** ..... **10**

2.1. DATENERHEBUNG BEI UNTERNEHMEN DER WÄRMEPUMPENBRANCHE ..... 11

2.2. DATENERHEBUNG BEI BRANCHENVERBÄNDEN ..... 13

2.2.1. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) ..... 14

2.2.2. Bundesverband Wärmepumpe e. V. (BWP) ..... 15

2.3. DATENERHEBUNG BEI FÖRDERINSTITUTIONEN ..... 15

2.4. DATENERHEBUNG BEI FORSCHUNGSINSTITUTIONEN ..... 16

2.4.1. Wärmepumpen Testzentrum Buchs (WPZ) ..... 16

2.4.2. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) ..... 17

**3. ENTWICKLUNG DES WÄRMEPUMPENBESTANDS VON 1990 BIS 2008** ..... **19**

3.1. ENTWICKLUNG DER ALLGEMEINEN MARKTSITUATION ..... 19

3.2. ANLAGENBESTAND NACH ART DER GENUTZTEN WÄRMEQUELLE ..... 24

3.2.1. Wärmequelle Erdreich ..... 25

3.2.2. Wärmequelle Außenluft ..... 27

3.2.3. Wärmequelle Grundwasser ..... 30

3.3. INSTALLIERTE LEISTUNG UND ENERGIEVERBRAUCH DES ANLAGENBESTANDS ..... 31

3.4. ANLAGENBESTAND NACH ART DER ANWENDUNG ..... 34

3.4.1. Alter des Anlagenbestands ..... 37

3.5. ANLAGENBESTAND NACH LEISTUNGSKLASSEN ..... 38

3.6. ANLAGENBESTAND NACH GEBÄUDEART ..... 40

3.6.1. Ausstattung der Anlagen mit Wärmespeicher ..... 43

3.7. ENTWICKLUNG DER EFFIZIENZ VON WÄRMEPUMPEN ..... 44

3.7.1. Leistungszahlen ..... 44

3.7.2. Jahresarbeitszahlen ..... 48

**4. INVESTITIONSKOSTEN, FÖRDERPROGRAMME UND FINANZHILFEN FÜR WÄRMEPUMPENANLAGEN** ..... **54**

4.1. INVESTITIONSKOSTEN FÜR WÄRMEPUMPEN ..... 54

4.2. FÖRDERPROGRAMME UND FINANZHILFEN DES BUNDES ....58
4.2.1. Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien ....58
4.2.2. Förderprogramme der KfW-Bank ....63
4.2.3. Weitere bundesweite Förderprogramme ....68

4.3. FÖRDERPROGRAMME UND FINANZHILFEN DER BUNDESLÄNDER ....70

**5. PROGNOSE ZUR ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG DES WÄRMEPUMPENMARKTES ....75**

5.1. PROGNOSE ZUR ENTWICKLUNG DES ANLAGENBESTANDS BIS 2020 ....75
5.1.1. Entwicklung des Wärmemarktes ....75
5.1.2. Entwicklung des Wärmepumpenmarktes ....78

5.2. AKTUELLE TECHNOLOGIE- UND NACHFRAGETRENDS ....84
5.2.1. Erweiterung des Leistungsspektrums: Wärmepumpen in der Industrie und im Gewerbe ....84
5.2.2. Alternative Wärmequellen: Abwasser-Wärmepumpen ....87
5.2.3. Alternative Kältemittel: $CO_2$-Wärmepumpen ....88
5.2.4. Alternative Wärmepumpentypen: Gas-Wärmepumpen ....90

**LITERATURVERZEICHNIS ....93**

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS ....96**

**TABELLENVERZEICHNIS ....98**

**DANKSAGUNG ....99**

# 1. Einleitung

Im Februar 2007 legte der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaveränderungen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) einen Bericht vor, in dem die jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Folgen des globalen Klimawandels zusammengefasst wurden. Im Rahmen dieses Berichts wurden der weltweit fortschreitende Klimawandel und der Einfluss des Menschen auf diese Veränderungen endgültig wissenschaftlich belegt. Als Reaktion auf diesen Bericht entschloss sich die Bundesrepublik Deutschland zu konkreten Maßnahmen zur Reduzierung der $CO_2$-Emissionen, die nach Ansicht des IPCC den Hauptverursacher des anthropogenen Klimawandels darstellen. Hierzu verabschiedete die Bundesregierung das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP), worin grundlegende Klimaschutzziele für das Jahr 2020 festgelegt wurden (1):

- die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 % gegenüber dem Jahr 1990,
- einen Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung von mindestens 30 %,
- einen Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung von 14 %,
- der Ausbau der Nutzung von Biokraftstoffen.

Eine zentrale Rolle im Hinblick auf die Ziele des Klimaschutzes spielt dabei der Gebäudebereich, in dem für Heizwärme (Raumwärme und Warmwasserbereitung) rund 40 % der Endenergie in Deutschland verbraucht wird (2). Durch energetische Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudeaußenhülle sowie eine effiziente Nutzung der Energie zum Heizen, kann der Energieverbrauch und somit der $CO_2$-Ausstoß im Gebäudebereich deutlich reduziert werden. Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich wurden ab 2009 die energetischen Anforderungen an Gebäude im Rahmen der Energieeinsparverordnung (EnEV) um durchschnittlich 30 Prozent angehoben. Zudem stockte die Bundesregierung bei Neubauten und Sanierungen die Zuschüsse des Marktanreizprogramms für Erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung auf bis zu 500 Millionen Euro im Jahr auf.

Die weltweit steigende Nachfrage nach fossilen Energieträgern wie Erdöl und Erdgas hat zu einem starken Anstieg der Energiepreise geführt.

Gleichzeitig haben die o.g. politischen Rahmenbedingungen dafür gesorgt, dass die Nachfrage nach Heizungssystemen, die Erneuerbare Energien nutzen, in den letzten Jahren stark zugenommen hat. So konnte der Marktanteil der Wärmepumpenheizungen in Deutschland von 1,1 % im Jahr 2000 auf 10,1 % im letzten Jahr gesteigert werden (3). Insgesamt wurden im Jahr 2007 rund 62.500 neue Wärmepumpenanlagen in Deutschland verkauft. Der Absatz steigerte sich dabei um etwa ein Drittel gegenüber dem Vorjahr (4). Eine Wärmepumpe bietet die Möglichkeit zum klimaschonenden Heizen, indem sie unter Zuführung von elektrischer Energie die Umweltwärme ihrer Umgebung (Luft, Erdreich oder Grundwasser) zur Erzeugung von Heizwärme nutzt.

Im Rahmen dieser Studie wurde der in den vergangenen Jahren stark gewachsene Wärmepumpenmarkt detailliert analysiert. Die Studie soll dazu beitragen, bestehende Datendefizite in der Statistik der erneuerbaren Energien zu schließen. Hierzu wurde vom GeothermieZentrum Bochum (GZB) eine differenzierte Bestandsaufnahme des deutschen Wärmepumpenmarktes durchgeführt. Neben dem aktuellen Anlagenbestand in Deutschland wurde die Entwicklung des Wärmepumpenbestandes für den Zeitraum 1990 bis 2008 untersucht. Ebenso wurden u.a. differenzierte Angaben zur Inanspruchnahme von Fördergeldern für die Installation von Wärmepumpen ermittelt. Zur Entwicklung des Anlagenbestandes für den Zeitraum 2009 bis 2020 wurde eine Marktprognose erarbeitet sowie zukünftige Technologie- und Nachfragetrends dargestellt.

Die vorliegende Studie wurde im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) durchgeführt. Das ZSW koordiniert auf Bundesebene die Tätigkeiten der Arbeitsgruppe „Erneuerbare Energien – Statistik“ (AGEE-Stat). Dieses Fachgremium wurde vom Bundesumweltministerium im Einvernehmen mit dem Bundeswirtschaftsministerium und dem Bundeslandwirtschaftsministerium eingerichtet, um Statistik und Daten der erneuerbaren Energien auf eine umfassende, aktuelle und abgestimmte Basis zu stellen.

## 2. Datengrundlage und Methodik

Ein wesentliches Ziel dieser Studie ist es, den derzeitigen Stand und die Entwicklung des Wärmepumpenbestandes möglichst detailliert und differenziert darzustellen. Hierfür ist es zwingend erforderlich gewesen, auf die Datenbestände der am Markt aktiven Unternehmen und Institutionen zurückzugreifen. Die Datenerhebung zum aktuellen Anlagenbestand und zur Entwicklung des Wärmepumpenbestandes im Zeitraum 1990 bis 2008 erfolgte dabei auf zwei unterschiedlichen Wegen:

- die Datenerhebung mit Hilfe eines Fragebogens direkt bei den Unternehmen der Wärmepumpenbranche und
- den Zugriff auf bereits bestehende Datenbestände der beiden Branchenverbände Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP) und Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH)

Für Angaben und Abschätzungen zur Effizienz von Wärmepumpenanlagen boten sich im Wesentlichen die Ergebnisse des Wärmepumpen Testzentrums Buchs (WPZ) und des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) an. An beiden Forschungsinstitutionen werden umfangreiche, unabhängige Prüfungen zur Effizienz von Wärmepumpenanlagen durchgeführt.

Für die Ermittlung der Inanspruchnahme von Fördermitteln für Wärmepumpenanlagen wurde auf die Evaluationen und Förderstatistiken des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der KfW Bankengruppe zurückgegriffen. Hinzu kommen Angaben zu regionalen Förderprogrammen für Wärmepumpenheizungen. Die dafür notwendigen Datenerhebungen erfolgten mit Hilfe von Befragungen bei den zuständigen Förderinstitutionen der jeweiligen Bundesländer.

Alle Angaben zu den Anlagenstandorten von Wärmepumpen in neu errichteten Wohn- und Nichtwohngebäuden wurden auf Grundlage der Bautätigkeitsstatistiken des Statistischen Bundesamtes getroffen. Weitere zentrale Punkte bei der Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes sind:

- Angaben zur durchschnittlichen Heizleistung der Wärmepumpenanlagen
- Angaben zu den Installationskosten von Wärmepumpenheizungen
- Angaben zur Ausstattung der Anlagen mit Pufferspeichern

Hierfür wurde zum einen auf die o.g. Datenquellen zurückgegriffen, zum anderen wurden konkrete Fragestellungen im Rahmen von Expertenbefragungen diskutiert.

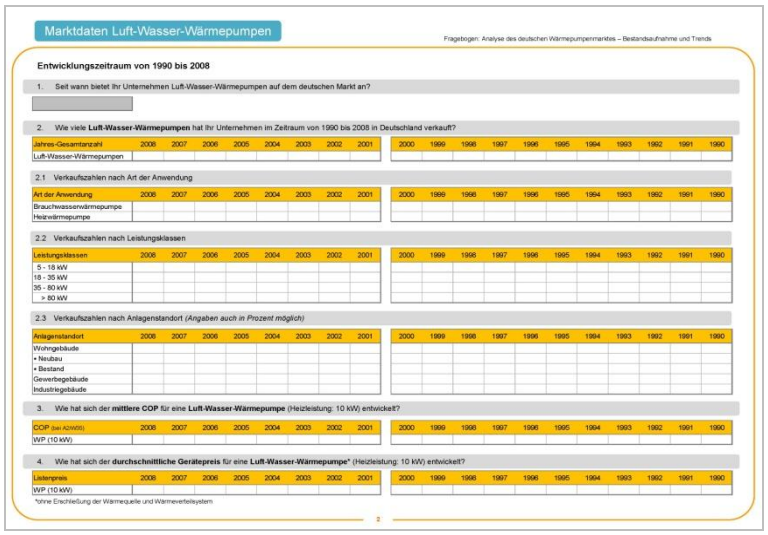
Für die Erstellung einer Prognose zur zukünftigen Entwicklung des Anlagenbestandes sowie die Darstellung von aktuellen Technologie- und Nachfragetrends des Wärmepumpenmarkts wurde eine umfassende Literatur- und Internetrecherche durchgeführt. Ergänzt wurde diese Recherche durch Befragungen von einzelnen Marktteilnehmern (Hersteller, Planer, Installateure…etc.)

## 2.1. Datenerhebung bei Unternehmen der Wärmepumpenbranche

Für die Erhebung der wichtigsten marktrelevanten Daten bzgl. der Größe und der Differenzierung des deutschen Wärmepumpenmarktes ist das GZB mit Hilfe eines Fragebogens an die Wärmepumpen-Hersteller herangetreten (Abb. 2.1). Der Fragebogen wurde so konzipiert, dass zunächst im Rahmen der Bestandsaufnahme des Wärmepumpenmarktes für den Zeitraum 1990 bis 2008 nach Wärmepumpen-Verkaufszahlen der jeweiligen Unternehmen gefragt wurde. Hierbei wurde differenziert nach:

- Wärmequelle (Erdreich, Luft, Grundwasser),
- Anwendungsart (z.B. Heizung, Brauchwassererwärmung),
- Leistungsklassen,
- Anlageneffizienz (COP),
- Anlagenstandorte (Wohn-, Gewerbe-, Industriegebäude) und
- Gerätekosten.

Neben den Aspekten zur aktuellen Entwicklung des Anlagenbestands sollte von den Unternehmen auch eine kurze Entwicklungsprognose für die nächsten 5 Jahre gegeben werden. Gefragt wurden u.a. nach den zukünftigen Marktperspektiven, den Gerätekosten sowie der zukünftige Bedeutung von aktuellen Technologietrends für das jeweilige Unternehmen.



Marktdaten Luft-Wasser-Wärmepumpen

Fragebogen: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends

**Entwicklungszeitraum von 1990 bis 2008**

1. Seit wann bietet Ihr Unternehmen Luft-Wasser-Wärmepumpen auf dem deutschen Markt an?

2. Wie viele **Luft-Wasser-Wärmepumpen** hat Ihr Unternehmen im Zeitraum von 1990 bis 2008 in Deutschland verkauft?

| Jahres-Gesamtanzahl | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Luft-Wasser-Wärmepumpen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.1 Verkaufszahlen nach Art der Anwendung

| Art der Anwendung | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brauchwasserwärmepumpe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heizwärmepumpe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.2 Verkaufszahlen nach Leistungsklassen

| Leistungsklassen | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 - 18 kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 - 35 kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 - 80 kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| > 80 kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.3 Verkaufszahlen nach Anlagenstandort *(Angaben auch in Prozent möglich)*

| Anlagenstandort | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wohngebäude | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • Neubau | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • Bestand | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gewerbegebäude | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Industriegebäude | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

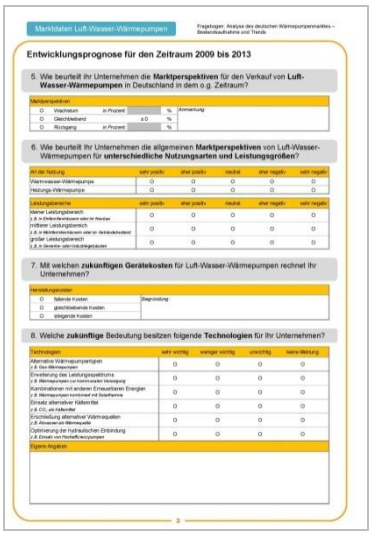
3. Wie hat sich der **mittlere COP** für eine **Luft-Wasser-Wärmepumpe** (Heizleistung: 10 kW) entwickelt?

| COP (bei A2/W35) | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WP (10 kW) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. Wie hat sich der **durchschnittliche Gerätepreis** für eine **Luft-Wasser-Wärmepumpe*** (Heizleistung: 10 kW) entwickelt?

| Listenpreis | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WP (10 kW) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*ohne Erschließung der Wärmequelle und Wärmeverteilsystem



Marktdaten Luft-Wasser-Wärmepumpen

Fragebogen: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends

**Entwicklungsprognose für den Zeitraum 2009 bis 2013**

5. Wie beurteilt Ihr Unternehmen die **Marktperspektiven** für den Verkauf von **Luft-Wasser-Wärmepumpen** in Deutschland in dem o.g. Zeitraum?

| Marktperspektiven | | | | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|
| O | Wachstum | in Prozent | % | |
| O | Gleichbleibend | ±0 | % | |
| O | Rückgang | in Prozent | % | |

6. Wie beurteilt Ihr Unternehmen die allgemeinen **Marktperspektiven** von Luft-Wasser-Wärmepumpen für **unterschiedliche Nutzungsarten und Leistungsgrößen**?

| Art der Nutzung | sehr positiv | eher positiv | neutral | eher negativ | sehr negativ |
|---|---|---|---|---|---|
| Warmwasser-Wärmepumpe | O | O | O | O | O |
| Heizungs-Wärmepumpe | O | O | O | O | O |

| Leistungsbereiche | sehr positiv | eher positiv | neutral | eher negativ | sehr negativ |
|---|---|---|---|---|---|
| kleiner Leistungsbereich<br>z.B. in Einfamilienhäusern oder Ihr Handwerk | O | O | O | O | O |
| mittlerer Leistungsbereich<br>z.B. in Mehrfamilienhäusern oder im Gebäudebestand | O | O | O | O | O |
| großer Leistungsbereich<br>z.B. in Gewerbe- oder Industriegebäuden | O | O | O | O | O |

7. Mit welchen **zukünftigen Gerätekosten** für Luft-Wasser-Wärmepumpen rechnet Ihr Unternehmen?

| Herstellungskosten | | |
|---|---|---|
| O | fallende Kosten | Begründung |
| O | gleichbleibende Kosten | |
| O | steigende Kosten | |

8. Welche **zukünftige** Bedeutung besitzen folgende **Technologien** für Ihr Unternehmen?

| Technologien | sehr wichtig | weniger wichtig | unwichtig | keine Meinung |
|---|---|---|---|---|
| Alternative Wärmepumpenfarben<br>z.B. Gas-Wärmepumpen | O | O | O | O |
| Erweiterung des Leistungsspektrums<br>z.B. Wärmepumpen zur kommerziellen Nutzung | O | O | O | O |
| Kombinationen mit anderen Erneuerbaren Energien<br>z.B. Wärmepumpen kombiniert mit Solarthermie | O | O | O | O |
| Einsatz alternativer Kältemittel<br>z.B. $CO_2$ als Kältemittel | O | O | O | O |
| Erschließung alternativer Wärmequellen<br>z.B. Abwasser als Wärmequelle | O | O | O | O |
| Optimierung der hydraulischen Einbindung<br>z.B. Einsatz von Rücklaufanzeigern | O | O | O | O |

Eigene Angaben

**Abb. 2.1: Fragebogen des GZB zur Erhebung marktrelevanter Daten**

Die Datenerhebung bei den Unternehmen erfolgte auf zwei unterschiedlichen Wegen. Da innerhalb der Wärmepumpenbrache Vorbehalte bestanden, unternehmensinterne und als sensibel eingestufte Daten wie z.B. Verkaufszahlen an Dritte weiterzugeben, erfolgte die Befragung der Unternehmen in Kooperation mit dem Wärmepumpen-Marktplatz der EnergieAgentur.NRW. Der Wärmepumpen-Marktplatz NRW ist eine Informationsplattform zum Thema Wärmepumpen, die vom Land Nordrhein-Westfalen und der Wirtschaft getragen wird.

In der ersten Phase der Datenerhebung wurde der Fragebogen durch den Leiter des Wärmepumpen-Marktplatzes NRW, insgesamt 16 Hersteller-Firmen im Rahmen von persönlichen Gesprächen, in denen die Ziele der Marktstudie erläutert wurden, übergeben. Die Unternehmen, denen der Fragebogen auf dieser Weise übermittelt wurde,

repräsentieren hinsichtlich ihrer Verkaufszahlen einen großen Teil des deutschen Wärmepumpenmarktes. Den angesprochenen Unternehmen wurde zugesichert, dass die zur Verfügung gestellten Daten zunächst durch den Wärmepumpen-Marktplatz NRW anonymisiert würden, bevor sie zur weiteren Verwendung im Rahmen dieser Studie an das GZB weitergeleitet werden würden. Mit diesem Modus sollte den an der Befragung teilnehmenden Unternehmen gegenüber nachweisbar dokumentiert werden, dass bei der Aufbereitung und Analyse der bereit gestellten firmenspezifischen Marktdaten keine Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen mehr möglich sind. In der zweiten Phase wurde der Fragebogen an weitere 24 auf dem Wärmepumpenmarkt aktive Unternehmen direkt verschickt.

Die Datenerhebung verlief sowohl bei den Unternehmen, bei denen eine persönliche Kontaktaufnahme über den Wärmepumpen-Marktplatz erfolgte, als auch bei den Unternehmen, die direkt angeschrieben wurden, leider nur mit geringem Erfolg. Insgesamt lag die Rücklaufquote der Fragebögen bei lediglich rund 8 %. Auf Nachfrage bei den Unternehmen wurde dabei mehrfach der Grund genannt, dass eine vergleichbare Markterhebung monatlich, im Rahmen eines notariellen Treuhänderverfahrens von den beiden Branchenverbänden BWP und BDH gemeinsam durchgeführt wird. Aufgrund dieser Tatsache war die Bereitschaft zur wiederholten Auskunft von unternehmensspezifischen Daten bei den befragten Unternehmen sehr gering.

## 2.2. Datenerhebung bei Branchenverbänden

Aus den oben genannten Gründen stützen sich die in dieser Studie verwendeten Daten zum Anlagenbestand und zur Entwicklung des Wärmepumpenbestandes seit 1990 vor allem auf die vorhandenen statistischen Daten der Branchenverbände. Hier sind zwei Verbände zu nennen, in denen sich die Unternehmen der Wärmepumpenbranche organisieren: der *Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH)* und der *Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP)*. Beide Verbände befassen sich mit technischen und kommerziellen Fragestellungen, insbesondere der Marktbeobachtung, der Förderpolitik und technischen Normen. Gemeinsam werden von beiden Verbänden in regelmäßigen Abständen aktuelle Absatzzahlen des Wärmepumpenmarktes veröffentlicht. Hierzu übermitteln die einzelnen Verbandsmitglieder monatlich ihre aktuellen Verkaufszahlen an einen als Treuhänder fungierenden Notar, der diese dann in anonymisierter Form zur Auswertung an

den BDH bzw. BWP weiterleitet. Da aktuell etwa 95 % der Unternehmen der Wärmepumpenbranche in den beiden Verbänden organisiert sind, besitzen die vom BDH und BWP erhobenen Daten eine dementsprechend hohe Marktabdeckung.

Da jedoch nicht alle Hersteller in den beiden Verbänden gelistet sind und nicht alle Importe erfasst werden, wird in der Entwicklung der Absatzzahlen des BWP ein Anteil von nicht gemeldeten Wärmepumpen berücksichtigt. Dieser Anteil wird vom Verband für den Zeitraum von 2001 bis 2008 auf 10 %, von 1991 bis 2000 auf 15 % und davor auf 20 % geschätzt.

Um den Rückbau oder die Zusammenlegung von Wärmepumpenanlagen zu berücksichtigen, beinhalten die Verbandszahlen zur Entwicklung des Wärmepumpenbestands eine Rückbauquote von jährlich 0,4 %. Des Weiteren wird in den Zahlen von BDH und BWP zum Anlagenbestand auch der Austausch von Anlagen berücksichtigt. Die Austauschquote für Wärmepumpenanlagen wird auf Grundlage des Austauschpotentials für den gesamten Wärmeerzeugermarkt ermittelt. Anhand einer angenommenen maximalen Lebensdauer eines Wärmeerzeugers von 30 Jahren wird von den beiden Verbänden ausgegangen, dass 100 % der Anlagen nach 30 Jahren ausgetauscht werden, 80 % nach 25 Jahren und 50 % der Anlagen nach 22 Jahren.

Aufgrund der hohen Marktabdeckung der monatlichen durchgeführten Datenerfassung bzw. -auswertung stellen die von BDH und BWP gemeinsam erhobenen Zahlen zu Absatz und Bestand von Wärmepumpenanlagen derzeit die belastbarsten Statistiken zum deutschen Wärmepumpenmarkt dar.

### 2.2.1. Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH)

Dem BDH gehören 87 Industrieunternehmen und 3 assoziierte Verbände an. Er vertritt die wirtschaftlichen, technischen und politischen Interessen seiner Mitglieder gegenüber Politik, Verwaltung, den Organisationen der Marktpartner und der Öffentlichkeit. Die im BDH organisierten Unternehmen stellen Systeme der Versorgungstechnik mit dem Schwerpunkt Heizungstechnik her. Das Produktspektrum der Mitgliedsunternehmen umfasst Komponenten zur Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe sowie zur Trinkwassererwärmung auf Basis fossiler und erneuerbarer Energieträger (5).

### 2.2.2. Bundesverband Wärmepumpe e. V. (BWP)

Der BWP ist ein Branchenverband mit Sitz in Berlin, in dem rund 700 Handwerksbetriebe, Planer und Architekten, Bohrfirmen, Heizungsindustrie und Energieversorgungsunternehmen organisiert sind. Die Mitgliedsunternehmen des BWP beschäftigen im Wärmepumpen-Bereich in Deutschland rund 5.000 Mitarbeiter. Die rund 60 im BWP gelisteten Wärmepumpen-Hersteller repräsentieren hinsichtlich ihrer Absatzzahlen etwa 95 % des deutschen Wärmepumpen-Marktes. Zudem sind rund 45 Versorgungsunternehmen und rund 500 Handwerksbetriebe und Planer als Mitglieder im BWP gelistet (6).

## 2.3. Datenerhebung bei Förderinstitutionen

Die Analyse der Inanspruchnahme von Fördergeldern für Wärmepumpen wurde anhand von aktuellen und früheren bundesweiten Förderprogrammen durchgeführt. Auf Bundesebene konzentriert sich seit 2008 die finanzielle Unterstützung für den Einsatz von Wärmepumpen vor allem auf die Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm, MAP). Des Weiteren unterstützt die KfW-Bankengruppe in diversen Förderprogrammen Maßnahmen in den Bereichen Energieeffizienz und Erneuerbare Energien, Infrastruktur, Wohnungsbau und -modernisierung in Form von Darlehen und Zuschüssen. Für die Auswertung der bundesweiten wärmepumpenspezifischen Förderprogramme seit 1990 wurden vom *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)* und von der *KfW Bankengruppe* Daten für diese Studie zur Verfügung gestellt.

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). In den Bereichen Außenwirtschaft, Wirtschaftsförderung und Energie nimmt sie administrative Aufgaben des Bundes wahr. Ein wichtiger Schwerpunkt in der Arbeit des BAFA liegt in der Durchführung des Förderprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Förderung erneuerbarer Energien (7).

Die KfW-Bankengruppe unterstützt als Förderbank, die im Eigentum von Bund und Ländern steht, die nachhaltige Verbesserung der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Lebens- und Wirtschaftsbedingungen u.a. in den Bereichen Umweltschutz, Wohnungswirtschaft, Infrastruktur, und Projektfinanzierung. Mit den Förderprogrammen im Bereich "Bauen,

Wohnen, Energie sparen" unterstützt die KfW Bankengruppe die Finanzierung von Wohneigentum und die Modernisierung von Wohnraum. Gefördert werden dabei ausschließlich Maßnahmen, die zum Schutz von Umwelt und Klima beitragen (8).

## 2.4. Datenerhebung bei Forschungsinstitutionen

Neben den ökonomischen Faktoren wurde im Rahmen der vorliegenden Studie auch die technologische Entwicklung des Wärmepumpenbestandes untersucht. Als standardisierte Kennwerte für die Effizienz von Wärmepumpen werden üblicherweise die Leistungszahl (COP) und die Jahresarbeitszahl (JAZ) herangezogen. Diese Kennzahlen ermöglichen vergleichbare Aussagen zur energetischen Effizienz von Wärmepumpen unter vorgegebenen Randbedingungen auf dem Teststand (COP) sowie zur energetischen Effizienz unter realen Nutzungsbedingungen (JAZ). Als Datengrundlage für die in dieser Studie getroffenen Angaben zur Effizienz von Wärmepumpen dienen die Veröffentlichungen des *Wärmepumpen Testzentrums Buchs (WPZ)* und des Freiburger *Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE)*.

### 2.4.1. Wärmepumpen Testzentrum Buchs (WPZ)

Das WPZ bietet auf dem Gebiet der Wärmepumpentechnik für Produktions- und Handelsunternehmen Prüfleistungen an. Die Leistungsprüfung umfasst die Ermittlung der Heizleistung sowie der wärmeseitigen Leistungszahlen (COP-Werte). Dabei wird nach den Anforderungen der internationalen Prüfnorm EN 14511 und den erweiterten Anforderungen des EHPA-Prüfreglements verfahren. Mit der am WPZ durchgeführten Wärmepumpen-Prüfung kann das internationale Gütesiegel erlangt werden.

Die Leistungsprüfung umfasst die Ermittlung der Heizleistung, der elektrischen Leistungsaufnahme sowie der heizungsseitigen Leistungszahlen (COP-Werte) bei definierten Prüfpunkten. An diesen Prüfpunkten wird die Messung unter konstanten Prüfbedingungen durchgeführt. Die Prüfpunkte und Prüfbedingungen sind für jeden Wärmepumpentyp unterschiedlich und in der europäischen Norm EN 14511 festgelegt. Die Leistungsprüfung am WPZ wird an den von dieser Norm sowie an weiteren vom EHPA-DACH-Verband definierten Prüfpunkten durchgeführt.

Die Resultate der Wärmepumpen-Prüfungen werden mit Einverständnis der Auftraggeber im periodisch erscheinenden WPZ-Bulletin publiziert.

Dabei werden die gemäß dem EHPA-Reglement zu ermittelnden Messergebnisse dargestellt, zusätzliche vom Auftraggeber verlangte Messpunkte gelangen nicht zur Veröffentlichung (9).

### 2.4.2. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

***Feldtest: „Wärmepumpen-Effizienz“***

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE hat zusammen mit sieben Wärmepumpenherstellern (Alpha-InnoTec, Hautec, Bosch Thermotechnik, NIBE, Stiebel Eltron, Vaillant und Viessmann) im Sommer 2006 einen mehrjährigen Feldtest begonnen, in dem insgesamt 110 Wärmepumpenanlagen kontinuierlich messtechnisch überwacht werden. Das Projekt wird vom BMWi, von den beteiligten Wärmepumpenherstellern und zwei Energieversorgern (E.ON Energie AG und EnBW Energie Baden-Württemberg AG) finanziert.

Schwerpunkt der Untersuchung sind Wärmepumpen von 5 bis 10 kW Wärmeleistung mit den Wärmequellen Außenluft und Erdreich in neu errichteten Wohngebäuden (Einfamilienhäuser). Ziel ist die Analyse der Effizienz verschiedener Anlagenkonzepte bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen. Durch eine umfangreiche messtechnische Untersuchung unterschiedlicher elektrisch angetriebener Kompressionswärmepumpen unter realistischen Einsatzbedingungen sollen Erkenntnisse zur Optimierung der Geräte und der Systemtechnik gewonnen werden (10).

***Feldtest: „Wärmepumpen im Gebäudebestand“***

Deutschlandweit werden in einem von der E.ON Energie AG angelegten und vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystemsysteme ISE wissenschaftlich betreuten Feldtest Wärmepumpen in Bestandsgebäuden untersucht. Voraussetzung ist dabei, dass ein bereits vorhandener Ölkessel gegen eine Wärmepumpe ausgetauscht wird, ohne dass das Gebäude einer energetischen Gesamtsanierung unterzogen bzw. das Wärmeverteilungssystem verändert wurde.

Im Untersuchungsprogramm enthalten sind Wärmepumpen von 13 Herstellern mit bis zu 20 kW thermischer Leistung. Untersucht werden Sole-Wasser- und Luft-Wasser-Wärmepumpen in etwa 80 Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern mit 2 bis 3 Wohneinheiten. Das Besondere beim Einsatz der Wärmepumpen in Bestandsgebäuden gegenüber dem Einsatz in Niedrigenergiehäusern, die in der Regel mit Niedertemperaturheizsystemen arbeiten, ist, dass die Vorlauftemperatu-

ren im Heizkreis bis 60°C erreichen können. Neben der energetischen Bewertung der Arbeitszahl und der Analyse der Versorgungssicherheit erfolgt auch eine ökonomische und ökologische Betrachtung der Ergebnisse im Vergleich zur Ölheizung (10).

# 3. Entwicklung des Wärmepumpenbestands von 1990 bis 2008

In diesem Kapitel soll zum einen der aktuelle Wärmepumpenbestand in Deutschland und zum anderen die Entwicklung des Anlagenbestandes für den Zeitraum 1990 bis 2008 betrachtet werden. Neben der Darstellung der allgemeinen Marktentwicklung für Wärmepumpen in Deutschland erfolgt eine differenzierte Analyse der Daten nach folgenden Kriterien:

- Art der genutzten Wärmequelle,
- Art der Anwendung,
- Leistungsklassen,
- Gebäudeart und
- Effizienz der Wärmepumpen.

## 3.1. Entwicklung der allgemeinen Marktsituation

Die Entwicklung des deutschen Wärmepumpenmarktes wurde Ende der 70er-Jahre vor allem durch die weltweite Ölkrise bestimmt. Infolge hoher Preise für Heizöl und Gas, die sowohl seinerzeit als auch gegenwärtig die Hauptenergieträger auf dem Heizungsmarkt darstellen, wurde zur dieser Zeit nach möglichen Alternativen für die Beheizung von Gebäuden gesucht. In Abb. 3.1 wird deutlich, dass innerhalb von wenigen Jahren die Anzahl der neu installierten Wärmepumpen stark zunahm. Im Jahr 1980 erreichte der deutsche Wärmepumpenmarkt mit rund 26.000 neu installierten Anlagen einen ersten Höhepunkt. In der Folgezeit konnten allerdings die Absatzzahlen nicht auf diesem Niveau gehalten werden. Der Wärmepumpenmarkt brach bis Ende der 80er-Jahre fast vollständig zusammen. Die Hauptgründe für dieses nachlassende Interesse an der Wärmepumpentechnologie sind zum einen durch den fallenden Ölpreis zu erklären, zum anderen auf Fehler bei der Auslegung der Anlagen, auf mangelnde Qualität der Installationen sowie auf technische „Kinderkrankheiten“ der Wärmepumpen zurückzuführen.

Mit Beginn der 90er-Jahre wurde der Einsatz von erdgekoppelten Wärmepumpen durch den Bund, die Bundesländer und die Energieversorgungsunternehmen vorangetrieben und gefördert. Der gleichzeitige Anstieg der Energiekosten führte dazu, dass sich der deutsche Wärmepumpenmarkt langsam wieder erholte. Dieser langsame, aber stetige Anstieg der Wärmepumpen-Verkaufszahlen seit Beginn der 90er-Jahre

gab der Industrie Zeit, technisch ausgereiftere und zuverlässigere Anlagen zu entwickeln. Auf Grundlage der Statistiken des BWP stieg im Zeitraum von 1990 bis 1998 der Absatz von Heizungswärmepumpen von etwa 500 Anlagen pro Jahr auf etwa 5.000 Anlagen pro Jahr. Dies bedeutet eine Steigerung um das 10-fache. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommt eine im Jahr 1998 durchgeführte Markterhebung über elektrische Wärmepumpen der Vereinigung der Deutschen Elektrizitätswerke (VDEW), die für den genannten Zeitraum eine Steigerung der Absatzzahlen um das 9,5-fache konstatiert (11).

Bei den Absatzzahlen überwiegt bis heute der Anteil der Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen. Jedoch führten die intensive technische Weiterentwicklung der Luft-Wasser-Wärmepumpen sowie die im Vergleich zu Sole-Wasser-Wärmepumpen geringeren Investitionskosten dazu, dass besonders in den letzten drei Jahren die Stückzahlen an installierten Luft-Wasser-Wärmepumpen stark zugenommen haben. Der strenge Winter im Jahr 2005/2006 und der erneute starke Anstieg der Energiekosten für Heizöl und Gas führten dazu, dass sich der Absatz von Wärmepumpen von ca. 20.000 Anlagen im Jahr 2005 auf über 40.000 Anlagen im Jahr 2006 mehr als verdoppelte (12).

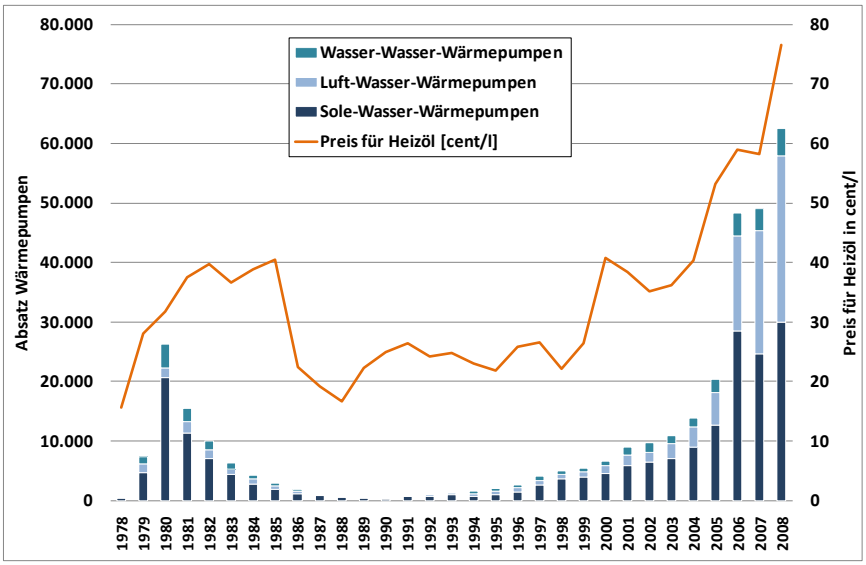



**Abb. 3.1: Absatzzahlen von Heizungswärmepumpen in Deutschland und Entwicklung des Heizölpreises von 1978 bis 2008 (13) (14)**

Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe (BWP) e.V. wurden im Jahr 2008 auf dem deutschen Markt 62.500 Heizungs-Wärmepumpen abgesetzt. Die Verkaufszahlen nahmen damit im Vergleich zu den Jahren 2006 und 2007 um etwa ein Drittel zu. Insgesamt wurden 2008 rund 28.000 Luft-Wasser-Wärmepumpen (Marktanteil: 45 %), ca. 4.500 Was-

ser-Wasser-Wärmepumpen (Marktanteil: 7 %) und rund 30.000 Sole-Wasser-Wärmepumpen (Marktanteil: 48 %) in Deutschland verkauft. Eine besonders starke Absatzsteigerung verzeichneten dabei die Luft-Wasser-Wärmepumpen (+58 Prozent gegenüber dem Vorjahr), so dass im Jahr 2008 nahezu die gleiche Anzahl an Luft-Wasser-Wärmepumpen wie an Sole-Wasser-Wärmepumpen verkauft wurden. Hinzu kommen noch ca. 13.800 verkaufte Wärmepumpen zur reinen Trinkwarmwasserbereitung. Anhand der gesteigerten Absatzzahlen im Vergleich zu den Jahren 2007 und 2006 kann von einem positiven Markteffekt durch die Aufnahme der Wärmepumpe in die bundesweite Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms im Jahr 2008 ausgegangen werden. Nach Angaben des BWP sind im Jahr 2008 insgesamt rund 350.000 Wärmepumpen in Deutschland installiert.

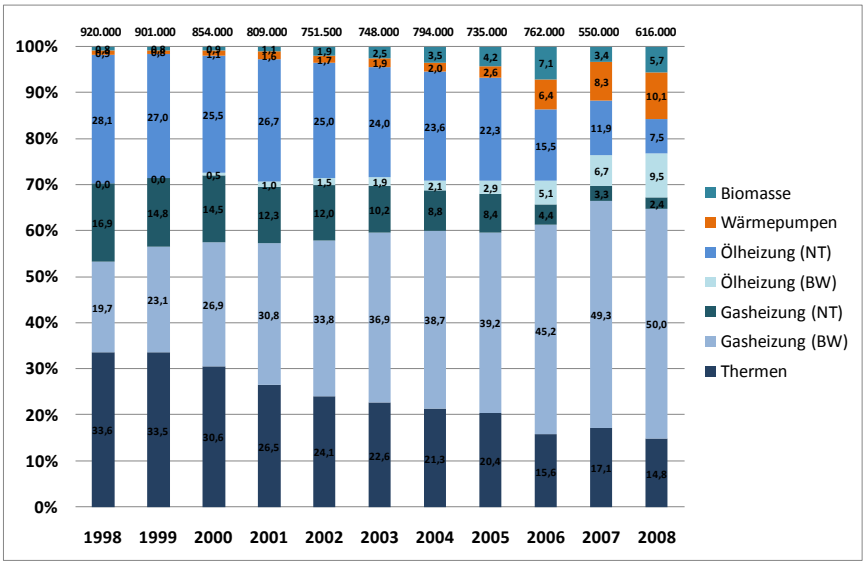



**Abb. 3.2: Strukturentwicklung Wärmeerzeugermarkt von 1998 bis 2008 (3)**

Der Markt für Wärmeerzeuger zur Raumheizung und Warmwasserbereitung wird in Deutschland weiterhin von den konventionellen Heizungssystemen wie Öl- und Gasheizungen bestimmt. Von den im Jahr 2008 insgesamt verkauften 616.000 Wärmeerzeugern liegt die Wärmepumpe mit einem Marktanteil von 10,1 % auf dem dritten Rang. Die Gas- und Ölkessel haben im Vergleich dazu einen Marktanteil von rund 52 bzw. 17 %. Hinzu kommen gas- oder ölbetriebene Wandthermen mit einem Anteil von rund 15 %. Die Struktur des Wärmeerzeugermarkts in Deutschland (Abb. 3.2) ist im Zeitraum von 1998 bis 2008 gekennzeichnet durch stetige Veränderungen.

Der Wärmepumpenanteil am gesamten Wärmeerzeugermarkt nahm in den letzten 10 Jahren kontinuierlich zu. Besonders in den letzten drei Jahren stieg der Anteil von 2,6 auf aktuell 10 Prozent. Neben der Wärmepumpe konnten auch Biomassekessel (z.B. Pelletheizung) ihren Marktanteil seit 1998 stetig steigern. Wärmeerzeuger auf Basis von Gas- und Öl-Brennwerttechnik konnten die jeweiligen Marktanteile in den letzten Jahren ebenfalls stark ausbauen. Gas- und Ölkessel mit Niedertemperaturtechnik sowie Wandthermen büßten dagegen im gleichen Zeitraum Marktanteile ein.

Die Entwicklung der verwendeten Heizenergien in neu fertiggestellten Wohngebäuden zeigt ebenfalls einen eindeutigen Trend. Hierzu wurden in Tab. 3.1 die Anteile der verwendeten Heizenergien in Wohnneubauten des Jahres 2000 und des Jahres 2008 gegenübergestellt (15).

**Tab. 3.1: Anteile der vorwiegend verwendeten Heizenergien in neu fertiggestellten Wohngebäuden in den Jahren 2000 und 2008 (15)**

| Heizenergie | 2000 | 2008 |
|---|---|---|
| **Koks/Kohle** | 0,1% | 0,2% |
| **Öl** | 19,5% | 5,8% |
| **Gas** | 73,6% | 63,5% |
| **Strom** | 1,4% | 1,4% |
| **Fernwärme** | 4,2% | 4,5% |
| **Wärmepumpe** | 0,6% | 18,5% |
| **Solarenergie** | 0,1% | 0,5% |
| **Sonstige** | 0,4% | 5,7% |

Die Wärmepumpe konnte in Deutschland ihren Anteil in fertiggestellten Wohngebäuden von 0,6 % im Jahr 2000 auf 18,5 % im Jahr 2008 steigern. Dies bedeutet, dass aktuell etwa jedes fünfte neu fertiggestellte Wohngebäude mit einer Wärmepumpe beheizt wird. Die sonstigen Heizenergien, darunter fallen u.a. Biomassekessel, konnten ihre Anteile im Zeitraum 2000 bis 2008 ebenfalls von 0,4 % auf 5,7 % steigern. Der Anteil der Fernwärme blieb in den letzten Jahren auf einem relativ konstanten Niveau von etwa 4 %. Auch bei Strom und Koks/Kohle haben sich die Anteile in den letzten 8 Jahren nicht signifikant verändert. Die Solarenergie als vorwiegend verwendete Heizenergie spielt in Neubauten mit

Anteilen unter einem Prozent eine untergeordnete Rolle. Die Wärmeversorgung auf Basis von Öl und Gas stellten im Jahr 2000 mit Anteilen von rund 20 und 74 % die wichtigsten Energieträger im Neubaubereich dar. Bis 2008 verloren sie jedoch zum Teil sehr deutlich Marktanteile. Gas, ist aber aktuell mit rund 64 % immer noch der Hauptenergieträger zur Beheizung von Wohnungen. Der Energieträger Öl besitzt aktuell einen Anteil von rund 6 % und wurde damit im Neubaubereich deutlich von der Wärmepumpe als zweitwichtigstem Heizenergieträger abgelöst.

Die Installation einer Wärmepumpe kann in drei Arbeitsschritte gegliedert werden:

- die Erschließung der Wärmequelle, beispielsweise in Form von Bohrungen und Verlegung von Erdsonden,
- die hydraulische Einbindung der Wärmepumpe in das Heizungssystem sowie
- die Elektroinstallationsarbeiten für den ordnungsgemäßen Anschluss der elektrischen Verbraucher der Wärmepumpe.

Eine Wärmepumpenheizung kann somit grundsätzlich durch das Sanitär-, Heizung-, Klima-(SHK)-Fachhandwerk, das Elektrohandwerk oder den Kälteanlagenbauer installiert werden. Zudem ist das Zusammenwirken dieser verschiedenen Gewerke im Falle erdgekoppelter Wärmepumpen mit dem Bereich Brunnenbau notwendig. Die Hersteller von Wärmepumpen besitzen in den einzelnen Handwerksbranchen unterschiedliche Marktanteile. Die Ergebnisse einer solchen Untersuchung zu den Marktanteilen der Wärmepumpenhersteller im SHK- und Elektrohandwerk sind in Abb. 3.3 einander gegenübergestellt (16).

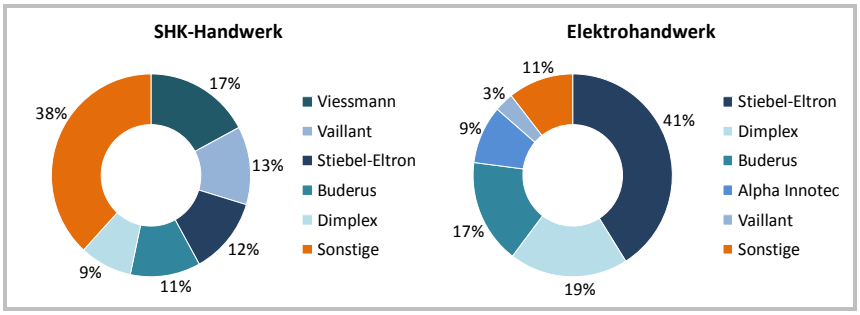



**Abb. 3.3: Marktanteile der Wärmepumpenhersteller im SHK- und Elektrohandwerk (16)**

Im SHK-Handwerk wird rund 60 % des Marktes von fünf Herstellern dominiert. Allerdings weist der hohe restliche Anteil („Sonstige“) auf einen sehr heterogenen Markt mit vielen verschiedenen Herstellern hin.

Darunter befinden sich auch viele kleinere Hersteller, die ihre Wärmepumpen vor allem regional vertreiben. Im Elektrohandwerk konzentriert sich der Markt vor allem auf drei Hersteller, die zusammen genommen etwa 77 % Marktanteil besitzen.

In beiden Gewerken zeigt sich, dass Fachhandwerker bei der Installation von Wärmepumpen auf die Hersteller zurückgreifen, die im traditionellen Wärmeerzeugermarkt des jeweiligen Gewerkes etabliert sind. Im SHK-Handwerk haben die klassischen Anbieter von Öl- und Gasheizungen, im Elektrohandwerk die traditionellen Anbieter von Elektroheizungen die größten Marktanteile.

Mit dem starken Wachstum des deutschen Wärmepumpenmarktes nahm auch die Zahl der Anbieter deutlich zu. Während Anfang der 90er Jahre lediglich einzelne Unternehmen Wärmepumpen vertrieben, so werden heute die Anlagen von einer Vielzahl von Unternehmen, darunter zunehmend auch ausländische Hersteller, über den Vertriebsweg des Großhandels und des Fachhandwerks an den Endverbraucher verkauft (Abb. 3.4).

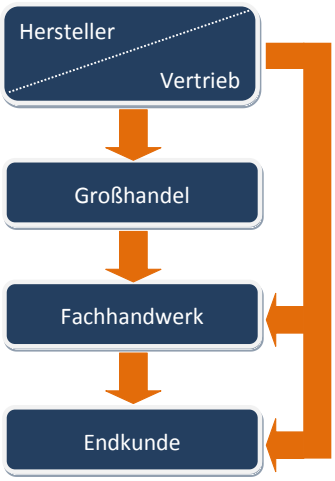



**Abb. 3.4: Vertriebswege für Wärmepumpen**

## 3.2. Anlagenbestand nach Art der genutzten Wärmequelle

Wärmepumpen haben gegenüber konventionellen Wärmeerzeugern den ökologischen Vorteil, dass sie Umweltwärme nutzbar machen und somit Primärenergie einsparen. Dabei sind Wärmepumpen bezüglich der Art der genutzten Wärmequelle variabel und können neben den natürlichen Wärmequellen Erdreich, Grundwasser und Außenluft auch künstliche Wärmequellen wie z.B. Abluft oder Abwasser nutzen.

Die richtige Wahl der Wärmequelle, d.h. eine hohe Wärmequellentemperatur sowie die Kosten für die Erschließung der Wärmequelle sind entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe. Im Bereich der Heizungswärmepumpen werden in Deutschland überwiegend die natürlichen Wärmequellen Erdreich, Außenluft und Grundwasser genutzt. Die Differenzierung des Anlagenbestands in diesem Kapitel beschränkt sich somit auf diese drei Wärmequellen. Anlagen zur reinen Brauchwassererwärmung nutzen die Abluft von Lüftungsanlagen bzw. die Raumluft eines Gebäudes als Wärmequelle. Auf diesen Typ von Wärmepumpe wird in Kapitel 3.4 näher eingegangen.

### 3.2.1. Wärmequelle Erdreich

Das Erdreich ist wegen seiner relativ konstanten Temperaturen über das Jahr eine sehr geeignete Wärmequelle, die im Winter auch bei sehr tiefen Außentemperaturen einen effektiven Betrieb der Wärmepumpe ermöglicht. Der Temperaturverlauf des Erdreichs ist zunächst bis zu einer Tiefe von 10 m von den Außentemperaturen, bzw. von der gespeicherten Sonnenenergie im Boden geprägt (siehe Abb. 3.5).

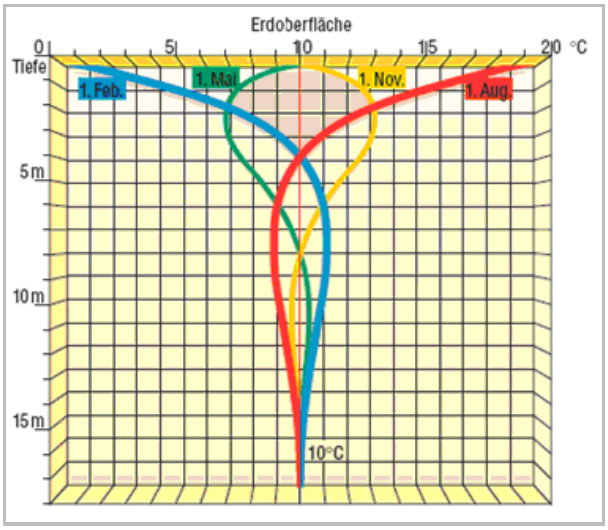



**Abb. 3.5: Temperaturverlauf im ungestörten Erdreich (17)**

Ab etwa 15 m Tiefe stellt sich ein relativ konstanter Temperaturverlauf über das Jahr ein. Hier liegt die Temperatur bei durchschnittlich 10°C. In tieferen Erdschichten ist der Anteil an geothermischer Wärme aus dem Erdinneren deutlich höher. Die Temperatur nimmt pro 100 m Tiefe um etwa 3°C zu.

Der Wärmeentzug aus dem Erdreich erfolgt mit Hilfe eines Gemisches aus Wasser und Frostschutzmittel (Sole). In den meisten Fällen werden

die Erdwärmetauscher entweder als unterhalb der Erdoberfläche verlegter Kollektor oder in Form von vertikal installierten Erdwärmesonden ausgeführt. Je nach Wirtschaftlichkeit werden auch Sonderformen der Erdwärmetauscher verwendet, wie z.B. Energiepfähle, -zäune oder -körbe. Sole-Wasser-Wärmepumpen stellen mit 57 % den größten Anteil der in Deutschland installierten Wärmepumpen dar.

Die jährlichen Absatzzahlen sowie die Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Sole-Wasser-Wärmepumpen für den Zeitraum 1990 bis 2008 sind in Abb. 3.6 bzw. in Abb. 3.7 dargestellt.

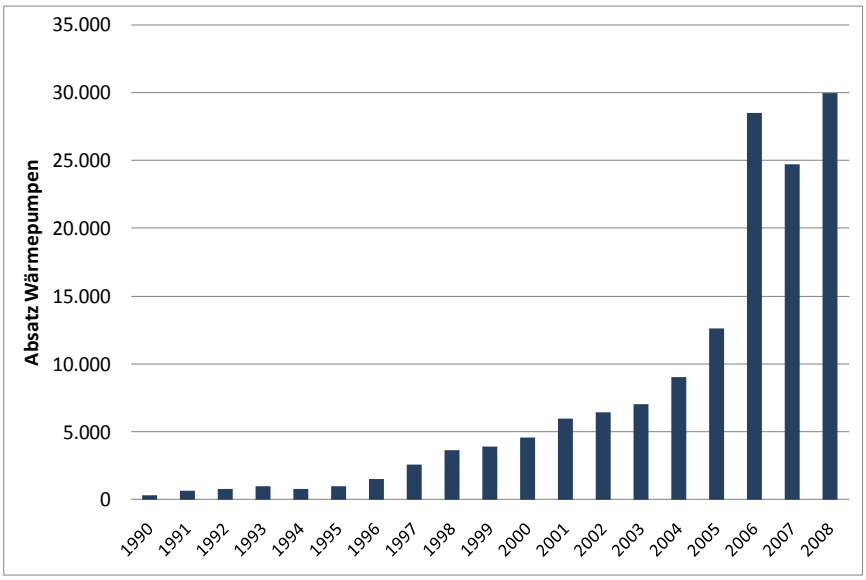



**Abb. 3.6: Entwicklung der Absatzzahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpen (13)**

Der Absatz von Sole-Wasser-Wärmepumpen stieg demnach in den Jahren von 1990 bis 2005 von wenigen Hundert auf rund 12.600 Anlagen kontinuierlich an. Im Jahr 2006 war mit rund 28.000 verkauften Sole-Wasser-Wärmepumpen eine Verdopplung des Absatzes im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. In den Jahren 2007 und 2008 verblieben die Verkaufszahlen für Sole-Wasser-Wärmepumpen (mit leichten Verlusten im Jahr 2007) auf diesem vergleichsweise hohen Niveau von rund 30.000 verkauften Anlagen pro Jahr.

Die Betrachtung der Gesamtanzahl an installierten Sole-Wasser-Wärmepumpen in der Bundesrepublik Deutschland zeigt, dass zwischen 1990 und 1997 keine signifikanten Veränderungen im Anlagenbestand zu erkennen sind. Die Anzahl an neu installierten und außer Betrieb genommenen Anlagen hält sich somit die Waage. Erst ab 1998 kommt es zu einem Anstieg des Anlagenbestands von ursprünglich etwa 55.000

auf etwa 85.000 Sole-Wasser-Wärmepumpen im Jahr 2005. Analog zur Absatzentwicklung stieg der Bestand an installierten Sole-Wasser-Wärmepumpen in den letzten Jahren stark an. Im Jahr 2008 belief sich der Gesamtbestand an Sole-Wasser-Wärmepumpen in Deutschland auf etwa 155.000 Anlagen.

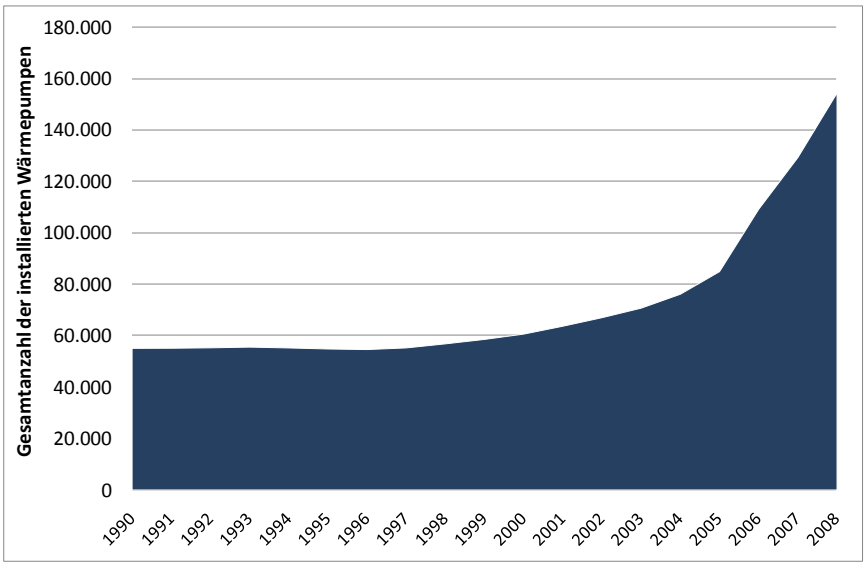



**Abb. 3.7: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Sole-Wasser-Wärmepumpen (13)**

### 3.2.2. Wärmequelle Außenluft

Außenluft als Wärmequelle ist überall verfügbar und kann mit einem vergleichsweise geringen technischen Aufwand nahezu überall erschlossen werden. Die umfangreiche Erschließung der Wärmequelle, z.B. durch das Verlegen von Erdwärmetauschern bei Sole-Wasser-Wärmepumpen, ist bei Luft-Wasser-Wärmepumpen nicht notwendig. Dadurch sind Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen vom Aufbau und den Investitionskosten her gesehen die günstigste Variante einer Wärmepumpenheizung.

Da die Temperaturen der Wärmequelle Außenluft allerdings im Winter – also zu Zeiten des größten Heizbedarfs – recht niedrig liegen (siehe Abb. 3.8), ist eine Luftwärmepumpe weniger effizient als erdgekoppelte Systeme.

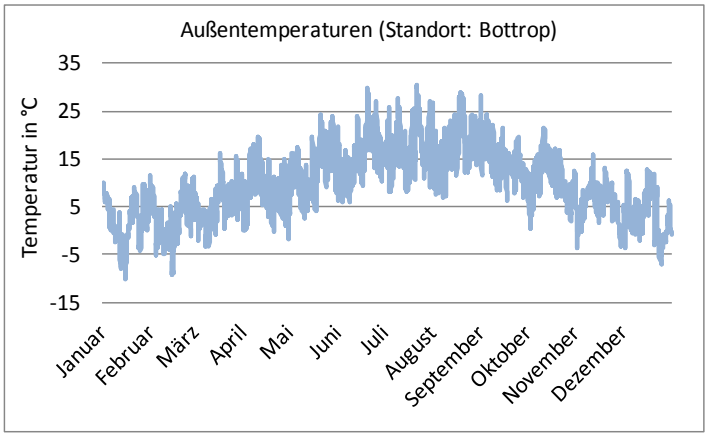



**Abb. 3.8: Jahresverlauf der Außentemperaturen am Standort Bottrop (18)**

Für die Aufstellung der Wärmepumpe ergeben sich im Wesentlichen zwei Varianten. In der ersten wird die komplette Wärmepumpe im Freien aufgestellt und die gewonnene Wärme wird über gut gedämmte Rohre, die im Boden verlegt sind, zur Heizung innerhalb des Gebäudes gefördert. In der zweiten Variante wird die Wärmepumpe im Gebäude aufgestellt. Bei diesem Anlagenkonzept wird die Außenluft über gut gedämmte Luftkanäle zur Wärmepumpe transportiert und anschließend nach Abkühlung wieder nach außen gefördert.

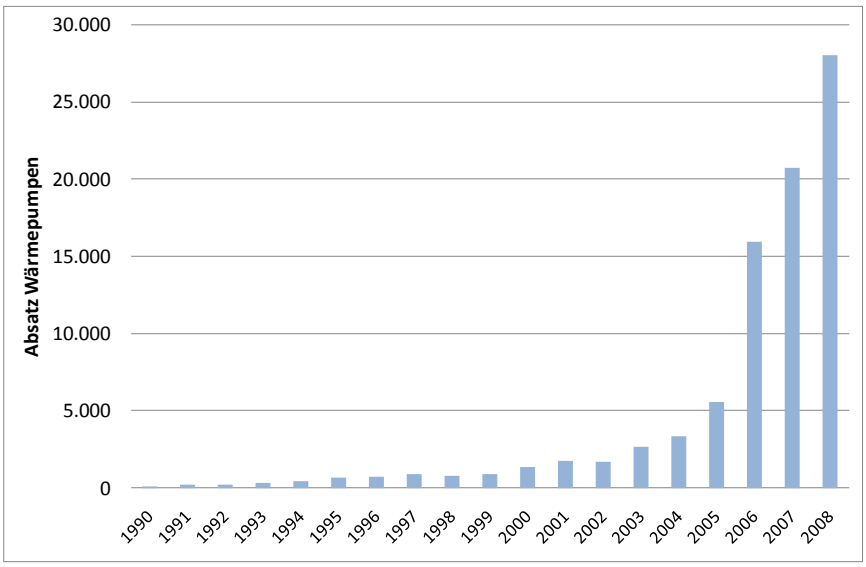



**Abb. 3.9: Entwicklung der Absatzzahlen der Luft-Wasser-Wärmepumpen (13)**

Der Anteil von Luft-Wasser-Wärmepumpen am Wärmepumpen-Gesamtbestand in Deutschland beträgt aktuell 33 %. Betrachtet man allerdings die Entwicklung der Absatzzahlen für Luft-Wasser-Wärme-

pumpen seit 1990 (siehe Abb. 3.9), so ist in den letzten drei Jahren ein sehr starker Anstieg der Verkaufszahlen zu erkennen.

Bis Ende der 90er-Jahre lag die Anzahl der installierten Luft-Wasser-Wärmepumpen in einem Bereich von unter 1.000 Anlagen pro Jahr, allerdings mit stetig steigender Tendenz. Im Jahr 2005 erreichten die Verkaufszahlen einen Wert von rund 5.500 Anlagen. Seitdem stieg der Ab-Absatz an Luft-Wasser-Wärmepumpen sehr stark an, nämlich von rund 16.000 Anlagen im Jahr 2006 bis auf 28.000 Luft-Wasser-Wärmepumpen im Jahr 2008. Im Vergleich zum Jahr 2005 haben sich die Absatzzahlen von Luft-Wasser-Wärmepumpen im letzten Jahr verfünffacht. Der Marktanteil der in Deutschland verkauften Luft-Wasser-Wärmepumpen lag im letzten Jahr bei rund 45 % und somit auf dem Niveau der Sole-Wasser-Wärmepumpen (48 %).

Gründe für diesen Anstieg in den letzten drei Jahren liegen vor allem in den geringeren Investitionskosten für Luft-Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu den erdgekoppelten Anlagen. Zudem wird dieser Typ von Wärmepumpe aufgrund der nicht erforderlichen Erdarbeiten und des damit verbundenen geringeren Platzbedarfs vermehrt im Gebäudebestand und in der Altbausanierung verwendet (siehe Kapitel 3.6).

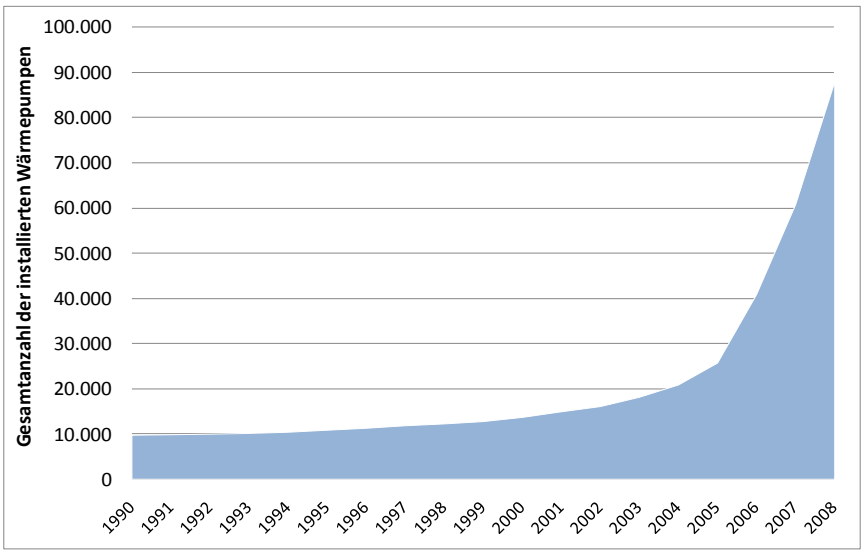



**Abb. 3.10: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Luft-Wasser-Wärmepumpen (13)**

An der in Abb. 3.10 dargestellten Entwicklung des Anlagenbestands wird deutlich, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen insgesamt mit rund 10.000 bis 20.000 installierten Anlagen in Deutschland bis zum Jahr 2005 nur eine untergeordnete Rolle spielten. Im Vergleich dazu war der Bestand an Sole-Wasser-Wärmepumpen im gleichen Zeitraum etwa 4-mal so

hoch. Erst mit den gesteigerten Absatzzahlen ab dem Jahr 2006 erhöhte sich der Anlagenbestand bis heute auf etwa 88.000 Luft-Wasser-Wärmepumpen in Deutschland. (vgl. aktuellen Bestand Sole-Wasser-Wärmepumpen: 155.000 Anlagen).

### 3.2.3. Wärmequelle Grundwasser

Wenn Grundwasser in ausreichender Menge, Temperatur, Qualität und in einer möglichst geringen Tiefe (meist ab Schichttiefen von etwa 10 m) vorhanden ist, kann man dieses mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe wirtschaftlich nutzen. Das Grundwasser als Wärmequelle ist wegen der nahezu konstanten Wassertemperatur von ca. 7-12°C über das gesamte Jahr aus energetischer Sicht für den Wärmepumpeneinsatz besonders günstig. Das Grundwasser wird mit Hilfe einer Brunnenpumpe aus dem Boden zur Wärmepumpe gepumpt und anschließend wieder in den Boden eingebracht. Hierzu sind zwei Brunnen erforderlich, ein sogenannter Förderbrunnen und ein Schluckbrunnen.

In der Bundesrepublik Deutschland nutzen zurzeit rund 10 % aller installierten Wärmepumpen diese Art der Wärmequelle. Im Vergleich zu den Sole-Wasser- und den Luft-Wasser-Wärmepumpen weisen auch die Wasser-Wasser-Wärmepumpen einen Anstieg der Absatzzahlen im Zeitraum von 1990 bis 2008 auf (Abb. 3.11).

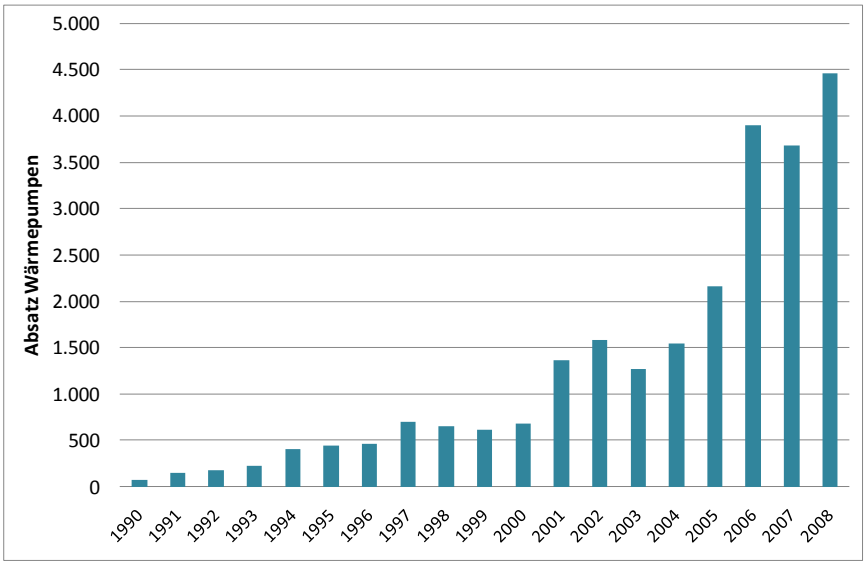



**Abb. 3.11: Entwicklung der Absatzzahlen der Wasser-Wasser-Wärmepumpen (13)**

Dieser Anstieg fällt bei den Wasser-Wasser-Wärmepumpen weniger stark aus und findet auf einem niedrigeren Niveau statt als bei den Luft-

Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen. Von wenigen Hundert jährlich installierten Anlagen in den 90er-Jahren steigerten sich die Absatzzahlen auf rund 2.150 Anlagen im Jahr 2005 und 4.450 Anlagen im letzten Jahr. Analog zu den Sole-Wasser-Wärmepumpen verzeichneten auch die Verkaufszahlen der Wasser-Wasser-Wärmepumpen im Jahr 2007 einen leichten Rückgang.

Der im Vergleich zu den anderen beiden Wärmepumpentypen moderate Anstieg in den Absatzzahlen spiegelt sich auch in der Entwicklung des Anlagenbestands der Wasser-Wasser-Wärmepumpen in Abb. 3.12 wieder. Der in den 90er-Jahren weitgehend stagnierende Anlagenbestand verdoppelte sich seit dem Jahr 2000 von insgesamt rund 13.000 installierten Anlagen auf etwa 26.000 Anlagen im Jahr 2008.

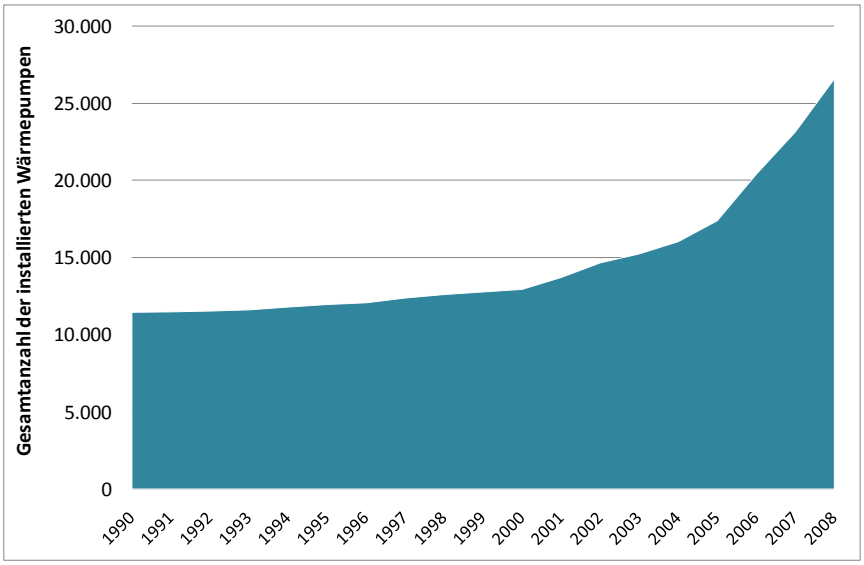



**Abb. 3.12: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Wasser-Wasser-Wärmepumpen (13)**

## 3.3. Installierte Leistung und Energieverbrauch des Anlagenbestands

Auf der Grundlage des in Kapitel 3.2 dargestellten Bestandes an Heizungswärmepumpen in Deutschland wurden Berechnungen zur thermischen und elektrischen Gesamtleistung aller Anlagen durchgeführt (Tab. 3.2). Die Werte zur thermischen Gesamtleistung des Wärmepumpenbestands wurden hierbei auf Basis der durchschnittlichen Heizleistungen der Anlagen (Abb. 3.15) ermittelt.

Bei der Berechnung der elektrischen Gesamtleistung wurden die vom Wärmepumpen-Testzentrum Buchs veröffentlichten mittleren COP-Werte (Kapitel 3.7.1) zugrunde gelegt. In den Werten der elektrischen

Gesamtleistung werden gemäß dem Prüfreglement zur Bestimmung des COP-Wertes die Leistungen des Verdichters, anteilig die elektrische Leistungsaufnahme der Umwälzpumpen auf Wärmequellen- und -senkenseite sowie die Leistungen sonstiger Zusatzeinrichtungen erfasst. Im Jahr 2008 lag die thermische Gesamtleistung aller Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland bei 3,5 GW bei einer elektrischen Gesamtleistungsaufnahme von 0,93 GW. Dies entspricht einem mittleren COP über den gesamten Anlagenbestand von 3,76.

**Tab. 3.2: Thermische und Elektrische Gesamtleistung des Anlagenbestandes an Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland**

| Jahr | Thermische Gesamtleistung in GW | Elektrische Gesamtleistung in GW |
|---|---|---|
| **1990** | 1,2 | 0,35 |
| **1995** | 1,2 | 0,35 |
| **2000** | 1,4 | 0,39 |
| **2005** | 1,9 | 0,52 |
| **2008** | 3,5 | 0,93 |

Neben den installierten Gesamtleistungen der Wärmepumpenanlagen wurden auch die erzeugten Heizwärmemengen, der damit einhergehende Verbrauch an elektrischer Energie und die entzogene regenerative Wärmemenge für den Bestand an Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland ermittelt (Tab. 3.3).

Die Berechnung der Heizwärmemenge wurde mithilfe der thermischen Gesamtleistung des Anlagenbestands und einer Abschätzung der durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden der Anlagen durchgeführt.

Im Rahmen der BWP-Branchenstudie 2009 wurde für das Jahr 2008 eine mittlere Jahres-Vollbenutzungsstundenzahl für den Anlagenbestand von 1.950 h herangezogen (19). Die durchschnittliche Heizleistung aller Anlagen beträgt dabei 12,4 kW. Ältere Untersuchungen der Anlagenbestände in der Schweiz und Österreich gehen von geringeren Jahresvollbenutzungsstunden bei gleichzeitig etwas höheren mittleren Heizleistungen der Wärmepumpenanlagen aus.

Für das Jahr 2003 wurde in der Schweiz eine durchschnittliche Laufzeit der Wärmepumpen von rund 1.700 h/a ermittelt. Die mittlere Heizleis-

tung des Schweizer Anlagenbestands lag bei rund 16 kW (20). Im Rahmen einer im Jahr 2006 durchgeführten Marktanalyse des österreichischen Wärmepumpenbestandes wurden mittlere Betriebsstunden von 1.700 h/a und eine durchschnittliche Heizleistung je Wärmepumpe von 12,9 kW zur Berechnung der Energiemengen angenommen (21).

Da für den Wärmepumpen-Anlagenbestand in Deutschland bzgl. der Vollbenutzungsstunden wenig belastbare Zahlen vorliegen, werden für die Berechnungen der Heizwärmemengen des Anlagenbestands für den Zeitraum von 1990 bis 2008 die mittleren jährlichen Vollbenutzungsstundenzahl der BWP-Branchenstudie zu Grunde gelegt. Zusammen mit der thermischen Gesamtleistung errechnet sich hieraus für das Jahr 2008 eine von der Gesamtheit der Heizungs-Wärmepumpenanlagen erzeugte Heizwärmemenge von 6,8 TWh.

Zur Bestimmung des Stromverbrauchs wurden mittlere JAZ für den Anlagenbestand herangezogen. Um eine Entwicklung der JAZ für den Betrachtungszeitraum darstellen zu können, wurden die Ergebnisse der Feldtests des Fraunhofer ISE aus dem Jahr 2008 (Abb. 3.26) zu Grunde gelegt und auf Basis der im Rahmen der Feldanalyse von Wärmepumpen in der Schweiz (FAWA) dokumentierten JAZ-Entwicklung rückwirkend bis zum Jahr 1990 mit einer jährlichen Minderungsquote von 1,4 % für Sole-Wasser-Wärmepumpen und 1,7 % für Luft-Wasser-Wärmepumpen berechnet (22). Für Wasser-Wasser-Wärmepumpen wurden die gleichen JAZ wie für Sole-Wasser-Wärmepumpen angenommen. Da die JAZ die energetische Effizienz des Gesamtsystems einer Wärmepumpenanlage unter realen Nutzungsbedingungen kennzeichnet, werden hierüber auch die realen Stromverbräuche des Verdichters, der Umwälzpumpen, der Ventilatoren, der Brunnenpumpe und mögliche weitere Verbraucher (z.B. elektrische Zusatzheizung) erfasst. Somit liegt die JAZ in den meisten Fällen deutlich unter den auf Prüfständen ermittelten COP-Werten. Für das Jahr 2008 ergibt sich auf Grundlage der o.g. Berechnungen ein Gesamt-Stromverbrauch des Anlagenbestands von 2,4 TWh im Jahr 2008.

Die Differenz aus den berechneten Werten für die Heizwärmemenge und den Stromverbrauch stellt die regenerative Wärmemenge, d.h. die der Umgebungsluft oder dem Erdreich entzogene Wärmemenge, dar.

Die mittels Wärmepumpen genutzte regenerative Wärmemenge beträgt im Jahr 2008 rund 4,5 TWh.

**Tab. 3.3: Heizwärmemenge, Stromverbrauch und genutzte regenerative Wärme des Anlagenbestands an Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland**

| Jahr | Heizwärmemenge in TWh | Stromverbrauch in TWh | Regenerative Wärme in TWh |
|---|---|---|---|
| **1990** | 2,4 | 0,9 | 1,5 |
| **1995** | 2,4 | 0,9 | 1,5 |
| **2000** | 2,7 | 1,0 | 1,7 |
| **2005** | 3,7 | 1,3 | 2,3 |
| **2008** | 6,8 | 2,4 | 4,5 |

Setzt man die für das Jahr 2008 berechneten Gesamt-Energiemengen für die erzeugte Heizwärme, Stromverbrauch und entzogene Umweltwärme mit den entsprechenden Eingangswerten der Zukunftsprognose des Bundesverbands Erneuerbarer Energien (vgl. Tab. 5.1) in Bezug, so ist festzustellen, dass die entsprechenden Werte auf einem vergleichbaren Niveau liegen. Insgesamt weichen für das Jahr 2008 die berechneten Werte für Heizwärme und Stromverbrauch um +0,1 bzw. +0,3 TWh und die Werte der entzogenen regenerativen Wärme um -0,1 TWh von den Jahreseingangswerten der BEE-Prognose ab.

## 3.4. Anlagenbestand nach Art der Anwendung

Wärmepumpen werden in Deutschland überwiegend als Wärmeerzeuger in Wohngebäuden eingesetzt. Man unterscheidet hierbei zwischen Heizwärmepumpen und Brauchwasserwärmepumpen. Während man Heizwärmepumpen überwiegend zur Raumheizung nutzt, werden Brauchwasserwärmepumpen ausschließlich zur Trinkwarmwasserbereitung eingesetzt. Dabei wird jeweils die Brauchwasserwärmepumpe mit einem Trinkwasserspeicher kombiniert. Häufig wird diese Art von Wärmepumpen in Form von Kompaktgeräten von den Herstellern angeboten. Als Wärmequelle dient hierbei üblicherweise die Umgebungsluft des Aufstellraums oder die Abluft aus Lüftungsanlagen. Die relativ hohen Temperaturen der Abluft und Umgebungsluft sind notwendig, um eine möglichst kleine Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke für die Warmwasserbereitung zu gewährleisten. Trotz der für die Warmwasserbereitung erforderlichen hohen Temperaturen, kann hierdurch ein effizienter Betrieb der Anlagen erreicht werden. Da Brauchwasserwärmepumpen von der Heizwärmeversorgung entkoppelt arbeiten, kann die Auslegung der Anlagen speziell auf die Anforderun-

gen der Warmwasserbereitung (z.B. Temperaturniveau) erfolgen. Zudem kann der zweite Wärmeversorger in Zeiten ohne Heizwärmebedarf vollständig außer Betrieb genommen werden. Die Brauchwassererwärmung kann aber auch mit der Heizwärmepumpe erfolgen. Eine häufig verwendete Variante ist dabei die hydraulische Umschaltung, z.B. durch ein Drei-Wege-Ventil, vom Heizbetrieb zur Warmwasserbereitung mit Hilfe eines Wärmetauschers im Trinkwasserspeicher.

Der Anteil der Warmwasserbereitung an der jährlichen Wärmebereitstellung durch den Wärmeerzeuger liegt im Neubau bei 22 %. Der Anteil der Raumheizung beträgt 78 %. Im Gebäudebestand liegen aufgrund des geringeren Wärmeschutzes der Gebäude die Anteile der Raumheizung und Warmwasserbereitung an der jährlichen Wärmebereitstellung bei 88 % bzw. 12 % (23).

Die Entwicklung der Absatzzahlen der Heiz- und Brauchwasserwärmepumpen[1] in Deutschland sowie die Entwicklung des Anlagenbestands sind in Abb. 3.13 und in Abb. 3.14 dargestellt.

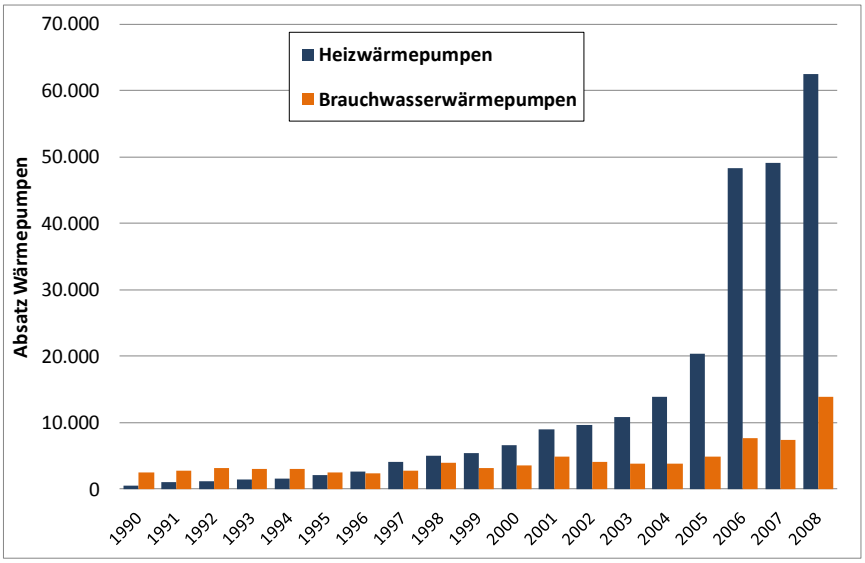



**Abb. 3.13: Entwicklung der Absatzzahlen für Heiz- und Brauchwasserwärmepumpen (24)**

Die Absatzzahlen der Brauchwasserwärmepumpen befinden sich seit 1990 auf einem niedrigen aber relativ konstanten Niveau. Bis 1995 lag der Absatz an Brauchwasserwärmepumpen sogar über dem der Heizwärmepumpen. Während sich bis zum Ende des Jahres 2005 die jährlichen Verkaufszahlen zwischen 2.000 bis 5.000 bewegten, stieg der

[1] Vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) erhobene Absatzzahlen von Brauchwasserwärmepumpen liegen erst ab dem Jahr 1994 vor. Die Werte für die Jahre von 1990 bis einschließlich 1993 wurden auf Grundlage von Expertenbefragungen abgeschätzt.

Absatz von Brauchwasserwärmepumpen in den letzten drei Jahren zunächst auf rund 7.500, im Jahr 2008 dann auf 13.900 Anlagen an. Die Absatzzahlen der Heizwärmepumpen sind die aus Kapitel 3.2 kumulierten Werte aller Wärmepumpentypen. Wie bereits erwähnt ist hier die Entwicklung vom sprunghaften Anstieg der Absatzzahlen im Jahr 2006 geprägt.

Die relativ konstanten Absatzzahlen bei den Brauchwasserwärmepumpen werden auch in der Darstellung der Bestandsentwicklung deutlich. Die Anzahl der installierten Brauchwasserwärmepumpen stellt sich als orangene Fläche in Abb. 3.14 dar.

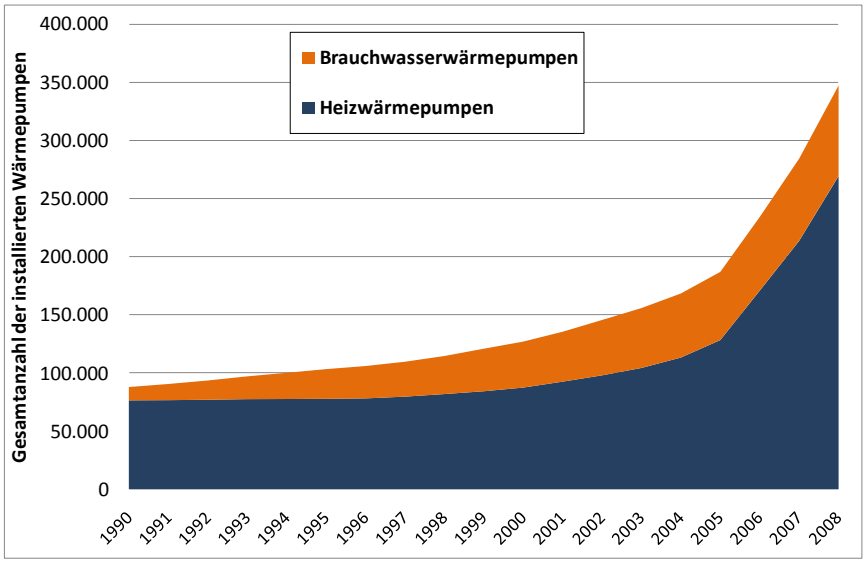



**Abb. 3.14: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Heiz- und Brauchwasser-Wärmepumpen (24)**

Während der Anlagenbestand an Heizwärmepumpen seit 2006 stark zunahm, blieb der Bestand an Brauchwasserwärmepumpen in Deutschland etwa konstant. Die Addition der beiden Flächen (blau und orange) gibt die Entwicklung des Gesamtbestands der in Deutschland installierten Wärmepumpen wieder. Im Jahr 2008 waren etwa 350.000 Wärmepumpen in Deutschland installiert. Dies sind mehr als doppelt so viele Anlagen wie noch im Jahr 2004.

Neben dem Einsatz zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in Wohngebäuden kommen Wärmepumpen auch im industriellen und gewerblichen Bereich zum Einsatz. Dieses bisher noch wenig verbreitete Einsatzgebiet von Wärmepumpenanlagen wird in Kapitel 5.2.1 näher beschrieben.

### 3.4.1. Alter des Anlagenbestands

Etwa 70 % der aktuell rund 270.000 Heizungswärmepumpen (ohne Brauchwasserwärmepumpen) wurden im Zeitraum von 1998 bis 2008 installiert. Aus diesem Grund ist der Großteil der derzeitig installierten Anlagen weniger als 10 Jahre in Betrieb.

Die Entwicklung des Anlagenbestandes für Heizwärmepumpen (Abb. 3.14) zeigt, dass sich im Zeitraum von 1990 bis 1998 die Gesamtanzahl der installierten Heizungswärmepumpen nicht signifikant verändert hat. In diesem Zeitraum lag der Anlagenbestand in Deutschland bei rund 76.000 bis 80.000 installierten Anlagen. Die meisten dieser Anlagen wurden Ende der 70er- und Anfang der 80er-Jahre („erster Wärmepumpenboom“) installiert und waren in diesem Zeitraum noch in Betrieb.

Die Fragestellung der Lebensdauer und der Wartungsintensität von Wärmepumpenanlagen wurde mit mehreren SHK-Handwerksbetrieben, die über Langzeiterfahrungen mit Wärmepumpenanlagen verfügen, diskutiert. Die befragten Unternehmen, die zwischen 17 und 30 Jahren im Wärmepumpen-Markt tätig sind, wiesen in den Gesprächen auf den im Vergleich zu Öl- und Gaskesseln wartungsarmen Betrieb von Wärmepumpenanlagen hin. Von den Unternehmen wurden seit ihrem Bestehen je rund 1.000 Wärmepumpenanlagen in Deutschland installiert. Darunter befinden sich nach Aussage der SHK-Handwerksbetriebe Anlagen, die bereits seit 30 Jahren in Betrieb sind. Allgemeine Reparaturen würden sich vor allem auf den Austausch von Pumpen oder des Verdichters beschränken. Auf der Grundlage der Gespräche mit den SHK-Handwerksbetrieben ist bei einer ordnungsgemäßen Installation und einem normalen Nutzerverhalten von einer Lebensdauer der Wärmepumpe von mindestens 20 Jahren auszugehen. Die Erfahrungen aus der Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen des Bundesamtes für Energie in der Schweiz (BFE) zeigen ebenfalls, dass die Lebensdauer von neuen Anlagen bei etwa 20 Jahren liegt. In Zukunft kann mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von etwa 25 Jahren ausgegangen werden (20).

Anhand dieser Angaben lässt sich der Wärmepumpenbestand in Deutschland somit etwa zu 75 % in Anlagen gliedern, die zwischen einem Jahr und 10 Jahren in Betrieb sind und zu 25 % in Anlagen, die seit 10 bis 20 Jahren, vereinzelt auch schon seit 30 Jahren in Betrieb sind.

## 3.5. Anlagenbestand nach Leistungsklassen

Neben der Differenzierung der Wärmepumpen nach der Art ihrer Anwendung ist es häufig sinnvoll, die Anlagen bzgl. ihrer Leistung in Leistungsklassen zusammenzufassen. Hier bietet sich die Einteilung nach verschiedenen Marktsegmenten an. Eine markttypische Einteilung wäre beispielsweise der

- Leistungsbereich von 5 bis 18 kW,
  für Anlagen in Einfamilienhäuser,
- Leistungsbereich von 18 bis 35 kW,
  für Anlagen in Mehrfamilienhäuser,
- Leistungsbereich von 35 bis 80 kW,
  für den gewerblichen Bereich und
- Sonderlösungen
  für Leistungen über 80 kW.

Die Leistung bezieht sich hierbei auf die Heizleistung, d.h. auf die von der Wärmepumpe abgegebene Nutzwärme. Heizleistungen im Größenbereich von 30 bis 80 KW werden in der Regel über eine Kaskadierung der Anlagen erreicht. Wärmepumpen im großen Leistungsbereich werden z.B. in der Wohnungswirtschaft, in Gewerbe-, oder Dienstleistungsgebäuden eingesetzt und sind häufig Sonderlösungen, die speziell gemäß den gewünschten Anforderungen dimensioniert werden.

Die Entwicklung der Heizleistungen der Heizungs-Wärmepumpen seit 1990 sind in Abb. 3.15 aufgetragen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Zahlen nicht auf Basis einer statistischen Erhebung, sondern von einem Industriearbeitskreis, dem u.a. Vertreter der Wärmepumpenhersteller angehören, ermittelt wurden.

Aus der Darstellung wird deutlich, dass sich bei allen drei Wärmepumpentypen die mittleren Heizleistungen der Anlagen im Zeitraum von 1990 bis 2008 um etwa 5 kW verringert haben. Aktuell weisen die Sole-Wasser-Wärmepumpen durchschnittliche Heizleistungen von 10 kW, die Luft-Wasser-Wärmepumpen 12 kW und die Wasser-Wasser-Wärmepumpen 14 kW auf.

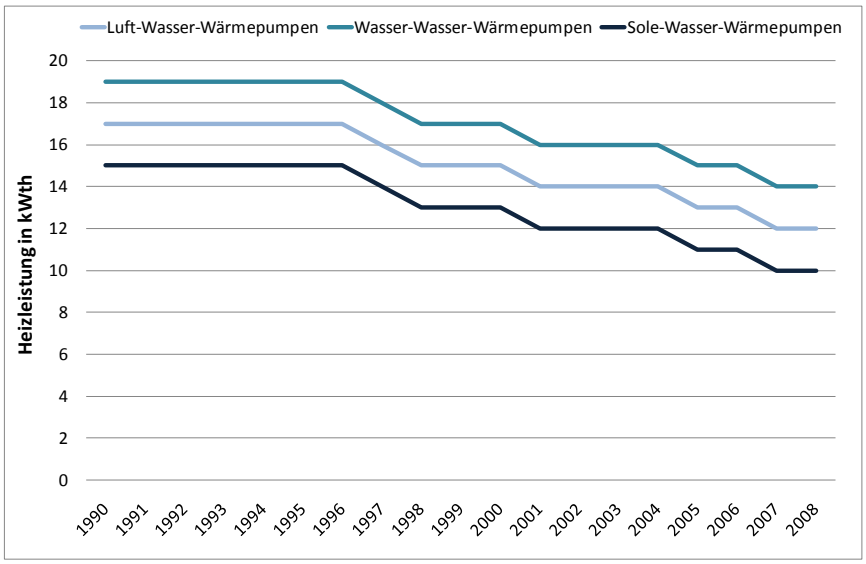



**Abb. 3.15: Entwicklung der durchschnittlichen Heizleistungen der Sole-Wasser-, Luft-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen (25)**

Die Entwicklung der durchschnittlichen Wärmepumpen-Heizleistung orientiert sich an der allgemeinen Entwicklung der Gebäudedämmstandards und der damit verbundenen Reduzierung des Jahresheizwärmebedarfs von Wohngebäuden. Die im Jahr 1995 eingeführte 3. Wärmeschutzverordnung (WSchV) und die Energieeinsparverordnung (EnEV) aus dem Jahr 2002 schreiben eine Reduzierung des Jahresheizwärmebedarf von Neubauten vor. Infolge des geringeren Heizwärmebedarfs bei Neubauten oder energetisch sanierten Bestandsgebäuden verringert sich die notwendige Heizleistung der Wärmeerzeuger zur Beheizung dieser Gebäude. Dieser Trend wird sich durch die gestiegenen Anforderungen im Rahmen der aktuellen EnEV 2009 auch in den nächsten Jahren weiter fortsetzen.

Der Einsatzort spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Sole-Wasser-Wärmepumpen werden häufiger in Neubauten mit geringeren Heizleistungen eingesetzt. Luft-Wasser-Wärmepumpen werden dagegen vermehrt im Rahmen von Renovierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden eingesetzt. In diesen Gebäuden sind in der Regel höhere Heizleistungen der Wärmeerzeuger notwendig. Auch Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen haben im Durchschnitt höhere Heizleistungen, da die Wärmequelle Grundwasser häufig im Rahmen von Großanlagen mit hohen Heizleistungen genutzt wird.

## 3.6. Anlagenbestand nach Gebäudeart

Eine Untersuchung der in Deutschland neu errichteten Gebäude bzgl. der verwendeten Heizenergie zeigt, dass Wärmepumpen zu 97 % und damit überwiegend in Wohngebäuden und nur zu 3 % in Nichtwohngebäuden installiert werden (Abb. 3.16).

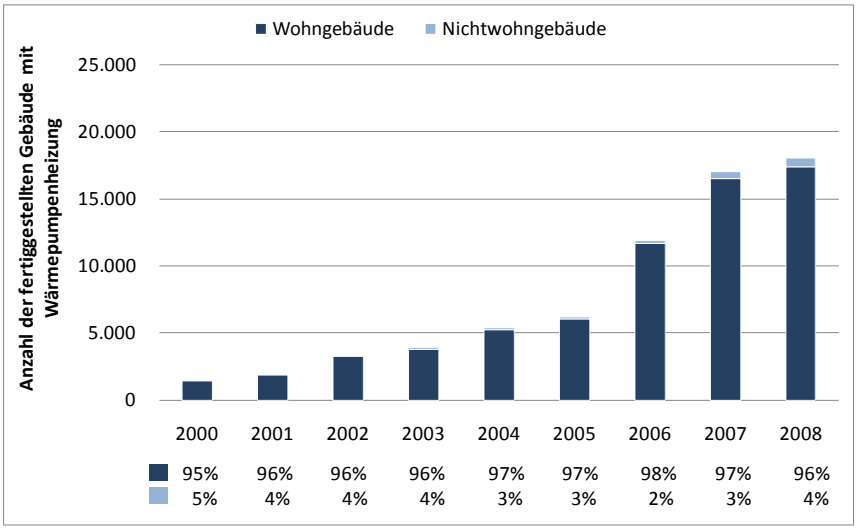



**Abb. 3.16: Anzahl der fertiggestellten Gebäude mit Wärmepumpenheizung im Zeitraum 2000 bis 2008 (15)**

Hierzu wurden Daten aus der Bautätigkeitsstatistik (Fertigstellungen im Wohn- und Nichtwohnbau nach Gebäudearten und Art der vorwiegend verwendeten Heizenergie) des *Statistischen Bundesamtes* verwendet (15). Der Anteil an Wohn- und Nichtwohngebäuden in denen seit 2000 Wärmepumpen installiert wurden, hat sich nicht signifikant verändert. Er liegt zwischen 95 und 98 % für Wohngebäude und bei 2 bis 5 % für Nichtwohngebäude.

Die Entwicklung der installierten Wärmepumpen im Neubaubereich seit 2000 zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die Entwicklung der Wärmepumpen-Absatzzahlen im selben Zeitraum. Zu den absoluten Zahlen in Abb. 3.16 ist anzumerken, dass es sich hierbei um die Anzahl der Wärmepumpenheizungen in fertiggestellten neuen Wohn- und Nichtwohngebäuden handelt. Ein direkter Vergleich mit den Herstellern gemeldeten Absatzzahlen ist somit nicht vollständig möglich, da sich die Zahlen des Statistischen Bundesamtes ausschließlich auf eine Bautätigkeit zur Errichtung eines neuen Gebäudes beziehen. Neuinstallierte Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden oder die Installation von Wärmepumpen infolge Umbaumaßnahmen sind hier beispielsweise nicht berücksichtigt.

Im Neubau werden Wärmepumpenheizungen in Deutschland fast ausschließlich in Wohngebäuden installiert. Dabei handelt es sich mit einem Anteil von 88 % überwiegend um Einfamilienhäuser. 10 % der seit 1990 fertiggestellten Wohngebäude, die eine Wärmepumpenheizung besitzen, sind Zweifamilienhäuser und 2 % sind Mehrfamilienhäuser (Abb. 3.17).

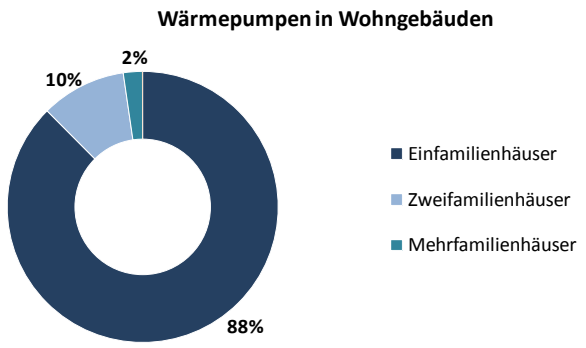



**Abb. 3.17: Art der Wohngebäude mit Wärmepumpenheizung (15)**

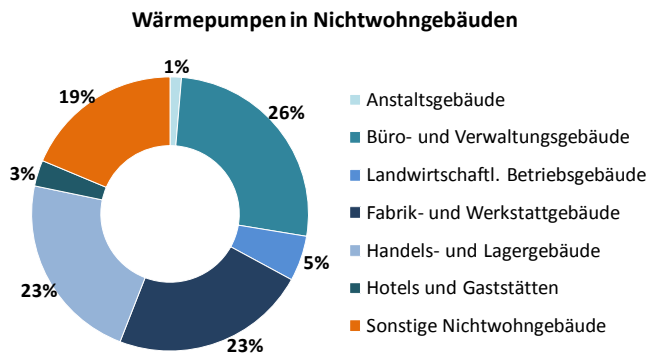



**Abb. 3.18: Art der Nichtwohngebäude mit Wärmepumpenheizung (15)**

Die Differenzierung der Nichtwohngebäude, in denen Wärmepumpenheizung installiert sind, ist in Abb. 3.18 dargestellt. Hier besitzen die Büro- und Verwaltungsgebäude, Handels- und Lagergebäude, Fabrik- und Werkstattgebäude sowie sonstige Nichtwohngebäude jeweils einen Anteil zwischen 19 und 26 %. Hinzu kommen noch Hotels und Gaststätten mit einem Anteil 3 %, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude mit 5 % und Anstaltsgebäude mit 1 %.

Neben der Entwicklung im Neubaubereich spielt in den letzten Jahren die Sanierung von Heizungsanlagen im Gebäudebestand eine zunehmend größere Rolle für den Einsatz von Wärmepumpen. In Abb. 3.19 sind die Anteile der installierten Wärmepumpen im Neubau und Gebäudebestand für den Zeitraum 1990 bis 2008 aufgetragen.

Die Anteile der Wärmepumpenheizungen im Gebäudebestand haben sich in den letzten 18 Jahren von 32 % im Jahr 1990 auf 50 % im Jahr 2008 kontinuierlich vergrößert. Während Wärmepumpen in den 90er-Jahren noch überwiegend in Neubauten installiert wurden, deutet der Trend der letzten Jahre darauf hin, dass sich zukünftig energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand zum dominierenden Einsatzfeld für Wärmepumpen entwickeln werden.

Der Gebäudebestand in Deutschland umfasst im Jahr 2007 insgesamt rund 17,9 Mio. Wohngebäude mit 39 Mio. Wohneinheiten. Dem gegenüber stehen rund 123.000 neu fertiggestellte Wohn- und Nichtwohngebäude im Jahr 2008 (26). Die Tendenz der letzten Jahre zeigt jedoch, dass jährlich immer weniger neue Gebäude in Deutschland errichtet werden. Die Sanierungsquote der Gebäude, die zwischen 1900 und 1979 erbaut worden waren, lag im Jahr 2006 bei 2,2 %. Dies entspricht etwa 230.000 umfassend energetisch sanierten Gebäuden (2) (15).

Diese Zahlen zeigen, dass besonders der Einsatz von Wärmepumpen im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand ein erhebliches Marktpotential darstellt. Die stetig steigenden Anforderungen bei der Sanierung von Bestandsgebäuden im Rahmen der Energie-Einsparverordnung wirken sich zudem positiv auf die energetische Effizienz und den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmepumpen aus. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass sich der in Abb. 3.19 dargestellte Trend der letzten Jahre auch in Zukunft weiter fortsetzen wird.

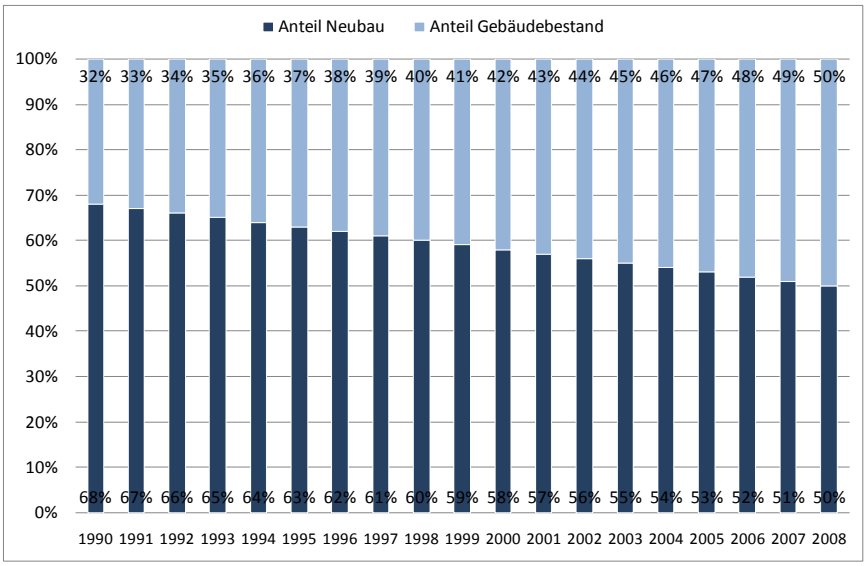



**Abb. 3.19: Anteile der installierten Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (24)**

### 3.6.1. Ausstattung der Anlagen mit Wärmespeicher

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Recherchen zur Ausstattung des Wärmepumpen-Anlagenbestands mit Wärmespeichern haben ergeben, dass hierzu keine belastbaren Daten vorliegen. Um dennoch eine allgemeine Abschätzung zur Ausstattung der Anlagen mit Wärmespeichern geben zu können, wurden ersatzweise die Daten aus den beiden Feldtests des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme herangezogen (siehe Kapitel 3.7.2). Die in den Feldtests untersuchten 180 Wärmepumpenanlagen können bzgl. ihrer Anlagenkonfiguration als repräsentativ für den bundesdeutschen Anlagenbestand angesehen werden.

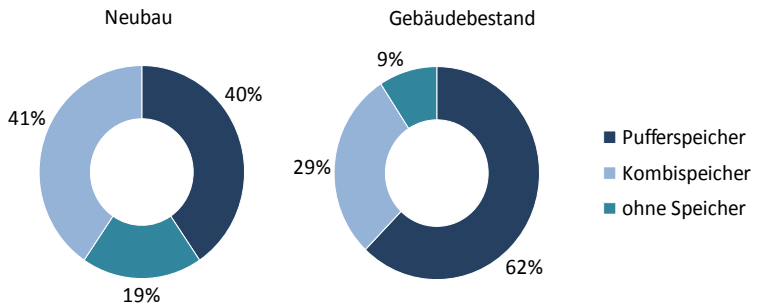



**Abb. 3.20: Anteile der installierten Wärmespeicher im Neubau und im Gebäudebestand (27)**

Von den untersuchten Wärmepumpen im Neubau waren jeweils rund 40 % mit Puffer- oder Kombispeicher ausgerüstet. 19 % der Anlagen besaßen keinen Wärmespeicher. In diesen Fällen erfolgte die Wärmeverteilung direkt aus der Wärmepumpe. Im Gebäudebestand waren für die zeitliche Wärmespeicherung zu 62 % Pufferspeicher und zu 29 % Kombispeicher vorhanden. Der Anteil der Anlagen ohne einen Wärmespeicher war mit 9 % etwas geringer als im Neubaubereich. Da Fußbodenheizungen eine gewisse Pufferwirkung auf die Wärmeverteilung im Haus besitzen und in neu errichteten Gebäuden überwiegend Fußbodenheizungen zum Einsatz kommen, kann in einigen Fällen auf eine Wärmespeicherung verzichtet werden (27).

## 3.7. Entwicklung der Effizienz von Wärmepumpen

Die energetische Effizienz einer Wärmepumpenanlage hängt von einer Reihe von Faktoren ab, die insbesondere die Randbedingungen des Betriebs betreffen. Diese Einflussfaktoren sind (28):

- die Wärmequellentemperatur,
- die Heizungsvorlauftemperatur und deren zeitlichen Verläufe über die Heizperiode,
- die Energieverbräuche für die Hilfsantriebe der Wärmequellenanlagen,
- und die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf der Heizungsanlage.

Um die energetische Effizienz einer Wärmepumpe zu beurteilen, werden in der Praxis zwei Kennziffern verwendet: die Leistungszahl und die Jahresarbeitszahl.

### 3.7.1. Leistungszahlen

Die Leistungszahl bezeichnet das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärmeleistung (in kW) bezogen auf die eingesetzte elektrische Leistung (in kW) für den Antrieb des Verdichters und für die Hilfsantriebe, z.B. für die Solepumpe oder den Ventilator (nach DIN EN 255).

Die Leistungszahl (engl. COP – Coefficient of Performance) stellt nur einen Momentanwert dar. Sie wird unter bestimmten Rahmenbedingungen, beispielsweise definierten Temperaturen auf der Wärmequellen- und Heizungsseite, auf Prüfständen gemessen. Die Rahmenbedingungen unter denen die Messung einer Leistungszahl vorgenommen wurde, werden zusammen mit dem Messergebnis nach folgendem Schema angegeben. Unterschieden wird nach Art der Wärmequelle („W“ für water, Wasser, „A“ für air, Luft und „B“ für brine, Sole) und deren Eintrittstemperatur in die Wärmepumpe (in °C) sowie nach Art der Wärmesenke und der dazugehörigen Temperatur (in °C), z.B. Heizungsvorlauftemperatur. Mit Hilfe der Leistungszahlen ist ein Vergleich unterschiedlicher Wärmepumpenfabrikate unter einheitlich definierten Bedingungen möglich.

Entsprechend der Definition der Leistungszahl kann auch für den theoretisch idealen, aber praktisch nicht erreichbaren Carnot-Prozess eine Leistungszahl berechnet werden. Diese Leistungszahl des verlustfreien Carnot-Prozesses ist allein abhängig von den beiden absoluten Tempe-

raturen der Wärmequelle, z.B. Außentemperatur und der Temperatur der Wärmesenke, z.B. Heizungsvorlauftemperatur. Für den praktischen Einsatz von Wärmepumpen bedeutet dies, dass mit wachsender Temperaturdifferenz zwischen Umgebung (Wärmequelle) und Heizungsvorlauf sich die Leistungszahl der Wärmepumpe verschlechtert (Abb. 3.21).

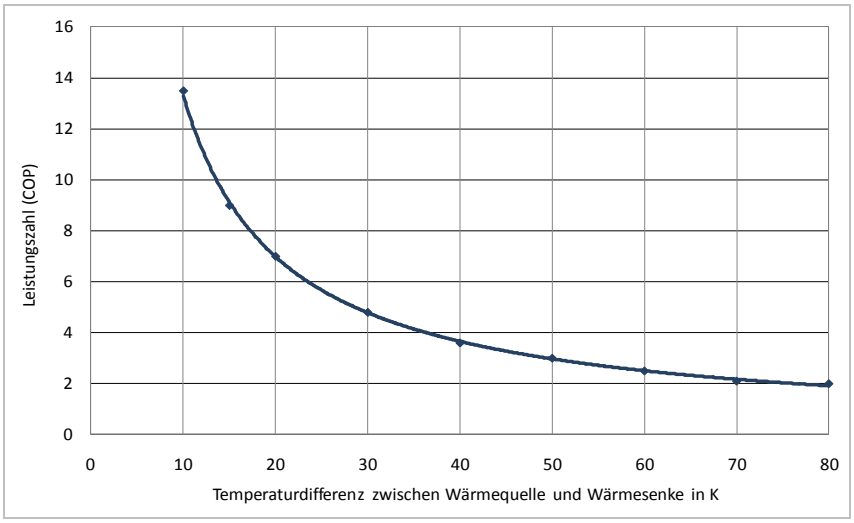



**Abb. 3.21: Leistungszahl in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (17)**

Einen umfassenden Überblick über die energetische Effizienz der am Markt befindlichen Heizungs- und Brauchwasserwärmepumpen liefern die Prüfergebnisse des Wärmepumpen-Testzentrums WPZ in Buchs (Schweiz) (29). Das WPZ ermittelt im Rahmen von Normprüfungen anhand international festgelegter Prüfabläufe nach EN 14511 bzw. nach EN 255-3 unter anderem die COP der aktuell am Markt angebotenen Wärmepumpen. Seit Bestehen des Testzentrums (früher: WPZ Töss) wurden zwischen 1993 und 2008 insgesamt 314 Wärmepumpen-Prüfungen durchgeführt, davon waren 110 Luft-Wasser- und 204 Sole-Wasser-Wärmepumpen. Die Ergebnisse aller geprüften Anlagen, sowie der jährliche mittlere COP der Anlagen seit 1993 sind in Abb. 3.22 und Abb. 3.23 dargestellt. Die Leistungszahlen wurden gemäß der Prüfnorm EN 255 zu den Prüfpunkten A2/W35 und B0/W35 bei einer Senkentemperaturspreizung von 10 K ermittelt.

Der Verlauf für Luft-Wasser-Wärmepumpen in Abb. 3.22 zeigt zwischen 1993 und 1996 einen starken Anstieg der Leistungszahlen. Der Durchschnittswert kletterte von anfangs 2,3 auf etwa 3,2 im Jahr 1996. Bis ins Jahr 2004 konnte eine Steigerung der Leistungszahl auf durchschnittlich 3,5 gemessen werden. Seit 2005 pendelt sich die Leistungszahl durchschnittlich auf einen Wert von etwa 3,4 ein. Die gemessenen Werte ab

dem Jahr 2000 streuen zwischen 3,02 und 3,93. Die Streuung der vom WPZ gemessenen COP hat sich seit 1993 nicht signifikant verändert.

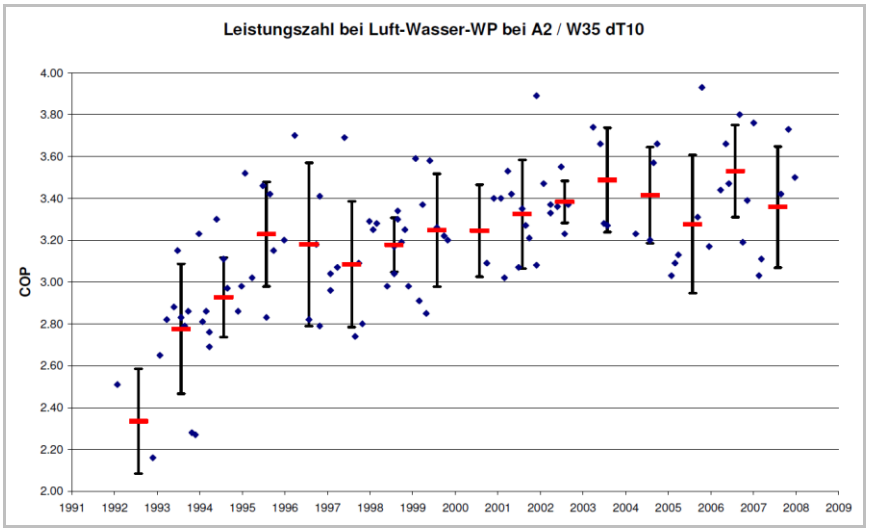



**Abb. 3.22: COP-Verlauf von allen getesteten Luft-Wasser-Wärmepumpen seit 1993 (29)**

Die im Jahr 2008 ermittelten Leistungszahlen haben sich im Vergleich zum Vorjahr nicht verbessert. Von den geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen 60 % sogar unter den Mittelwerten von 2004 bis 2007. Lediglich eine einzige Anlage erreichte einen überdurchschnittlich guten COP von 3,93.

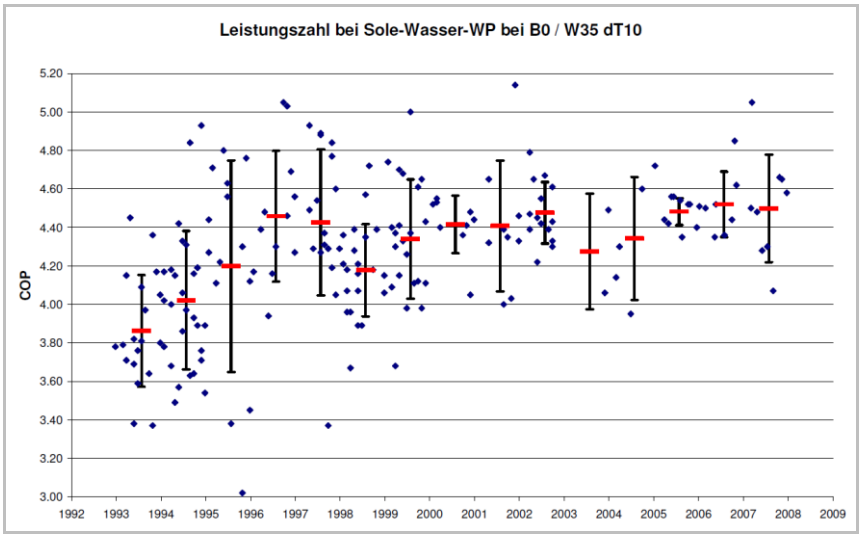



**Abb. 3.23: COP-Verlauf von allen getesteten Sole-Wasser-Wärmepumpen seit 1993 (29)**

Die Entwicklung der Leistungszahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpen in Abb. 3.23 zeigt einen ähnlichen Trend wie die der Luft-Wasser-

Wärmepumpen. Bis 1996 konnte der COP-Durchschnittswert von 3,9 auf etwa 4,4 gesteigert werden. Seitdem haben sich jedoch die Leistungszahlen nicht sonderlich verändert. Im Mittel liegen sie seit 1997 zwischen 4,3 und 4,5. Die gemessenen COP-Werte für Sole-Wasser-Wärmepumpen liegen im Jahr 2008 zwischen 4,07 und 5,05.

An beiden Verläufen wird sichtbar, dass sich die Luft-Wasser- und die Sole-Wasser-Wärmepumpen bzgl. ihrer Leistungszahlen in den letzten Jahren nicht wesentlich verbessert haben. Diese Stagnation kann auf die aktuellen Marktbedingungen zurückzuführen sein. Durch die zunehmende Zahl an Anbietern und dem daraus resultierenden verstärkten Wettbewerb auf dem deutschen Wärmepumpen-Markt stehen bei der Entwicklung neuer Gerätegenerationen möglicherweise die Kostenoptimierung und weniger die Effizienzoptimierung im Vordergrund.

Um einen Überblick über die Effizienz der aktuell auf dem Markt angebotenen Wärmepumpen zu erhalten, wurde vom WPZ eine Summenhäufigkeitsverteilung der COP-Werte der verschiedenen Wärmepumpen-Typen erstellt. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abb. 3.24 zusammengefasst dargestellt. Aufgetragen wurden die seit 2005 gemessenen Wärmepumpen-COP-Werte anhand ihrer Häufigkeit. Hierzu ist anzumerken, dass die Prüfungen der Wärmepumpen nach der neuen Prüfnorm EN 14511 durchgeführt wurden. Dies bedeutet konkret, dass die Messung der Leistungszahlen mit einer senkenseitigen Temperaturdifferenz von 5 K durchgeführt wurde (vergl. EN 255.: $\Delta T = 10$ K). Die Auswertungen des WPZ zeigen, dass die COP mit der höheren senkenseitigen Temperaturspreizung von 10 K um ca. 5 bis 10 % besser ausfallen.

Aus den Ergebnissen der Summenhäufigkeitsverteilung in Abb. 3.24 lassen sich folgende Aussagen treffen (29):

- 81 Prozent der geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen besitzen unter der Prüfbedingung A2/W35 einen COP von mindestens 3,0.
- 87 Prozent der geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpen besitzen unter der Bedingung B0/W35 einen COP von mindestens 4,0
- Alle geprüften Wasser-Wasser-Wärmepumpen besitzen unter der Bedingung W10/W35 einen COP von mindestens 4,5 und 87 Prozent der Anlagen besitzen einen COP von mindestens 4,9.

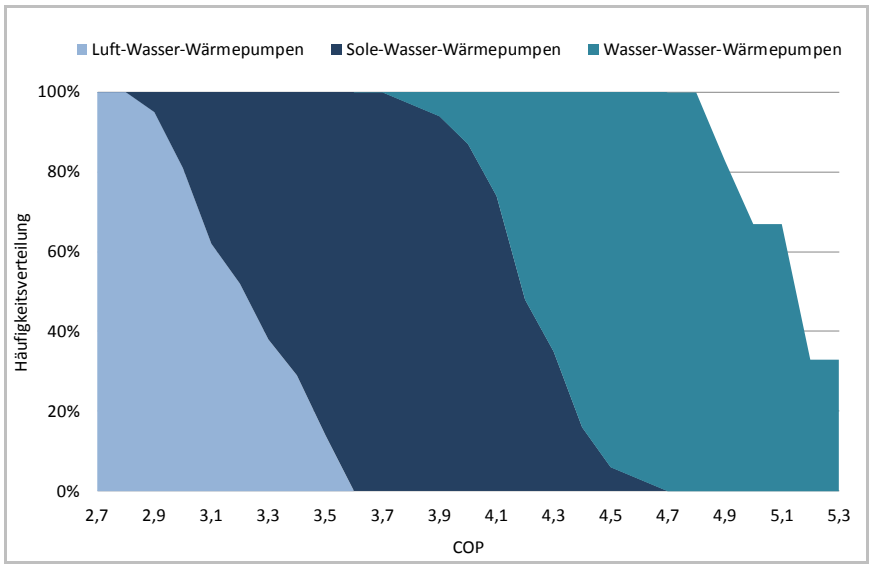



**Abb. 3.24: Summenhäufigkeitsverteilung der COP-Werte von Wärmepumpen bei A2/W35, B0/W35 und W10/W35 (29)**

### 3.7.2. Jahresarbeitszahlen

Als Bewertungskriterium für die energetische Effizienz einer Wärmepumpenanlage in der Praxis wird häufig die Jahresarbeitszahl (JAZ) verwendet. Sie gibt das über ein Jahr ermittelte Verhältnis von bereitgestellter Nutzwärme für Heizung und Warmwasser (in kWh) bezogen auf die eingesetzte elektrische Energie der Wärmepumpe (in kWh) an. Die elektrische Energie der Wärmepumpe enthält neben der aufgewendeten Energie für den Verdichter auch die Energien für die Sole-, Brunnenpumpe oder den Ventilator sowie gegebenenfalls die Energie des Heizstabes. Der Heizstab wird üblicherweise zur Überbrückung von Phasen verwendet, an denen die Wärmepumpe alleine den Heizwärmebedarf, z.B. wegen zu niedrigen Wärmequellentemperaturen, nicht vollständig decken kann.

Einen Überblick über die energetische Effizienz von Heizwärmepumpen im praktischen Einsatz liefern die Ergebnisse der beiden Wärmepumpen-Feldtests des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) (23) (30). In diesen beiden Monitoring-Projekten wurden ca. 105 Wärmepumpen im Neubau (WP-Effizienz) und 75 Wärmepumpen im Gebäudebestand (WP im Gebäudebestand) untersucht. Die rund 180 Wärmepumpen verteilen sich auf das gesamte Bundesgebiet. Die untersuchten Anlagen stellen somit einen guten Querschnitt des Wärmepumpenbestands dar und stehen repräsentativ für die in Deutschland installierten Wärmepumpenheizungen.

Angaben zu den beiden Feldtests und allgemeine Informationen zu den untersuchten Anlagen und den Gebäuden sind in Tab. 3.4 zusammengetragen.

**Tab. 3.4: Projektinformationen zu den Wärmepumpen-Feldtests des Fraunhofer ISE (27)**

| Projekt | WP-Effizienz | WP im Gebäudebestand |
|---|---|---|
| **Untersuchte Anlagen** | ca. 105 Wärmepumpensysteme in neuen Einfamilienhäusern | 75 Wärmepumpensysteme in unsanierten Bestandsgebäuden (Ersatz für Ölkessel) |
| **Projektdauer** | 2005 bis 2010 | 2006 bis 2009<br>Verlängerung mit 20 Anlagen bis 2010 |
| **Wärmequellen** | Erdreich: 68 Anlagen<br>Luft: 26 Anlagen<br>Grundwasser: 7 Anlagen | Erdreich: 38 Anlagen<br>Luft: 35 Anlagen<br>Grundwasser: 2 Anlagen |
| **Baujahr der Gebäude** | Nach 2004 | 44 % vor 1970<br>34 % 1971 bis 1990<br>22 % nach 1990 |
| **Mittlere beheizte Nutzfläche** | 194 m² | 190 m² |
| **Heizwärmebedarf (Heizung und Warmwasser)** | < 100 kWh/(m²a) | Basis Heizölverbrauch:<br>180 kWh/(m²a) |
| **Installierte Heizleistung** | 5 bis 10 kW<br>im Mittel: 8 kWth | < 20 kW<br>im Mittel: 13 kWth |

Charakteristisch für den Einsatz von Wärmepumpen in Neubauten und in Bestandsgebäuden sind die sehr unterschiedlichen Anforderungsprofile, die an die Anlagen gestellt werden. Der Heizwärmebedarf der Gebäude im Projekt WP-Effizienz liegt bei maximal 100 kWh/(m²a). Der mittlere Heizwärmebedarf in den Bestandsgebäuden liegt bei 180 kWh/(m²a). Auch in der installierten Heizleistung unterscheiden sich die Anlagen. Im Neubau sind Wärmepumpen mit einer Heizleistung zwischen 5 und 10 kW installiert. Die durchschnittliche installierte Leistung liegt bei 8 kWth.

Im Gebäudebestand kommen Anlagen bis zu 20 kW Heizleistung zum Einsatz. Hier liegt die mittlere installierte Heizleistung bei 13 kWth. Die Wärmeversorgung im Neubaubereich erfolgt fast ausschließlich über Fußbodenheizungen, während im Gebäudebestand vor allem Radiatoren oder ein Kombination aus Radiatoren und Fußbodenheizung verwendet werden (Abb. 3.25).

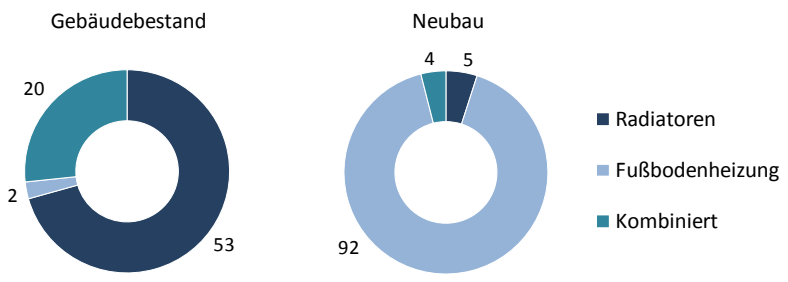



**Abb. 3.25: Aufteilung der Wärmeverteilsysteme zur Gebäudeheizung im Gebäudebestand und im Neubau (27)**

Heizungssysteme mit Radiatoren benötigen üblicherweise Vorlauftemperaturen zwischen 50° bis 60°C, Fußbodenheizungen dagegen in der Regel Temperaturen von 35° bis 40°C. Je größer der Temperaturhub, d.h. die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke, den die Wärmepumpe überwinden muss, desto geringer ist die Effizienz der Wärmepumpe. Da das Erdreich über das Jahr relativ konstante Temperaturen aufweist (Kapitel 3.2.1), besitzen Sole-Wasser-Wärmepumpen in Kombination mit einem großflächigen Wärmeverteilungssystem (z.B. Fußbodenheizung) bzgl. der energetischen Effizienz die günstigsten Voraussetzungen. Wird die Außenluft als Wärmequelle genutzt, haben besonders Anlagen in Kombination mit Radiatoren eine geringere Effizienz, als erdgekoppelte Systeme oder Systeme mit einer Fußbodenheizung. Neben den höheren Vorlauftemperaturen wirken sich vor allem die schwankenden Temperaturen der Außenluft negativ auf die Effizienz dieser Anlagen aus.

Die in Abb. 3.26 dargestellten Ergebnisse der beiden Feldtests bzgl. der energetischen Effizienz der Wärmepumpen im Jahr 2008 bestätigen diese Aussagen. Die JAZ wurden als Mittelwert über alle untersuchten Anlagen angegeben. Im Neubaubereich wurde für das Jahr 2008 von den Sole-Wasser-Wärmepumpen eine mittlere JAZ von 3,8 erreicht. Die mittlere JAZ der Luft-Wasser- und der Wasser-Wasser-Wärmepumpen liegen bei 3,0 bzw. bei 3,5.

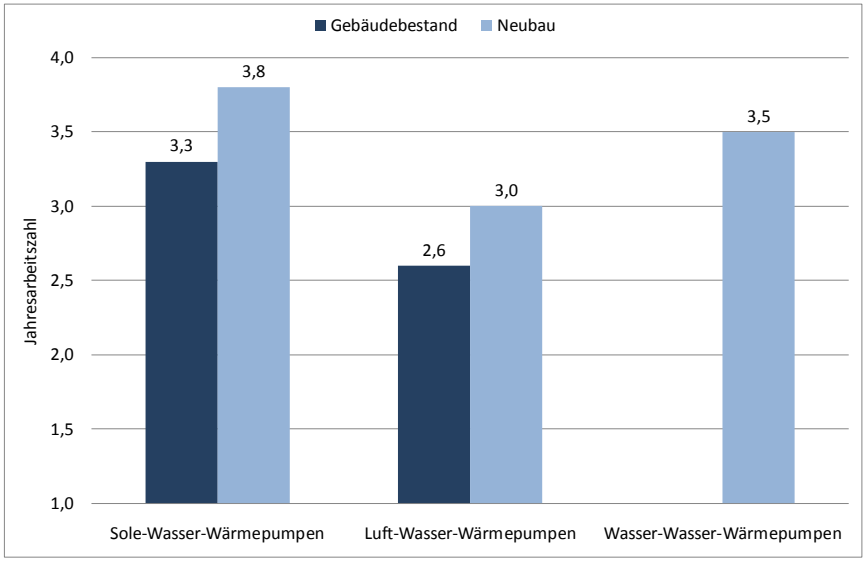



**Abb. 3.26: Wärmepumpen-Feldtest – JAZ von Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (23) (30)**

Obwohl Wasser-Wasser-Wärmepumpen bzgl. der Wärmequellentemperatur die günstigsten Voraussetzungen für den effizienten Betrieb haben, fällt die JAZ geringer aus, als bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen. Dies liegt vor allem an der hohen elektrischen Leistungsaufnahme der Brunnenpumpe, die in die Berechnung der Jahresarbeitszahl mit einbezogen werden muss.

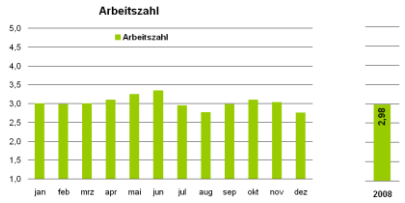
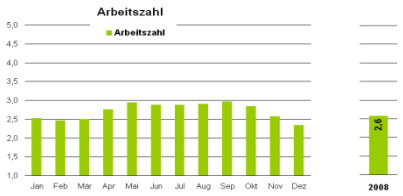
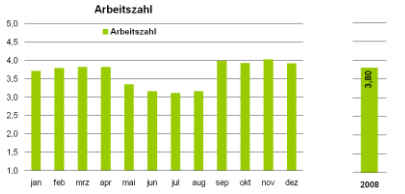
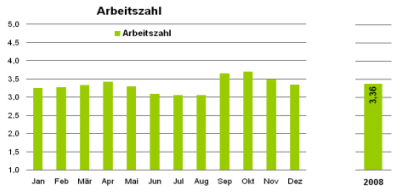
Die untersuchten Sole-Wasser-Wärmepumpen im Gebäudebestand hatten im Jahr 2008 eine mittlere JAZ von 3,3. Die Luft-Wasser-Wärmepumpen erreichten dagegen eine mittlere JAZ von 2,6. Die beiden im Projekt vertretenen Wasser-Wasser-Wärmepumpen wurden nicht in die Darstellung mit aufgenommen.

Anhand des in Tab. 3.5 dargestellten jahreszeitlichen Verlaufs der Arbeitszahlen wird deutlich, dass sich die Effizienz der Anlagen im Sommer verschlechtert. Dies liegt vor allem daran, dass Wärmepumpen in den Sommermonaten zur Brauchwassererwärmung verwendet werden. Hierfür sind üblicherweise Temperaturen von über 50°C notwendig. Im Gebäudebestand ist dieser Trend der geringeren Effizienz während der Sommermonate weniger stark ausgeprägt, da die Temperaturen für Heizung und Warmwasser ähnlich hoch sind. Über ein gesamtes Jahr besitzen die Wärmepumpen in den Monaten Mai, Juni und September, Oktober die höchsten Effizienzwerte. In diesen Monaten herrschen bzgl. der Temperaturen der Außenluft und des Erdreichs günstige Verhältnisse für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe. Zudem ist der Heiz-

wärmebedarf in den Gebäuden noch nicht so groß, wie in den Wintermonaten.

Die bisherigen Ergebnisse der Wärmepumpen-Feldtests des Fraunhofer ISE zeigen, dass keine pauschalen Aussagen zur Effizienz von Wärmepumpen unter realen Nutzungsbedingungen getroffen werden können. Die JAZ hängt von einer Vielzahl von Randbedingungen ab. Hier sind vor allem die genutzte Wärmequelle und das vorhandene Wärmeverteilsystem zu nennen. Daneben spielen jedoch ebenfalls die Komplexität der Anlage, der Anlagenstandort, das Nutzerverhalten und die Qualität der Installation eine wichtige Rolle bei der Effizienzbetrachtung von Wärmepumpen.

**Tab. 3.5: Verlauf der Arbeitszahlen der im Jahr 2008 untersuchten Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (27)**

| WP-Effizienz | WP im Gebäudebestand |
|---|---|
| *Luft*   | *Luft*   |
| *Erdreich*   | *Erdreich*   |

Um die Ergebnisse der Wärmepumpen-Feldtests des Fraunhofer ISE besser abschätzen und einordnen zu können, wurden weitere Zahlen von bisher durchgeführten Felduntersuchungen von Wärmepumpen herangezogen. Hierzu zählen die Untersuchungsergebnisse von Feldstudien der E.ON Energie AG (31), der Lokalen Agenda 21-Gruppe Energie Lahr (32), des Informationszentrums Wärmepumpen und Kältetechnik (IZW) (33) sowie die vom Schweizer Bundesamt für Energie in Auftrag gegebene Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen (FAWA) (22). Die hierbei ermittelten JAZ sind in Tab. 3.6 zusammenfassend dargestellt. Die in Klammern angegebenen Werte stellen, sofern vorhanden, die Anzahl der untersuchten Wärmepumpenanlagen dar.

**Tab. 3.6: Übersicht über in verschiedenen Wärmepumpen-Feldtests ermittelte JAZ sowie in GEMIS 4.5 verwendete JAZ (in Klammern: Anzahl der untersuchten Anlagen) (23) (30) (32) (22) (33) (31) (34)**

| | | Sole-Wasser-Wärmepumpen | Luft-Wasser-Wärmepumpen | Wasser-Wasser-Wärmepumpen |
|---|---|---|---|---|
| Wärmepumpen-Feldtests | **ISE (Neubau, 2009)** | 3,8 (68) | 3 (26) | 3,5 (7) |
| | **ISE (Bestand, 2009)** | 3,3 (38) | 2,6 (35) | - |
| | **E.ON (2004)** | 3,6 (14) | 2,7 (1) | 3,15 (2) |
| | **Lok.Agenda21-Gruppe Energie Lahr (2008)** | 3,4 (13) | 2,8 [1] (7)<br>2,4 [2] (5) | 3,2 (7) |
| | **IZW (2003)** | 3,32 (7) | 2,98 (7) | 3,76 |
| | **FAWA (2004)** | 3,5 (~100) | 2,7 (~100) | - |
| GEMIS 4.5 | **BEI (1998)** | 4,6 | 3,2 | 4,9 |
| | **LBST (1997)** | 4 | 3 | 4,5 |
| | **IZW (1999)** | 3,8 | 3,3 | 3,25 |
| | **GEMIS-Stammdaten** | 3,9 | 3,25 | 4,25 |

[1] Fußbodenheizung, [2] Heizkörper

Zum Vergleich sind in Tab. 3.6 die in der aktuellen Version von GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) angegebenen JAZ von Wärmepumpen für Niedertemperatur-Heizsysteme dargestellt. Die in GEMIS 4.5 verwendeten JAZ basieren auf Untersuchungen, die vom Bremer Energie Institut (BEI), der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) und dem IZW in den 90er Jahren durchgeführt wurden (34).

Den einzelnen Feldtests und den GEMIS-Zahlen liegen zum Teil sehr unterschiedliche Randbedingungen zu Grunde, die sich beispielsweise in der Anzahl und Auswahl der Objekte, der Art der Messwerterfassung, der Art des Heizungssystems oder dem Verfahren zur Berechnung der JAZ äußern. Somit ist ein Vergleich der Feldtest-Ergebnisse untereinander nur schwer möglich. Auf Grundlage der Anzahl an untersuchten Anlagen im Feld stellen die Ergebnisse der FAWA und des ISE statistisch gesehen die belastbarsten Ergebnisse dar.

# 4. Investitionskosten, Förderprogramme und Finanzhilfen für Wärmepumpenanlagen

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die derzeitigen Investitionskosten von Wärmepumpenanlagen im privaten Bereich. Zudem werden die aktuellen Gerätepreise für Anlagen im Ein- und Zweifamilienhausbereich dargestellt. Im Rahmen einer Betrachtung der aktuellen und früheren Förderprogramme wird untersucht, in welchem Umfang Wärmepumpen auf Bundes- und Landesebene gefördert werden. Neben der Analyse der aktuellen bundesweiten Förderprogramme und Finanzhilfen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW-Bank) und des Bundesamtes für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (BAFA) werden auch die regionalen Programme der einzelnen Bundesländer dargestellt.

## 4.1. Investitionskosten für Wärmepumpen

Ausschlaggebend für die Investitionskosten einer Wärmepumpenanlage sind zum einen der Gerätepreis, der abhängig von der Heizleistung der Anlage ist, und zum anderen die Kosten für die Wärmequellenerschließung. Für Sole-Wasser-Wärmepumpen fallen Kosten für die Bohrung und das Verlegen der Erdsonden an. Für Wasser-Wasser-Wärmepumpen sind Brunnenbauarbeiten notwendig. Neben der Bauausführung durch einen zertifizierten Fachbetrieb werden in der Regel noch entsprechende Genehmigungen oder Gutachten für die Erdbohrungen bzw. für die Nutzung des Grundwassers benötigt.

Die Kosten für die Wärmequellenerschließung machen somit bei der Nutzung dieser Wärmequellen einen großen Anteil der Gesamt-Investitionskosten aus. Bei der Installation einer Wärmepumpenheizung fallen in der Regel noch weitere Kosten an, z.B. für die Installation eines Pufferspeichers oder Trinkwasserspeichers, für Umwälzpumpen, Ventile, Heizungsrohre sowie deren Montage.

Einen Überblick über die Summe der Investitionskosten (Angaben in Netto) für Wärmepumpenanlagen liefert die Förderstatistik der BAFA (35). Im Rahmen der Förderung im Marktanreizprogramm muss der Antragsteller die Investitionskosten der Wärmepumpeninstallation in Form einer Rechnungskopie nachweisen. Daraus ergibt sich für das Jahr 2008 insgesamt ein Investitionsvolumen für Wärmepumpenanlagen von rund 298 Mio. Euro.

Bei 17.504 geförderten Anlagen entspricht dies einem mittleren Investitionsvolumen pro Wärmepumpenanlage von etwa 17.000 Euro. Die durchschnittlichen Nettoinvestitionskosten der geförderten Anlagen differenziert nach Wärmequelle und Installationsort sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

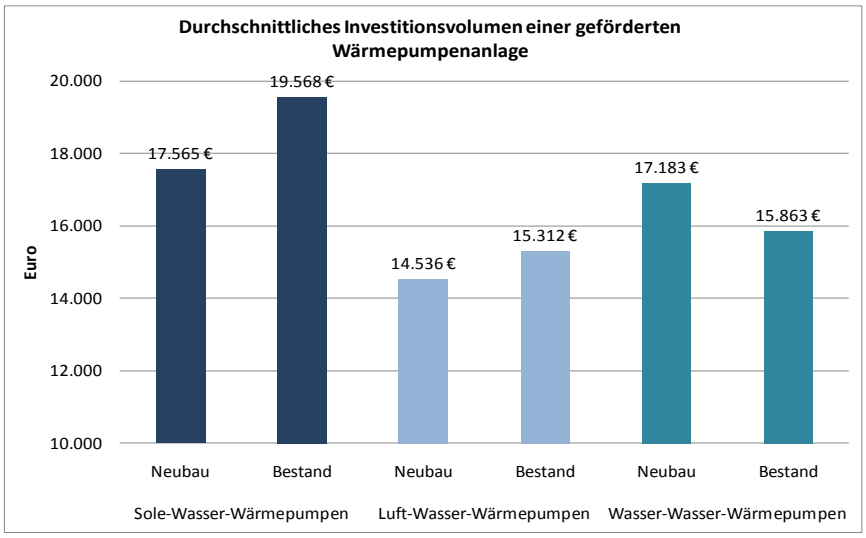



**Abb. 4.1: Mittlere Nettoinvestitionskosten der durch die BAFA geförderten Wärmepumpenanlagen (35)**

Wie anhand der Abb. 4.1 erkennbar ist, sind die durchschnittlichen Investitionskosten für Luft-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen im Gebäudebestand höher als im Neubaubereich. Dies ist vor allem durch die allgemein höheren Heizleistungen der Anlagen, die im Gebäudebestand eingesetzt werden, zu erklären.

Die durchschnittlichen Investitionskosten für Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen im Gebäudebestand mit 15.312 Euro um ca. 5 % über denen im Neubau (14.536 Euro). Bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen liegen die mittleren Investitionskosten im Neubaubereich bei 17.565 Euro und im Gebäudebestand bei 19.568 Euro. Dies entspricht einer Differenz von ca. 11 %. Die Mehrkosten für die Installation einer Sole-Wasser-Wärmepumpe werden vor allem durch das Verlegen der notwendigen Erdwärmetauscher (Sonden, Kollektoren, etc.) verursacht.

Eine Ausnahme stellen die Wasser-Wasser-Wärmepumpen dar. Mit 1.725 geförderten Wasser-Wasser-Wärmepumpen wurden im Vergleich zu den beiden anderen Wärmepumpentypen verhältnismäßig wenig Anlagen gefördert (Luft: 5.767 Anlagen, Sole: 10.011 Anlagen). Daher wirken sich statistische Ausreißer bzw. Abweichungen bei den Investitionskosten stärker aus als bei den Luft- und Sole-Wasser-

Wärmepumpen. Ein weiterer Grund für die höheren Investitionskosten für Wasser-Wasser-Wärmepumpen im Neubau sind die fehlenden Brunnenbohrungen. Im Bestandsgebäude lohnt sich die Installation einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe, wenn schon ein Brunnen auf dem Grundstück vorhanden ist. Somit können Kosten für die notwendigen Brunnenbauarbeiten reduziert werden. Dies führt dazu, dass Wasser-Wasser-Wärmepumpen im Neubau mit 17.183 Euro ein höheres durchschnittliches Investitionsvolumen haben als die Anlagen im Gebäudebestand (15.863 Euro).

Die reinen Gerätekosten einer Wärmepumpe sind in Abb. 4.2 dargestellt. Hierbei handelt es sich um die durchschnittlichen Gerätepreise für eine Wärmepumpe mit einer maximalen Heizleistung von 15 kW.

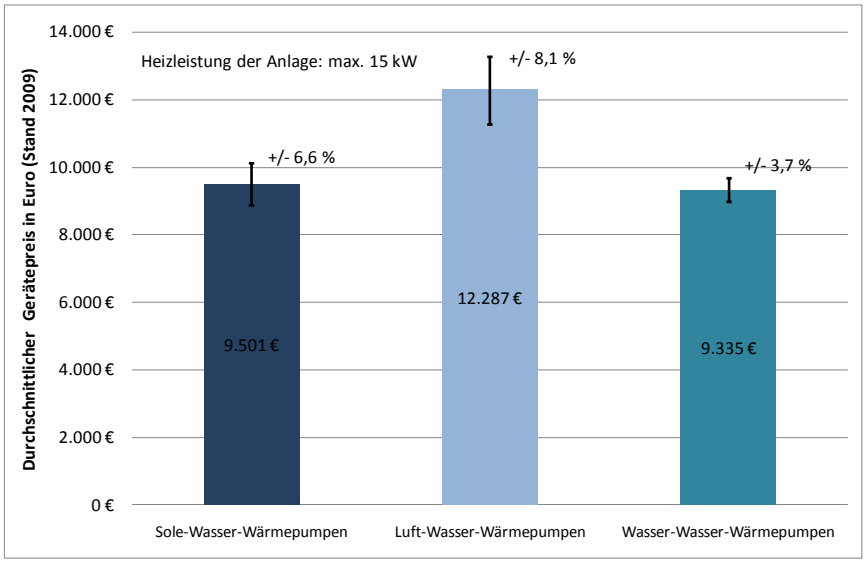



**Abb. 4.2: Durchschnittlicher Netto-Gerätepreis für eine Wärmepumpe mit einer Heizleistung von max. 15 kW (Stand April 2009) (36)**

Im Rahmen einer Marktübersicht der Zeitschrift *Haus und Energie* wurden unverbindliche Preisempfehlungen für eine Wärmepumpe zur Beheizung eines Ein- oder Zweifamilienhauses bei den Herstellern eingeholt. Die Preise beziehen sich auf eine Anlage bis maximal 15 kW Heizleistung mit funktionsfähiger Grundausstattung exkl. 19 % MwSt. Nicht im Preis enthalten sind alle Installationen, die rund um die eigentliche Anlage noch notwendig sind sowie die dazugehörigen Montagearbeiten, Material und die Wärmequellenerschließung. Dargestellt sind ebenfalls die durchschnittlichen Preisspannen, in denen sich die Preisangaben für die Geräte bewegen.

Insgesamt liegen zu 56 Sole-Wasser-, 51 Luft-Wasser- und 35 Wasser-Wasser-Wärmepumpen unverbindliche Preisempfehlungen vor. Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen haben einen durchschnittlichen Gerätepreis von 9.501 Euro bzw. 9.335 Euro. Damit sind sie um rund 2.700 Euro günstiger als die Luft-Wasser-Wärmepumpen, deren durchschnittlicher Netto-Gerätepreis bei 12.287 Euro liegt. (Hierbei ist anzumerken, dass die Preisspanne bei den Luft-Wasser-Wärmepumpen mit rund 1.000 Euro am größten ist.)

Ein Vergleich der Investitionskosten mit dem Gerätepreis zeigt den hohen Kostenanteil für die Wärmequellenerschließung bei erdgekoppelten Anlagen. Während bei den Luft-Wasser-Wärmepumpen der Gerätepreis 80 bis 85 Prozent der Investitionskosten ausmacht, liegt der Gerätepreisanteil bei den erdgekoppelten Anlagen je nach Gebäudeart bei rund 50 bis 60 Prozent der Investitionskosten. Die übrigen 40 bis 50 Prozent der Investitionskosten machen bei diesem Anlagentyp die Kosten für die Wärmequellenerschließung sowie für die weiteren Installations- und Montagearbeiten auf Wärmesenkenseite aus (siehe Abb. 4.3).

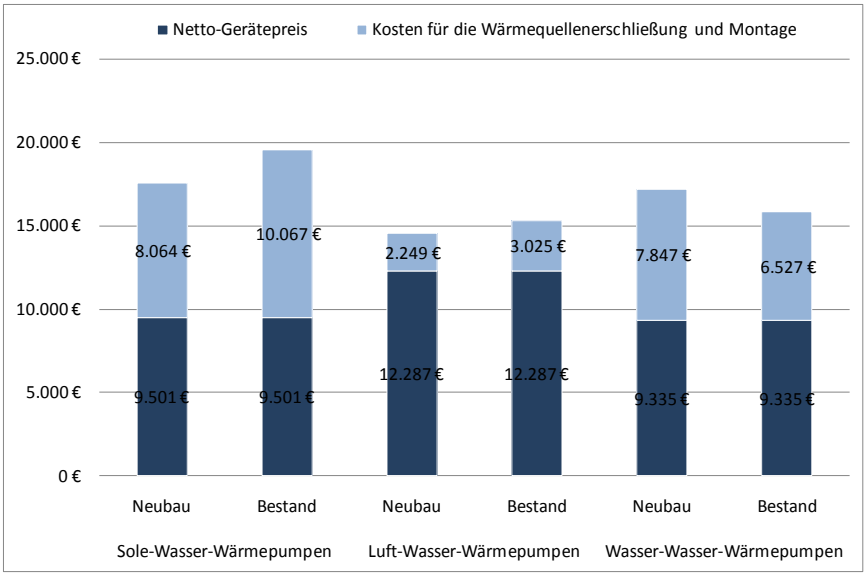



**Abb. 4.3: Anteile der Gerätekosten und Kosten für die Wärmequellenerschließung an den Gesamt-Investitionskosten für Wärmepumpen (35) (36)**

## 4.2. Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes

Seit Januar 2008 werden in Deutschland Wärmepumpen im Marktanreizprogramm (MAP) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) staatlich gefördert. Des Weiteren werden Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung durch Zuschüsse und Darlehen im Rahmen der Förderprogramme der KfW-Bank finanziell unterstützt. Ziel der staatlichen Förderung von Wärmepumpen ist es, durch Investitionsanreize den Absatz von Technologien der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt zu stärken und so zur Senkung deren Kosten und zur Verbesserung von deren Wirtschaftlichkeit beizutragen. Durch zinsgünstige und langfristige Finanzierungsmöglichkeiten im Rahmen der KfW-Programme sollen Investitionen für Maßnahmen zur $CO_2$-Minderung und Energieeinsparung in Gebäuden gefördert werden.

### 4.2.1. Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien

Im Rahmen des MAP für Erneuerbare Energien werden seit dem 01. Januar 2008 die Errichtung von Wärmepumpenanlagen in Neubauten und Bestandsbauten gefördert. Die für die Förderung sogenannten anrechenbaren Nettoinvestitionskosten setzen sich aus allen Kosten zusammen, die die Wärmepumpe betreffen. Dazu zählen Kosten für die Anlagenplanung, die Wärmequellenerschließung, das Material (Wärmepumpenaggregat, Anschlussmaterial und ggf. Pufferspeicher) sowie die Montage. Die Grenze für die Beurteilung der Nettoinvestitionskosten ist der Anschluss an die Wärmeverteilung (37).

Einen Überblick zu den aktuellen Förderhöhen für Wärmepumpen bei Neubauten oder Bestandsbauten zeigt die Tab. 4.1

**Tab. 4.1: Basisförderung von Wärmepumpen im MAP (37)**

| Basisförderung im Neubau | Basisförderung im Gebäudebestand |
|---|---|
| 10 € je m² Wohnfläche, bzw. beheizte Nutzfläche, max. 2.000 € je Wohneinheit. Bei mehr als 2 WE oder Nichtwohngebäuden max. 10 % der Nettoinvestitionskosten. | 20 € je m² Wohnfläche, bzw. beheizte Nutzfläche, max. 3.000 € je Wohneinheit. Bei mehr als 2 WE oder Nichtwohngebäuden max. 15 % der Nettoinvestitionskosten. |

| | |
|---|---|
| Bei Luft-Wasser-WP beträgt die Förderung 5 € je m² Wohnfläche, bzw. beheizte Nutzfläche, max. 850 € je Wohneinheit. Bei mehr als 2 WE oder Nichtwohngebäuden max. 8 % der Nettoinvestitionskosten. | Bei Luft-Wasser-WP beträgt die Förderung 10 € je m² Wohnfläche, bzw. beheizte Nutzfläche, max. 1.500 € je Wohneinheit. Bei mehr als 2 WE oder Nichtwohngebäuden max. 10 % der Nettoinvestitionskosten. |
| In Neubauten mit Bauantrag nach 1.1.09 beträgt die Basis-Förderung 75 % der o.g. Beträge. | |

Damit eine Wärmepumpe als förderfähig eingestuft werden kann, muss sie bestimmte Standards erfüllen. Als Kriterium dient hierbei die Jahresarbeitszahl, die mit Hilfe von Stromzählern (bzw. Gaszähler) und Wärmemengenzähler vom Anlagenbetreiber ermittelt wird. Durch die Förderanforderungen soll sichergestellt werden, dass die geförderten Wärmepumpen auch tatsächlich einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Wärmepumpe muss dabei folgende Mindest-Jahresarbeitszahlen aufweisen (Tab. 4.2):

**Tab. 4.2: Förderanforderungen von Wärmepumpen im MAP (37)**

| Neubau | Gebäudebestand |
|---|---|
| JAZ ≥ 4,0 bei Sole-Wasser-WP und Wasser-Wasser-WP | JAZ ≥ 3,7 bei Sole-Wasser-WP und Wasser-Wasser-WP |
| JAZ ≥ 3.5 bei Luft-Wasser-WP | JAZ ≥ 3,3 bei Luft-Wasser-WP |

Für weitere bauliche Maßnahmen im Zuge der Wärmepumpeninstallation, d.h. Einbau einer Solaranlage, gute Wärmedämmung des Gebäudes oder der Einbau von Hocheffizienzpumpen wird eine Bonusförderung gewährt. Dies gilt ebenso für Anlagen, die eine besonders hohe Effizienz nachweisen können. Für solche Anlagen kann ein Antrag auf Innovationsförderung gestellt werden.

Im Jahr 2008 wurden insgesamt 34.863 Förderanträge für Wärmepumpenanlagen bei der BAFA eingereicht (35). Darunter befinden sich 9.459 Anträge, zu denen bislang noch keine Differenzierung nach Wärmepumpentyp möglich ist, sowie 10 Anträge für spezielle Wärmepumpentypen wie z.B. Gas-Wärmepumpen.

Diese Anträge wurden in der Gesamtaufstellung in Abb. 4.4 zur besseren Vergleichbarkeit der Daten nicht berücksichtigt. Tatsächlich gefördert wurden insgesamt 17.504 Anlagen, darunter eine Anlage, die nicht nach Luft, Wasser oder Sole klassifiziert werden konnte. Der Anteil der tatsächlich geförderten Anlagen zur Gesamtanzahl der gestellten Förderanträge liegt bei 69 %.

Die Förderquote im Jahr 2008, d.h. der Anteil der geförderten Anlagen im Verhältnis zum Wärmepumpenabsatz, liegt für Sole-Wasser und für Wasser-Wasser-Wärmepumpen bei 33 % bzw. 39 %. Für Luft-Wasser-Wärmepumpen liegt die Förderquote bei 21 %. Für alle Wärmepumpenanlagen lag die Quote im Jahr 2008 bei 28 %.

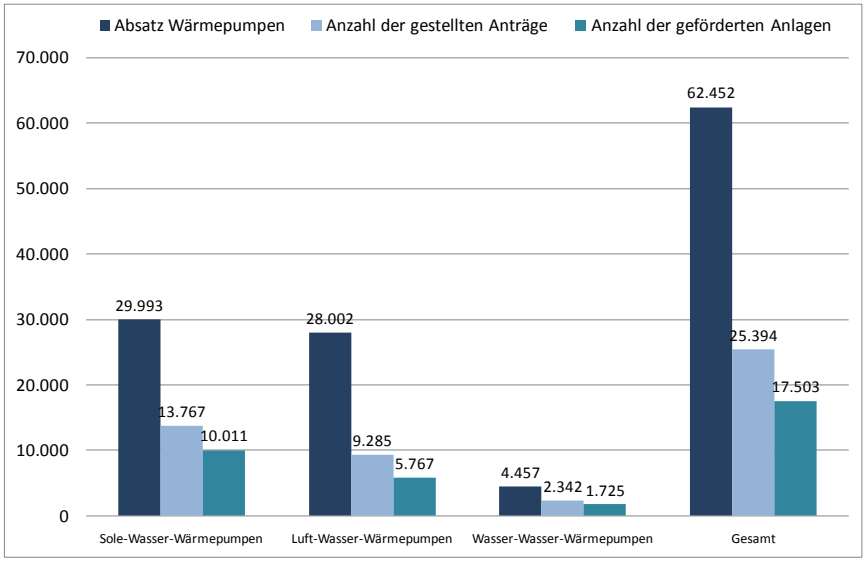



**Abb. 4.4: Gesamtübersicht Absatz Wärmepumpen, Anzahl der gestellten Förderanträge und Anzahl der geförderten Anlagen im Jahr 2008 (35)**

Eine Differenzierung der im Jahr 2008 geförderten Wärmepumpen nach genutzter Wärmequelle und Gebäudeart, d.h. Neubau oder Bestandsgebäude, ist in Abb. 4.5 dargestellt.

Bundesweit wurden im letzten Jahr rund 10.000 Sole-Wasser-Wärmepumpen gefördert. Dies entspricht einem Anteil von 57 %. Von diesen Anlagen wurden etwa 70 % im Neubau und rund 30 % im Gebäudebestand installiert. Der Anteil der geförderten Luft-Wasser-Wärmepumpen liegt bei insgesamt 33 % (5.767 Anlagen). Ein Drittel dieser Anlagen wurden in neu errichteten Gebäuden und zwei Drittel im Gebäudebestand installiert.

An der Gesamtanzahl der geförderten Wärmepumpen besitzen die Wasser-Wasser-Wärmepumpen einen Anteil von 10 %. Diese verteilen sich etwa zu gleichen Teilen auf Neubauten und Bestandsgebäude.

An den Zahlen wird deutlich, dass Sole-Wasser-Wärmepumpen überwiegend ihren Absatz im Neubau haben, während Luft-Wasser-Wärmepumpen vermehrt im Gebäudebestand zum Einsatz kommen. Zurückzuführen ist dies vermutlich auf die Tatsache, dass die für die Sole-Wasser-Wärmepumpen notwendigen Erdarbeiten sich im Gebäudebestand oft nur schwer realisieren lassen. Aus diesem Grund werden im Rahmen einer Heizungsmodernisierung im Gebäudebestand häufig Luft-Wasser-Wärmepumpen mit vergleichsweiser unkomplizierter Wärmequellenerschließung den Vorzug gegeben.

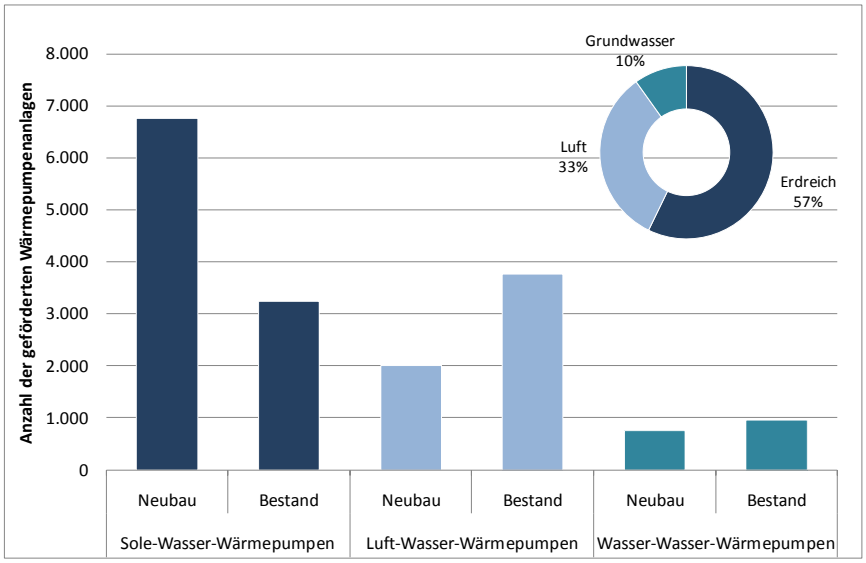



**Abb. 4.5: Anteile der geförderten Wärmepumpentypen im MAP (35)**

Einen Überblick über die durchschnittliche Höhe der Fördermittel, die je Wärmepumpenanlage gewährt wurden zeigt Abb. 4.6. Die Förderhöhen liegen für Anlagen in Bestandsgebäuden im Durchschnitt etwa doppelt so hoch wie für Anlagen in neu errichteten Gebäuden. Dies lässt sich zum einen mit den höheren Investitionskosten der Anlagen (siehe Abb. 4.1) und zum anderen mit den generell unterschiedlichen Förderhöhen im Gebäudebestand und im Neubau erklären.

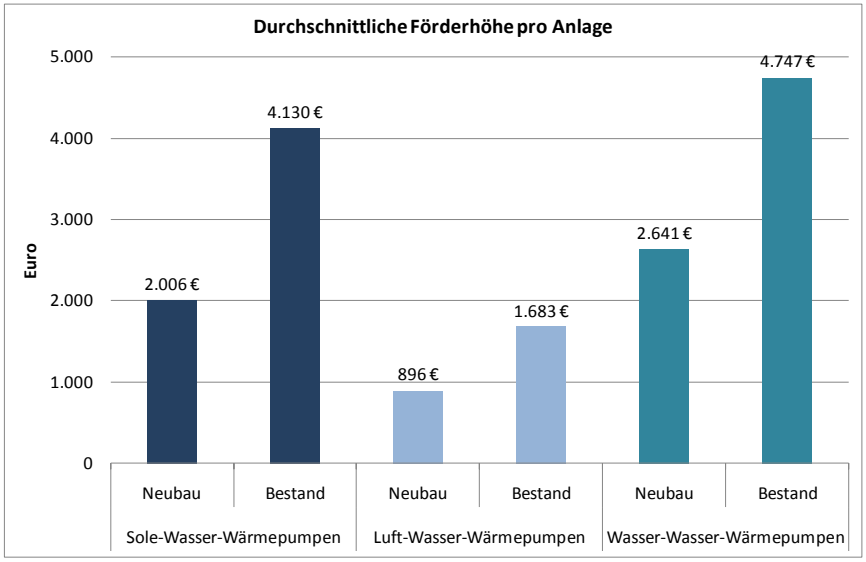



**Abb. 4.6: Durchschnittliche Förderhöhe pro Wärmepumpenanlage (35)**

Die Basisförderung liegt im Neubau bei 10 Euro pro Quadratmeter beheizter Nutzfläche (maximal 2.000 Euro je Wohneinheit) und im Gebäudebestand bei 20 Euro pro Quadratmeter beheizter Nutzfläche (maximal 3.000 Euro je Wohneinheit). Zur durchschnittlichen Förderhöhe in Abb. 4.6 ist anzumerken, dass es sich hierbei um den gesamten Fördermittelabfluss, d.h. die Summe aus Basis-, Bonus-, Effizienz- und Innovationsförderung, handelt. In der Praxis sind jedoch die oben genannten Förderungen nicht untereinander kumulierbar.

Betrachtet man die Gesamtanzahl der Förderanträge für Erneuerbare Energien im Rahmen des MAP (Abb. 4.7), so wird deutlich, dass von den 259.852 gestellten Anträgen im Jahr 2008 die Wärmepumpen einen Anteil von 13 % besitzen. Die Förderung von Solaranlagen macht mit einem Anteil von 66 % den Großteil der gestellten Anträge aus. Bei den verbleibenden 20 % handelt es sich um Anträge zur Förderung von Biomassekessel.

Im Jahr 2009 wurden im MAP von Januar bis Juli insgesamt 139.581 Anträge gestellt. Wovon sich 21.668 Anträge (15,5 %) auf Wärmepumpenanlagen bezogen. Beim Vergleich mit dem Vorjahreszeitraum zeigt sich, dass die Zahl der Anträge im MAP im Jahr 2009 insgesamt (ca. 29 %) und insbesondere in Bezug auf Wärmepumpenanlagen (ca. 39 %) deutlich zugenommen hat.

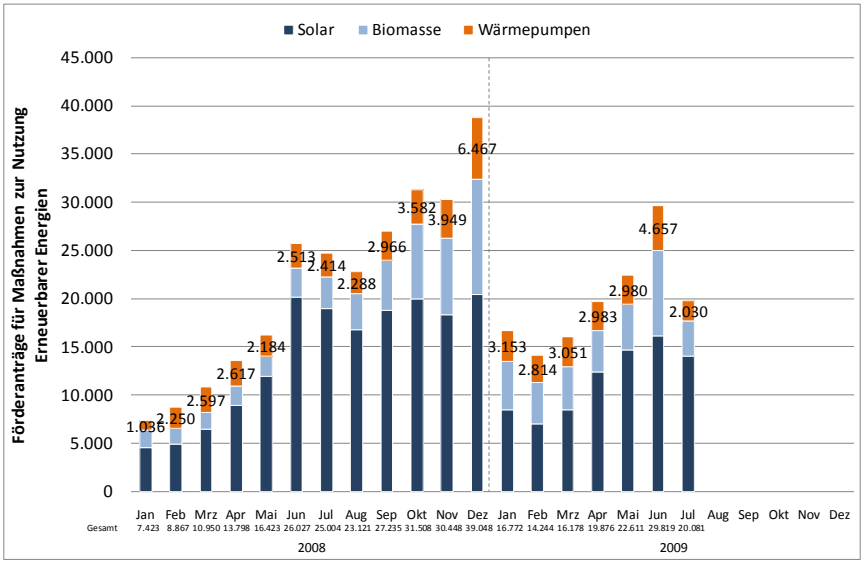



**Abb. 4.7: Förderanträge für Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im MAP (38)**

### 4.2.2. Förderprogramme der KfW-Bank

Die KfW-Bank fördert in Deutschland Maßnahmen zur energetischen Sanierung und Modernisierung von Gebäuden mit Hilfe von Zuschüssen und Darlehen. Antragsberechtigt sind Privatpersonen, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen. Der Einsatz von Wärmepumpen wird in verschiedenen KfW-Programmen finanziell unterstützt. Bei der Förderung wird zwischen Krediten an Privatpersonen und an gewerbliche Darlehnsnehmer unterschieden.

Im gewerblichen Bereich werden Wärmepumpen im KfW-Programm *Erneuerbare Energien-Standard* gefördert. Zudem konnten sie in den letzten Jahren im *ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm* bzw. im *KfW-Umweltprogramm* mitfinanziert werden. Da die gewerbliche Nutzung von Wärmepumpen bislang nicht sehr weit verbreitet ist, werden diese bei der KfW-Bank statistisch nicht separat erfasst. Getrennte Angaben zur KfW-Wärmepumpenförderung im gewerblichen und im privaten Bereich können somit nicht gemacht werden.

Im wohnwirtschaftlichen Bereich wird seit diesem Jahr der Einsatz von Wärmepumpen im Rahmen von Einzelmaßnahmen zur Energieeinsparung am Wohngebäude im KfW-Programm *Energieeffizient Sanieren* unterstützt. Dies geschieht entweder durch die Gewährung eines Zuschusses oder mit Hilfe von Darlehen. Des Weiteren besteht in diesem Programm auch die Möglichkeit, für den Einsatz einer Wärmepumpe als Ersatz für eine Nachtstromspeicherheizung eine Sonderförde-

rung in Form eines Zuschusses zu erhalten. Beim Bau oder Kauf eines KfW-Effizienzhauses kann die Finanzierung einer Wärmepumpe über das Programm *Energieeffizient Bauen* erfolgen (39).

Neben diesen aktuellen Förderprogrammen wurde auch in der Vergangenheit der Einsatz von Wärmepumpenheizungen von der KfW-Bank finanziell unterstützt. Einen Überblick über die Programme, in denen seit 1990 Fördergelder für den Einsatz von Wärmepumpen flossen, sind in Tab. 4.3 aufgelistet.

**Tab. 4.3: Auflistung der relevanten KfW-Förderprogramme für Wärmepumpen seit 1990 (39)**

| Programmname | Förderzeitraum |
|---|---|
| *Wohnwirtschaft* | |
| Energieeffizient Sanieren – Kredit, Einzelmaßnahme | seit 2009 |
| Energieeffizient Sanieren – Zuschuss | seit 2009 |
| $CO_2$-Gebäudesanierung – Zuschuss | seit 2007 |
| Ökologisch Bauen | seit 2005 |
| Wohnraum Modernisieren – Öko Plus | seit 2005 |
| $CO_2$-Gebäudesanierungsprogramm | seit 2001 |
| Wohnraum Modernisieren – Standard | 2005 bis 2006 |
| Wohnraum Modernisieren – Mix | 2005 bis 2006 |
| $CO_2$-Minderungsprogramm | 1998 bis 2005 |
| *Infrastruktur* | |
| Kommunalkreditprogramm | 1991 |
| *Umwelt* | |
| KfW-Umweltprogramm | bis 2003 |
| ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm | bis 2003 |

Seit 1990 wurde bei insgesamt 28.714 Förderanträgen der Verwendungszweck „Wärmepumpe“ angegeben. Die finanzielle Unterstützung von Wärmepumpen durch die KfW tritt jedoch erst seit dem Jahr 2004 nennenswert in Erscheinung.

Von 2004 bis heute (August 2009) wurde der Einsatz von 25.700 Wärmepumpen von der KfW-Bank gefördert. Im Zeitraum von 1990 bis 2003 waren es nur rund 3000 Wärmepumpenanlagen, die finanziell unterstützt wurden.

Die Entwicklung der Wärmepumpenförderung durch die KfW-Bank ist in Abb. 4.8 dargestellt (hierbei ist anzumerken, dass in der Statistik der KfW-Bank ab einer Förderanzahl von weniger als 10 Anlagen aus datenschutzrechtlichen Gründen zur exakten Anzahl keine Angaben gemacht wurden). Die durchschnittliche Fördersumme für den Verwendungszweck „Wärmepumpe“ liegt bei rund 20.500 Euro pro Maßnahme. Im relevanten Zeitraum von 2004 bis heute schwanken die durchschnittlichen Finanzhilfen pro Maßnahme von 13.676 Euro im Jahr 2005 bis 21.571 Euro im Jahr 2008.

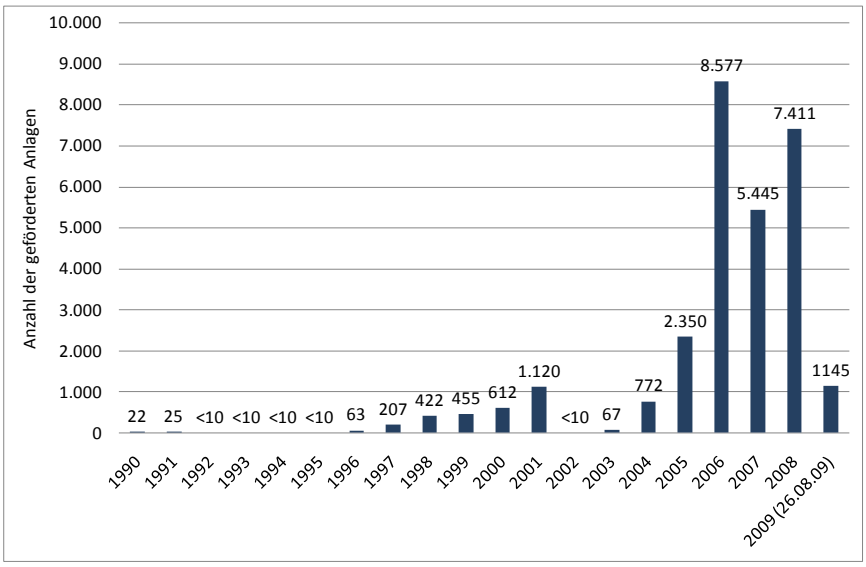



**Abb. 4.8: Gesamtanzahl der von der KfW geförderten Wärmepumpenanlagen (39)**

Eine Übersicht der Fördergelder, die seit 1990 in den verschiedenen KfW-Programmen für Wärmepumpenanlagen gewährt wurden, zeigt die Grafik in Abb. 4.9. Hier wird deutlich, dass in den Förderprogrammen *Ökologisch Bauen* und *Wohnraum Modernisieren Öko-Plus* mit 199,0 bzw. 247,6 Mio. Euro die meisten Fördergelder seit dem jeweiligen Programmstart geflossen sind. Der Anteil der Wärmepumpenförderung am Gesamtvolumen lag im Programm *Wohnraum Modernisieren* im Jahr 2007 bei 6,3 % und im Jahr 2008 bei 10,3 %. Im Programm *Ökologisch Bauen* liegt der Wärmepumpenanteil im Jahr 2007 bei rund 3 % und im Jahr 2008 bei etwa 2 %.

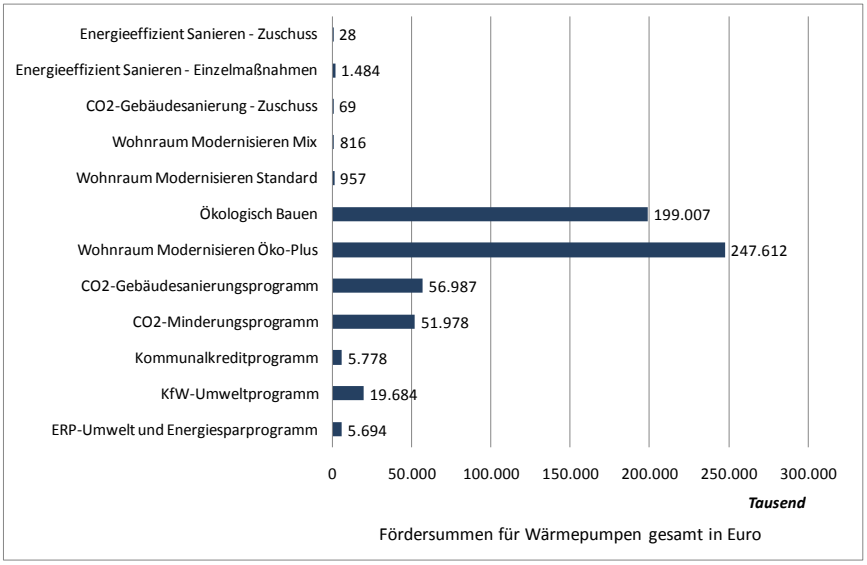



**Abb. 4.9: Gesamte KfW-Fördersumme für Wärmepumpenanlagen seit 1990 (39)**

In den Förderlinien *$CO_2$-Gebäudesanierungsprogramm* und *$CO_2$-Minderungsprogramm* war im Vergleichszeitraum das Gesamtvolumen für Wärmepumpenmaßnahmen mit 56,9 bzw. 51,9 Mio. Euro wesentlich geringer als in den oben genannten Programmen. Zu erwähnen sind noch die Umwelt- und Infrastrukturprogramme der KfW-Bank. Das Fördervolumen dieser Programme lag während ihrer Laufzeit bei rund 5,7 Mio. Euro (*ERP- Umwelt- und Energiesparprogramm* und *Kommunalkreditprogramm*) bzw. rund 20 Mio. Euro (*KfW-Umweltprogramm*). Wie oben erwähnt wurden in diesen Programmen überwiegend Wärmepumpen im gewerblichen Bereich bzw. Anlagen mit Demonstrationscharakter finanziell gefördert.

Die Entwicklung der verschiedenen KfW-Förderprogramme für Wärmepumpen für den Zeitraum von 1990 bis 2009 (Stand: 26.08.09) ist in Abb. 4.10 und Abb. 4.11 dargestellt. Die finanzielle Unterstützung von Wärmepumpensystemen erfolgte in den 90er-Jahren überwiegend in den Umwelt- und Infrastrukturprogrammen der KfW-Bank. Diese Programme richteten sich vor allem an Unternehmen bzw. gewerbliche oder öffentliche Darlehnsnehmer. Der Einsatz von Wärmepumpen erfolgte somit vor allem im Rahmen von Demonstrations- und Einzelprojekten. Eine breitere Förderung von Wärmepumpen im wohnwirtschaftlichen Bereich trat erst seit dem Jahr 1998 mit dem $CO_2$-Minderungsprogramm in Kraft.

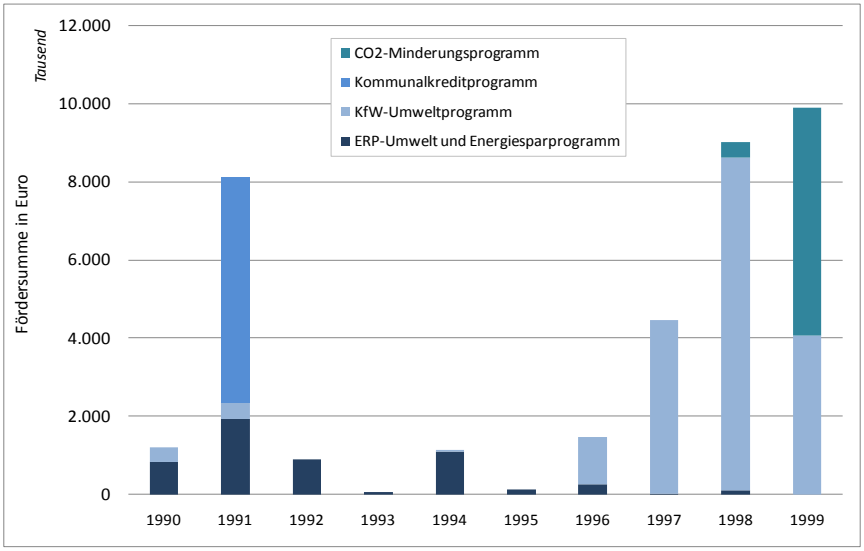



**Abb. 4.10: Fördersummen der KfW-Bank im Bereich Wärmepumpen für den Zeitraum von 1990 bis 1999 (39)**

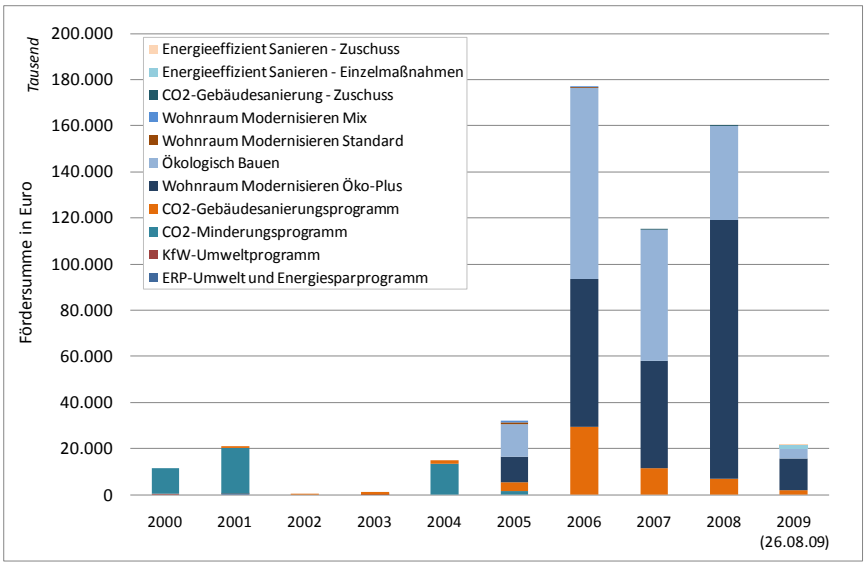



**Abb. 4.11: Fördersummen der KfW-Bank im Bereich Wärmepumpen für den Zeitraum von 2000 bis 2009 (Stand: 26.08.09) (39)**

Ein Vergleich der Fördervolumina für Wärmepumpen zeigt, dass die Förderung im Zeitraum von 1990 bis 2005 auf einem sehr niedrigen Niveau mit wenig jährlich geförderten Anlagen stattfand. Seit dem Jahr 2006 stiegen die Anzahl der geförderten Wärmepumpen und somit auch das jährliche Fördervolumen stark an. Auch die Anzahl der verschiedenen Programme zur Unterstützung von Wärmepumpen veränderte sich im Laufe der Zeit. Während bis 2004 die jährlichen Fördergelder aus zwei bis drei Programmen stammten, so werden aktuell aus insgesamt 6 Förderprogrammen Gelder zur finanziellen Unterstützung von Wärmepumpenmaßnahmen bereit gestellt.

### 4.2.3. Weitere bundesweite Förderprogramme

***100-Mio.-DM-Programm***

Im Zeitraum von 1994 bis 1998 wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) die Nutzung von Erneuerbaren Energien durch Investitionszuschüsse für private Haushalte und Unternehmen im sogenannten *100-Mio.-DM-Programm* gefördert (40).

Insgesamt betrug das Fördervolumen des Programms rund 48 Mio. Euro. Es war als Breitenprogramm angelegt, sollte die Nachfrage stärken und auf diese Weise Marktimpulse in Form von Kostendegression geben. Das Ziel war, die Wirtschaftlichkeit der Nutzung Erneuerbarer Energien zu verbessern.

Neben Solarkollektoren, Wasser- und Windkraftanlagen, Photovoltaik sowie Biogas und Biomasse wurde im zweiten Halbjahr 1995 auch Wärmepumpenanlagen in den Förderkatalog dieses bundesweiten Programms aufgenommen.

Gefördert wurden Wärmepumpen zur Raumheizung und zur Warmwasserbereitung, inkl. Erdreich-Wärmepumpen mit einer Sondentiefe von bis zu 400 m. Als Förderkriterium sollte die Jahresarbeitszahl der Anlagen größer als 3,2 für Luft-Wasser-Anlagen und größer als 3,5 bei den anderen Systemen liegen. Ab 1998 wurden diese Werte auf 3,3 bzw. 3,5 angehoben. Die Förderbeträge lagen bei 150 Euro/kW (später 150 Euro/kW bei Anlagen kleiner 15 kW und 50 Euro/kW bei Anlagen größer 15 kW Heizleistung). Die Höchstgrenze lag bei maximal 10.000 Euro pro Wärmepumpenanlage.

Die Wärmepumpenförderung im BMWi-Programm belief sich auf insgesamt rund 8 Mio. Euro, was einem Anteil am Gesamtfördervolumen von etwa 17 % entsprach. Im Zeitraum von 1995 bis 1998 wurden insgesamt 6.390 Anträge auf Förderung gestellt. Eine anschließende Förderung erhielten insgesamt 3.675 Anlagen. Die durchschnittliche Förderhöhe pro Anlage belief sich auf 2.181 Euro. Eine Darstellung der jährlichen Förderbeträge und Förderfälle der Wärmepumpen im Rahmen des *100-Mio.-DM-Programms* liefert Abb. 4.12.

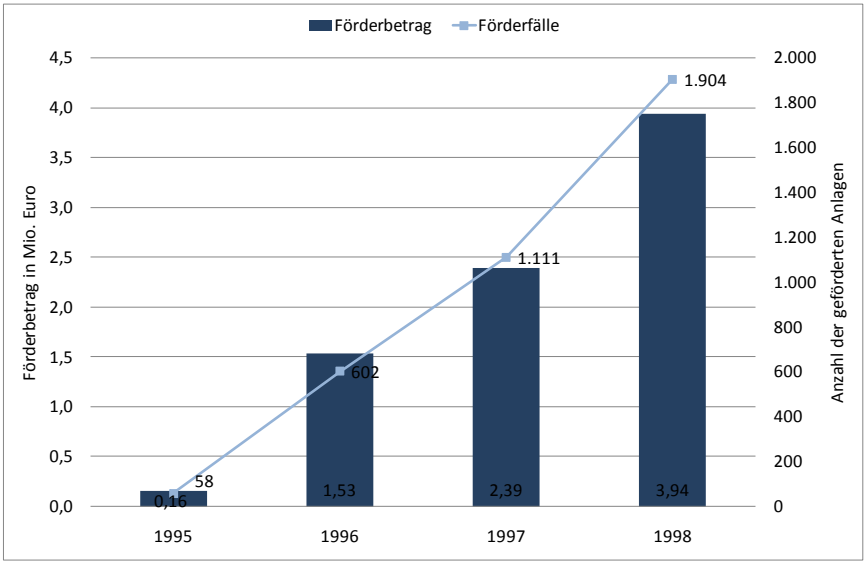



**Abb. 4.12: Fördervolumen und Anzahl der geförderten Wärmepumpenanlagen im 100-Mio.-DM-Programm des BMWi (1995-1998) (40)**

Von den 3.675 geförderten Wärmepumpen wurden 94 % in privaten Wohngebäuden installiert. Rund 5 % fanden ihren Einsatz in gewerblich genutzten Gebäuden. Die restlichen Anlagen wurden in Gebäuden der Landwirtschaft und der Industrie installiert. Der Gesamt-Fördersumme von rund 8 Mio. Euro standen Investitionen für die Wärmepumpenanlagen von rund 52,7 Mio. Euro gegenüber. Dies entspricht einer Förderquote von 15,2 %. Die durchschnittlichen Investitionskosten pro geförderte Anlage lagen bei 14.328 Euro.

***Förderung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien***

Im Zeitraum von 2000 bis 2006 wurden vom BMWi Wärmepumpen im Rahmen der *Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien* deutschlandweit gefördert. Zusätzlich gefördert wurden in dieser Richtlinie die Installation von thermischen Solarkollektoranlagen, Holzfeuerungsanlagen, Biogasanlagen (KWK), Wasserkraftanlagen, Photovoltaikanlagen. Des Weiteren wurden Maßnahmen zur Energieeinsparung gefördert, wenn sie gleichzeitig mit der Installation einer thermischen Solarkollektoranlage oder Wärmepumpenanlage durchgeführt wurden (35).

In diesem Programm, was als Breitenprogramm ausgelegt war, wurde die Errichtung von Wärmepumpen mit 50 Euro pro kW Heizleistung finanziell unterstützt. Die Förderhöhe für Heizwärmepumpen (bis 13 kW) in Kombination mit weiteren Sanierungsmaßnahmen betrug 100 Euro/kW.

Für Anlagen über 13 kW Heizleistung reduzierte sich die Förderung auf 50 Euro/kW. Der Höchstsatz pro Anlage lag bei 10.000 Euro. Antragsberechtigt waren Privatpersonen und gewerbliche Antragsteller.

In den sechs Jahren wurden insgesamt 2.336 Förderanträge beim BMWi gestellt, wovon insgesamt 840 Anlagen eine Förderung erhielten. Die Entwicklung der vom BMWi jährlich geförderten Wärmepumpen ist für diesen Zeitraum in Abb. 4.13 aufgetragen. Der Förderanteil lag bei rund 36 %. Eine nennenswerte Förderung erfolgte lediglich in den Jahren 2000 bis 2002. Auch von der gesamten Fördersumme in Höhe von 1,248 Mio. Euro flossen im Rahmen dieses Programms die meisten Gelder in den Jahren von 2000 bis 2002. Die durchschnittliche Förderung für den Einsatz einer Wärmepumpe lag bei 1.485 Euro. Die Förderquote, d.h. der Anteil der Förderung an den Investitionskosten lag durchschnittliche bei 5,6 %.

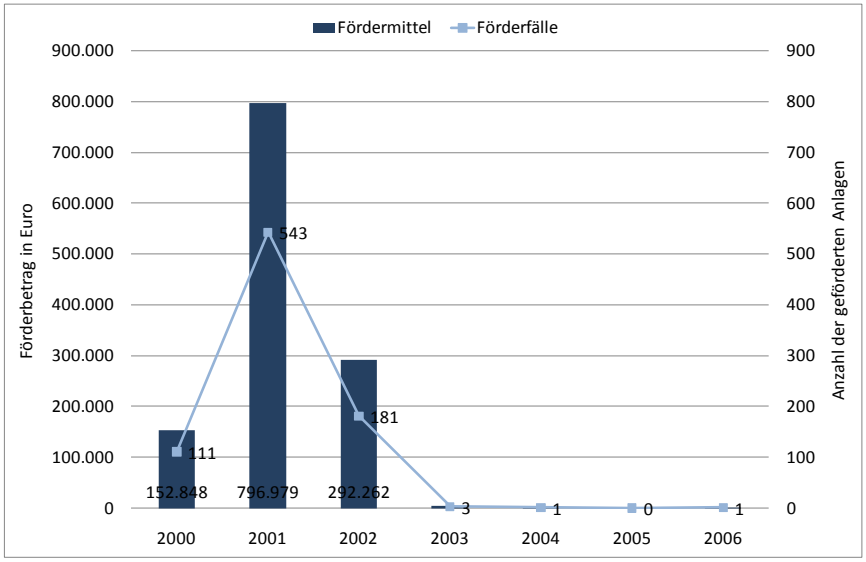



**Abb. 4.13: Fördervolumen und Anzahl der geförderten Wärmepumpen im Förderprogramm des BMWi (2000-2006) (35)**

## 4.3. Förderprogramme und Finanzhilfen der Bundesländer

Neben den Förderprogrammen des Bundes werden Maßnahmen zur Nutzung von Wärmepumpen auch von den meisten Landesregierungen mit Hilfe von eigenen regionalen Förderprogrammen unterstützt. Die bundesweiten Programme haben vorrangig das Ziel, durch Investitionsanreize und Finanzierungshilfen den Anteil an Erneuerbaren Energien bei der Beheizung von Gebäuden zu erhöhen und damit die $CO_2$-Emissionen zu senken.

Auf Länderebene zielen die Förderprogramme nicht nur auf die breite Nutzung von erneuerbaren Energiequellen ab, sondern auch auf andere Bereiche, wie die rationelle Energieverwendung am Beispiel von Pilot- oder Demonstrationsprojekten oder die Modernisierung des Wohnungsbestandes. Dabei existieren in einigen Bundesländern nebeneinander verschiedene Förderprogramme, mit denen der Einsatz von Wärmepumpen unterstützt wird. Darüber hinaus bieten auch viele Kommunen eigene klimaschutzbezogene Förderprogramme, die Wärmepumpenanlagen mit einschließen, an.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Betrachtung der regionalen Förderlandschaft für Wärmepumpen ist die Förderung durch Energieversorgungsunternehmen (EVU). Der Strom für den Verdichter einer Kompressionswärmepumpe (inkl. des Stroms für das Notheizsystem, z.B. ein Elektroheizstab) wird dabei separat vom Haushaltsstrom über einen zweiten Elektrozähler erfasst und abgerechnet. Die meisten EVU in Deutschland bieten den Besitzern einer Wärmepumpe einen speziellen Wärmepumpen-Tarif an, der unter dem üblichen Tarif für Haushaltsstrom liegt. Zudem wird von einigen EVU der Kauf einer Wärmepumpe bezuschusst. Durch diese Angebote und Tarife fördern die regionalen Energieversorger insbesondere den Einsatz von Wärmepumpen im privaten Bereich.

Insgesamt stellt sich die regionale Förderstruktur für Wärmepumpen als sehr unübersichtlich dar. Einheitliche Aussagen zu den wärmepumpenrelevanten Förderprogrammen der einzelnen Bundesländer können nur vereinfacht getroffen werden. Am Beispiel des Landes Nordrhein-Westfalen wird deutlich, dass länderübergreifende einheitliche Angaben zur Förderung von Wärmepumpen nahezu ausgeschlossen sind. In Nordrhein-Westfalen existieren neben dem landesweiten Programm *progres.nrw* noch 13 weitere kommunale Programme. Zudem fördern insgesamt 55 regionale und kommunale Energieversorger die Wärmepumpe mit speziellen Tarifen bzw. mit Zuschüssen (41). Die Betrachtung der regionalen Förderprogramme in Tab. 4.4 beschränkt sich somit auf die landesweiten Programme der einzelnen Bundesländer (42) (43).

Mit Ausnahme der Bundesländer Hessen und Schleswig-Holstein wird von allen übrigen Landesregierungen der Einsatz von Wärmepumpen finanziell unterstützt. Im Bereich der Wohnbauförderung dienen die meisten Landesförderprogramme als Ergänzung oder als Erweiterung der bundesweiten Programme der KfW-Bank. So entsprechen in einigen Fällen die Rahmenbedingungen, d.h. die allgemeinen Anforderungen und

Maßnahmen der Förderung denen des entsprechenden KfW-Programms. Die Förderkonditionen (z.B. Zinssätze oder Laufzeiten) werden jedoch von den einzelnen Bundesländern individuell gestaltet. Die Förderung von Wärmepumpen erfolgt im Wohnbaubereich indirekt im Rahmen von Sanierungs- oder Neubaumaßnahmen an den Gebäuden. Neben der energetischen Sanierung von Wohneigentum werden auch Sanierungsmaßnahmen an Miet- oder Genossenschaftswohnungen gefördert. Die Förderprogramme im Wohnungsbaubereich richten sich an Privatpersonen, Unternehmen (z.B. Wohnungsbaugesellschaften) und Kommunen.

In den Ländern Baden-Württemberg, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Sachsen existieren darüber hinaus Förderprogramme zur gezielten finanziellen Unterstützung von einzelnen Projekten. Diese Projektförderung unterstützt Vorhaben mit Modell- oder Demonstrationscharakter, die zur Erhöhung der Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien im privaten, gewerblichen oder öffentlichen Bereich beitragen. Im Bundesland Hamburg wird im Rahmen des Klimaschutzprogramms der Einsatz von Wärmepumpen lediglich in Kombination mit einer solarthermischen Anlage bezuschusst.

Da eine Breitenförderung in Form von Investitionszuschüssen über die Förderung der BAFA erfolgt, existieren in den Bundesländern keine eigenen Programme dieser Art. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die breite Förderung von Wärmepumpen auf Landesebene im Rahmen von Krediten zur energetischen Sanierung und Modernisierung von Wohngebäuden erfolgt. Zudem unterstützen einige Bundesländer den Einsatz von Wärmepumpen im Rahmen von Einzelprojekten, z.B. in Form von sogenannten Wärmepumpensiedlungen.

**Tab. 4.4: Aktuelle Förderprogramme und Finanzhilfen für den Einsatz von Wärmepumpen der Bundesländer (42) (43)**

| Bundesland | Förderprogramm | Förderart | Informations- oder Antragstelle |
|---|---|---|---|
| **Baden-Württemberg** | Heizen und Wärmenetze mit regenerativen Energien (EFRE) | Zuschuss | KEA – Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH |
| | Klimaschutz Plus – Kommunales Programm | Zuschuss | L-Bank |
| | Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien | Darlehen | |
| **Bayern** | Bayrisches Modernisierungsprogramm (Mietwohnungen) | Darlehen | Bayrisches Staatsministerium des Inneren |
| **Berlin** | Wohnraum Modernisieren | Darlehen | Investitionsbank Berlin (IBB) |
| **Brandenburg** | Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien (REN-Programm) | Zuschuss | Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) |
| | Energetische Erneuerung der sozialen Infrastruktur in den Gemeinden | Zuschuss | Landesamt für Bauen und Verkehr (LBV) |
| **Bremen** | Modernisierungsförderung (Mietwohnungen) | Darlehen | Bremer Aufbau-Bank GmbH |
| **Hamburg** | Energiesparendes Bauen | Zuschuss | Hamburgische Wohnungsbaukreditanstalt |
| | Energiesparmaßnahmen an Mietwohnungen – Klimaschutzprogramm | Zuschuss | |
| | Wohnungsbauprogramm | Darlehen | |
| | Klimaschutzprogramm Solarthermie und Heizung | Zuschuss | Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt |
| **Hessen** | - | - | - |
| **Mecklenburg-Vorpommern** | Klimaschutz-Förderrichtline | Zuschuss | Landesförderinstitut Mecklenburg-Vorpommern (LFI) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Niedersachsen** | Energieeffizienzdarlehen Niedersachsen<br>Energetische Modernisierung von Wohneigentum und Miet-wohnungen<br>Modernisierung, Aus- und Umbau sowie Erweiterung von Mietwohnungen | Darlehen<br>Darlehen<br>Darlehen<br>Darlehen | Investitions- und Förderbank Niedersachsen (NBank) |
| **Nordrhein-Westfalen** | progres.nrw – Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Markteinführung | Zuschuss | Bezirksregierung Arnsberg |
| **Rheinland-Pfalz** | Zinszuschüsse für Investitionen im Bereich der Energie-effizienz und der Energieversorgung<br>Modernisierung von selbst genutztem Wohnraum bzw. von bestehenden Mietwohnungen | Zuschuss<br>Darlehen, Zuschuss | EffizienzOffensive Energie Rheinland-Pfalz (EOR) e.V.<br>Landestreuhandbank Rheinland-Pfalz |
| **Saarland** | Förderung von Maßnahmen im Zukunftsenergieprogramm (ZEP-Tech)<br>Zukunftsenergieprogramm kommunal (ZEP-kommunal)<br>Wohnraumförderungsprogramm | Zuschuss<br>Zuschuss<br>Darlehen | Ministerium für Umwelt<br>Saarländische Investitionskreditbank AG (SIKB) |
| **Sachsen** | Energieeffizienz und Klimaschutz (EuK)<br>Sächsisches Energiespardarlehen | Zuschuss<br>Darlehen | Sächsische Aufbaubank – Förderbank (SAB) |
| **Sachsen-Anhalt** | Energetische Sanierung von Wohngebäuden | Zuschuss | Investitionsbank Sachsen-Anhalt |
| **Schleswig-Holstein** | - | - | - |
| **Thüringen** | Thüringer Modernisierungsdarlehen – Öko Plus | Darlehen | Thüringer Aufbaubank |

# 5. Prognose zur zukünftigen Entwicklung des Wärmepumpenmarktes

## 5.1. Prognose zur Entwicklung des Anlagenbestands bis 2020

Der deutsche Wärmepumpenmarkt war in den vergangenen Jahren durch ein starkes Wachstum gekennzeichnet und folgte damit einem im deutschen Wärmeerzeugermarkt allgemein zu beobachtendem Trend zu energieeffizienten und klimaschonenden Heizungssystemen. Neben der allgemeinen Entwicklung der Energiepreise für fossile Energieträger wie Heizöl oder Gas begünstigen die aktuellen politischen Rahmenbedingungen die Nutzung von Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt.

Nachhaltig unterstützt werden soll diese Entwicklung durch das Erneuerbare Energien Wärmegesetz, das einen wesentlichen Teil des Integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung, darstellt. Das Wärmegesetz stellt sicher, dass in Zukunft mehr Wärme aus erneuerbaren Energiequellen, wie z.B. Sonnenenergie, Erd- und Umweltwärme sowie Biomasse, gewonnen wird. Ziel der Bundesregierung ist es, dass bis zum Jahr 2020 etwa 14 % des deutschen Wärmeverbrauchs durch die o.g. Energieträger gedeckt werden.

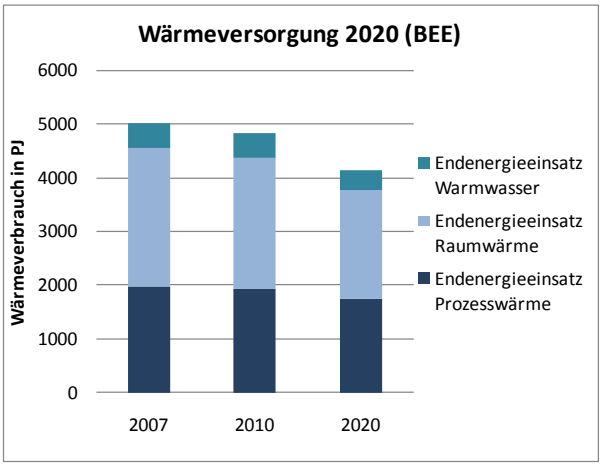
Aus diesem Zweck müssen seit dem 1. Januar 2009 alle neu entstehenden Gebäude ihren Wärmebedarf anteilig über Erneuerbare Energien decken[2]. Zudem wird über das Marktanreizprogramm die Nutzung von erneuerbaren Energien finanziell gefördert. Durch dieses Förderinstrument sollen vor allem mehr Planungssicherheit für Investoren und Anreize zur Modernisierung im Gebäudebestand geschaffen werden (44).

### 5.1.1. Entwicklung des Wärmemarktes

Mehr als die Hälfte des Endenergieverbrauchs wird in Deutschland durch die Wärmeproduktion verursacht. Der Bedarf an Raumwärme hat dabei einen Anteil von etwa 30 % und der Prozesswärmebedarf einen Anteil von etwa 22 % am gesamten Endenergiebedarf (45). Aktuelle Prognosen des Bundesverbands Erneuerbare Energien (BEE) sowie des Bundesumweltministeriums (BMU) in Abb. 5.1 gehen davon aus, dass sich der Wärmebedarf bis zum Jahr 2020 um 17 bzw. um 15 % reduzieren wird (45) (46).

[2] Als Alternative zum Einsatz von Erneuerbaren Energien können andere klimaschonende Maßnahmen ergreifen werden: z.B. eine stärkere Gebäudedämmung oder die Wärmenutzung aus Fernwärmenetzen oder aus KWK-Anlagen.

Durch den Einsatz von modernen Heizungstechnologien und den stetig steigenden Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) wird sich insbesondere der Raumwärmebedarf in den nächsten Jahren stark reduzieren. Nach Angaben des BMU-Leitszenarios wird sich der mittlere Heizwärmebedarf von Wohngebäuden bis zum Jahr 2020 auf rund 75 % des heutigen Wertes reduzieren.



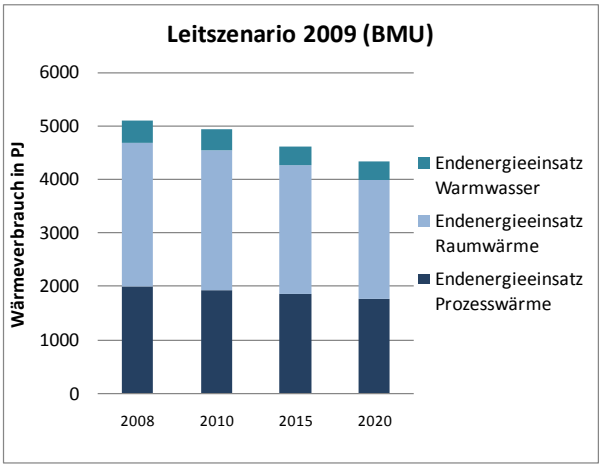




**Abb. 5.1: Entwicklung des Endenergieeinsatzes zur Wärmebereitstellung, Vergleich BEE-Wärmeversorgung 2020 und BMU-Leitszenario 2009 (45) (46)**

Der Anteil an Erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung liegt nach Angaben des BEE aktuell bei etwa 9,6 %. Hier ist der Erneuerbare-Energien-Anteil des im Wärmesektor verwendeten Stroms mit einbezogen. Dabei hat sich seit 2000 der Anteil an Erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung nahezu verdoppelt. Für die Zukunft, d.h. bis zum Jahr 2020, gehen die Prognosen des BEE davon aus, dass sich dieser Anteil auf etwa 25 % steigern lässt.

Im Gegensatz zum Leitszenario 2009 des BMU – hier liegt der EE-Anteil an der Wärmebereitstellung bei 17,5 % im Jahr 2020 – gehen die Prognosen des BEE u.a. von folgenden optimierten Randbedingungen für den Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmesektor aus (46):

- Erhöhung der Modernisierungsquote bei Heizungsanlagen von heute 3 auf mindestens 6 Prozent jährlich.
- Weiterentwicklung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes dahingehend, dass bei jeder Heizungssanierung, die aufgrund der energetischen Qualitätsstandards notwendig wird, auch im Gebäudebestand ein Mindestanteil für die Nutzung Erneuerbarer Energien verbindlich wird.
- Breite Erschließung des Mietwohnungsbereichs für die Nutzung von Erneuerbaren Energien.
- Ausbau und Nutzung von Wärmenetzen und Wärmespeichern, um eine optimale Integration von Erneuerbaren Energien in das Gesamtenergieversorgungssystem zu erleichtern.

Dem prognostizierten Szenario zur Steigerung des EE-Anteils am Wärmeverbrauch liegen ebenfalls große Potentiale zur Effizienzsteigerung im Wärmesektor zu Grunde. Nach Angaben des BEE sind lediglich 12 % der in Deutschland rund 17 Mio. installierten Wärmeerzeuger auf dem Stand der Technik (d.h. nicht älter als 10 Jahre). Dies bedeutet, dass in den nächsten 10 bis 20 Jahren bei rund 15 Mio. Heizungsanlagen eine Modernisierung oder ein Austausch bevorsteht.

Eine Untersuchung des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks ergab außerdem, dass 12,7 % aller Ölfeuerungsanlagen und 5,2 % der Gasfeuerungsanlagen älter als 25 Jahre sind (47). Dieser erhebliche Modernisierungsbedarf von alten Heizungsanlagen im Gebäudebestand stellt ein sehr großes Potential für den Einsatz von modernen und effizienteren Wärmeerzeugern dar. Gemeinsam mit weiteren Effizienzmaßnahmen im Rahmen der energetischen Gebäudesanierung ließe sich somit der Bedarf an Raumwärme deutlich senken und der Anteil an Erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch steigern.

### 5.1.2. Entwicklung des Wärmepumpenmarktes

Die Prognose zur Entwicklung des Wärmepumpenmarktes wurde auf Grundlage der Studie „Ausbauprognose der Erneuerbaren-Energien-Branche, Teil 2: Wärmeversorgung 2020“ des BEE und der Studie „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland, Leitszenario 2009“ des BMU durchgeführt.

Im Entwicklungsszenario des BEE wurden die von Wärmepumpenanlagen genutzte geothermische Wärme[3] und Umweltwärme[4] für die Jahre 2008 bis 2020 prognostiziert. Zudem wurden für diesen Zeitraum Angaben zum erwarteten Stromverbrauch der Wärmepumpenanlagen gemacht (Tab. 5.1). Die Werte für die von den Wärmepumpen erzeugte Heizwärmemenge wurden im Rahmen dieser Studie berechnet. Die Heizwärmemenge stellt die Summe aus genutzter Wärme (geothermische Wärme und Umweltwärme) und Stromverbrauch der Anlagen dar.

**Tab. 5.1: Prognose der Wärmebereitstellung aus Wärmepumpen auf Basis der BEE-Wärmeversorgung 2020 (46)**

| *Angaben in TWh* | 2008 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| **geothermische Wärme** | 3,1 | 4,1 | 7,4 | 12,2 |
| **Umweltwärme** | 1,5 | 2,5 | 7,0 | 14,6 |
| **regenerative Wärme gesamt** | 4,6 | 6,6 | 14,4 | 26,8 |
| **Stromverbrauch** | 2,1 | 2,9 | 6,0 | 10,3 |
| **Heizwärmemenge** | 6,7 | 9,5 | 20,4 | 37,1 |

Im zweiten Entwicklungsszenario (BMU-Leitszenario 2009) wurden lediglich Aussagen zur zukünftigen Nutzung von geothermischer Wärme getroffen. Hierbei wurden für den Zeitraum 2008 bis 2020 Werte für die von Wärmepumpen genutzte geothermische Wärmemenge prognostiziert (Tab. 5.2).

[3] Unter geothermischer Wärme wird im Allgemeinen die Wärme des Erdreichs und des Grundwasser zusammengefasst. Unter geothermischen Wärmepumpen fallen somit Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen.

[4] Unter den Begriff „Umweltwärme“ fällt in diesem Zusammenhang insbesondere die Wärmequelle Außenluft.

**Tab. 5.2: Prognose der Wärmebereitstellung aus geothermischen Wärmepumpen auf Basis des BMU-Leitszenario 2009 (45)**

| *Angaben in PJ* | 2008 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| **geothermische Wärme** | 2,5 | 3,9 | 8,3 | 12,7 |
| **Stromverbrauch** | 1,0 | 1,5 | 3 | 4,2 |
| **Heizwärmemenge** | 3,5 | 5,4 | 11,3 | 16,9 |

Die in Tab. 5.2 angegebenen Werte für den Stromverbrauch der geothermischen Wärmepumpen wurden anhand einer allgemeinen Abschätzung für die in der Zukunft zu erwartenden Jahresarbeitszahlen für erdgekoppelte Wärmepumpen im Feldbestand berechnet. Die für die Zukunft zu erwartenden JAZ sind in Tab. 5.3 dargestellt und orientieren sich an Prognosen des Bundesverbandes Wärmepumpe (19). Die Heizwärmemenge wurde im Rahmen dieser Studie aus der Summe der genutzten Wärme (hier: geothermische Wärme) und dem Stromverbrauch der Anlagen berechnet.

**Tab. 5.3: Entwicklungsprognose der JAZ von geothermischen Wärmepumpen für den Zeitraum 2008 bis 2020 (19)**

| | 2008 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| **Durchschnittliche JAZ geothermischer WP im Feldbestand** | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 4 |

Die Entwicklung der durchschnittlichen Heizleistungen von Wärmepumpen im Feldbestand und die Vollbenutzungsstunden der Anlagen für den Zeitraum 2008 bis 2020 wurden aus der *BWP-Branchenstudie 2009* übernommen (Tab. 5.4). Die zukünftige Entwicklung der mittleren Heizleistungen und der Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen werden vor allem durch zwei Tendenzen geprägt. Zum einen verkürzt sich durch die verbesserte Wärmedämmung von energieeffizienten Neubauten und sanierten Bestandsgebäuden die Heizsaison. Gleichzeitig verringert sich der Heizwärmebedarf in diesen Gebäuden. Dadurch können entweder die mittleren Heizleistungen oder die durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden der Anlagen reduziert werden. Zum anderen wird dieser Trend jedoch durch den zunehmenden Einsatz von Wärmepumpen mit größeren Leistungen, z.B. in Mehrfamilienwohnungen, in Industrie und Gewerbe und durch Anlagen, die zur gemeinsamen Heizwärmebereitstellung und zur Brauchwassererwärmung genutzt werden, abgeschwächt.

**Tab. 5.4: Durchschnittliche Heizleistung und Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen für den Zeitraum 2008 bis 2020 (19)**

| | 2008 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| **Durchschnittliche Heizleistung in kW** | 12,4 | 12,1 | 11,4 | 10,9 |
| **Durchschnittliche Jahres-Vollbenutzungsstunden** | 1950 | 1950 | 1900 | 1900 |

Mit Hilfe der Werte aus Tab. 5.4 und den aus den Prognosen des BEE und BMU berechneten Heizwärmemengen konnte der Anlagenbestand für die Jahre 2010, 2015 und 2020 prognostiziert werden. Die Werte für die Jahre 2009, 2011 bis 1014 und 2016 bis 2019 wurden im Rahmen des Entwicklungstrends interpoliert. Hiermit konnte die zukünftige Entwicklung des Wärmepumpenbestandes für den Zeitraum 2009 bis 2020 dargestellt werden. Auf Grundlage dieser Bestandsentwicklung konnte ebenfalls qualitativ die Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes ermittelt werden.

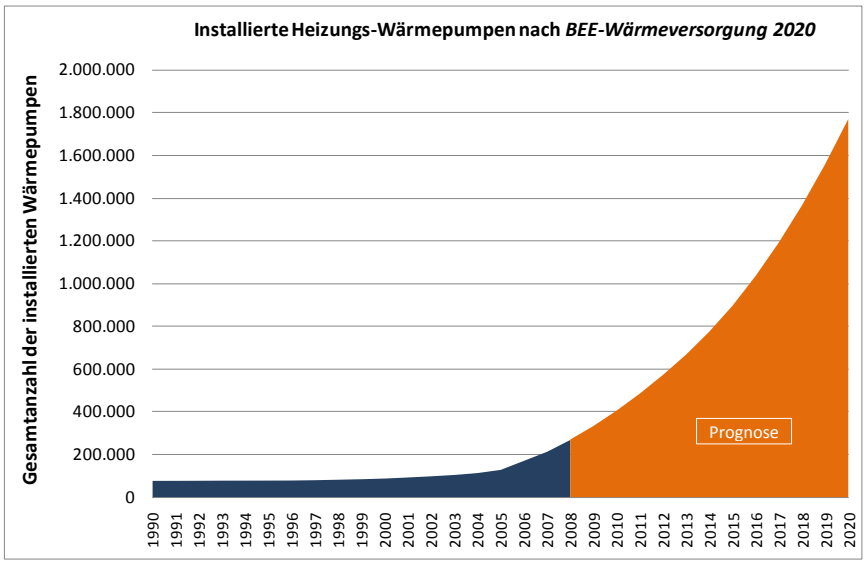



**Abb. 5.2: Gesamtanzahl der installierten Heizungswärmepumpen auf Basis der *BEE-Wärmeversorgung 2020***

Auf Grundlage der in Kapitel 5.1.1 beschriebenen Randbedingungen des zukünftigen Wärmeerzeugermarktes geht die Prognose zur Wärmeversorgung 2020 von einem starken Wachstum der Wärmebereitstellung aus Wärmepumpen aus. Der Anlagenbestand erhöht sich dabei von aktuell rund 270.000 Heizungswärmepumpen auf rund 400.000 Anlagen im Jahr 2010, 940.000 Anlagen im Jahr 2015 und rund 1,8 Mio. Anlagen im Jahr 2020 (Abb. 5.2).

Um den Rückbau und die Zusammenlegung von Heizungsanlagen zu berücksichtigen, wurde für die Berechnung des Anlagenbestands eine sogenannte jährliche Rückbauquote von 0,4 % angenommen. Bei insgesamt rund 17 Mio. Wärmeerzeugern in Deutschland läge der Wärmepumpen-Anteil in diesem Entwicklungsszenario im Jahr 2020 bei rund 10 %.

In Abb. 5.3 sind die Anteile der genutzten Wärmequellen für den Wärmepumpen- Anlagenbestand dargestellt. Das Erdreich und Grundwasser wurden als geothermische Wärme zusammengefasst.

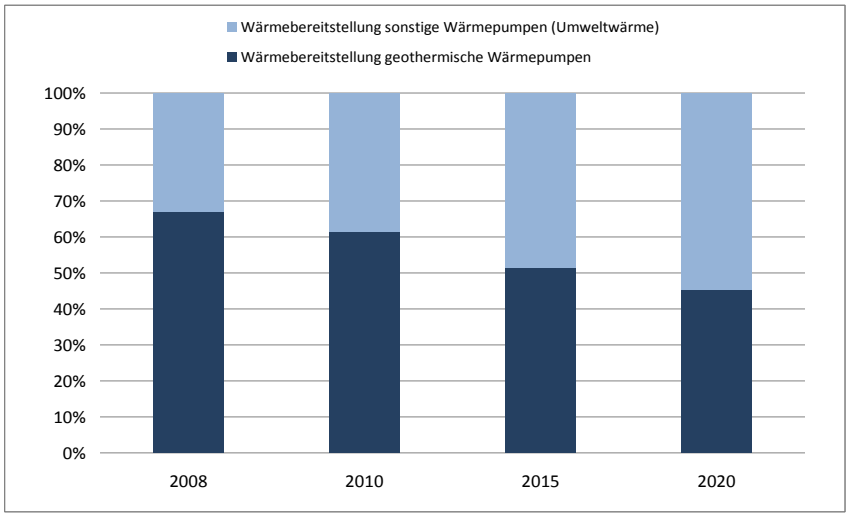



**Abb. 5.3: Anteile der genutzten Wärmequellen am Wärmepumpen-Anlagenbestand (46)**

Im Jahr 2008 betrug der Anteil der geothermischen Wärmepumpen knapp 70 % am gesamten Anlagenbestand. Es wird erwartet, dass dieser Anteil bis zum Jahr 2020 auf etwa 45 % zurückgehen wird. Dies liegt vor allem am vermehrten Einsatz der Wärmepumpen bei Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand. Wie schon näher erläutert werden bei der Sanierung von Bestandsgebäuden überwiegend Luft-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt. Der prognostizierte Entwicklungs-Trend deutet somit darauf hin, dass die Wärmepumpe in Zukunft ihren Hauptabsatz bei der Renovierung von Bestandsgebäuden finden wird. Neben dem Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen im Gebäudebestand werden vor allem im kontinuierlich wachsendem Niedrigenergie- und Passivhausbereich energieeffiziente und wirtschaftliche Lösungen zur Warmwasserbereitung benötigt. Hierin liegt vor allem das Einsatzpotential der Brauchwasserwärmepumpen, die die Umgebungsluft bzw. die Abluft als Wärmequelle zur Brauchwasserbereitung nutzen.

Für den Zeitraum von 2009 bis 2020 wurden die jährlichen Absatzzahlen anhand des prognostizierten Anlagenbestands entwickelt. Auf dieser Basis steigt der Absatz an Wärmepumpen von derzeit etwa 62.000 auf rund 72.000 im Jahr 2010, ca. 120.000 im Jahr 2015 und etwa 185.000 im Jahr 2020 (Abb. 5.4).

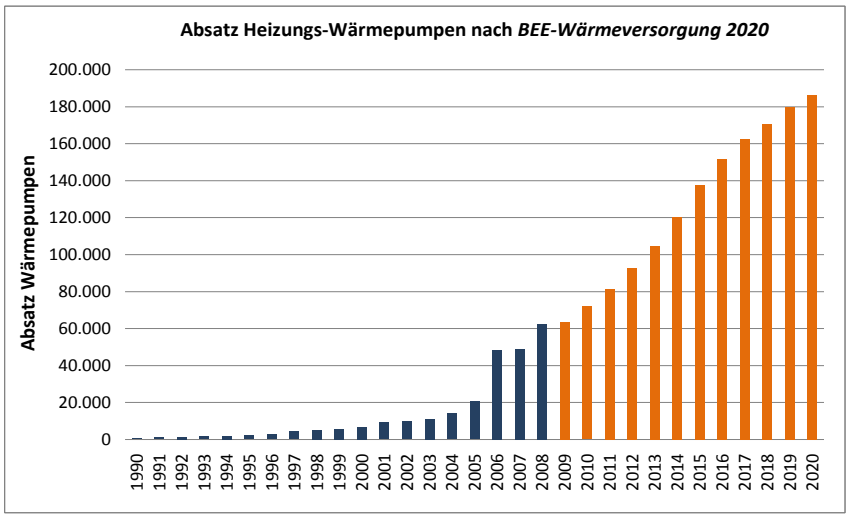



**Abb. 5.4: Qualitative Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes auf Basis der *BEE-Wärmeversorgung 2020***

Bei einem gleichbleibenden Wärmeerzeuger-Absatz von derzeit rund 600.000 Anlagen pro Jahr, entspräche dies einer Zunahme des Wärmepumpenanteils am Gesamt-Wärmeerzeugermarkt von aktuellen 10 % auf etwa 20 % im Jahr 2015 und etwa 30 % im Jahr 2020. Infolge des offenbar bestehenden Modernisierungsstaus bei den Wärmeerzeugungsanlagen (s.o.) ist allerdings davon auszugehen, dass der Absatz an neuen Heizungsanlagen in den nächsten Jahren steigen wird und somit der Marktanteil der Wärmepumpe auf Grundlage der getroffenen Absatzentwicklung etwas geringer ausfallen dürfte.

Auch die Prognosen der BMU-Leitstudie 2009 gehen von einem starken Anstieg der Wärmebereitstellung aus geothermischen Wärmepumpen aus. Auf Basis dieser Prognosen wächst der Bestand an Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen von derzeit rund 180.000 Anlagen auf etwa 500.000 Anlagen im Jahr 2015 und rund 820.000 im Jahr 2020 (Abb. 5.5). Insgesamt zeigt die Entwicklung des Anlagenbestands für geothermische Wärmepumpen auf Basis der BMU-Prognose einen sehr ähnlichen Verlauf wie die Entwicklung auf Basis der BEE-Prognose.

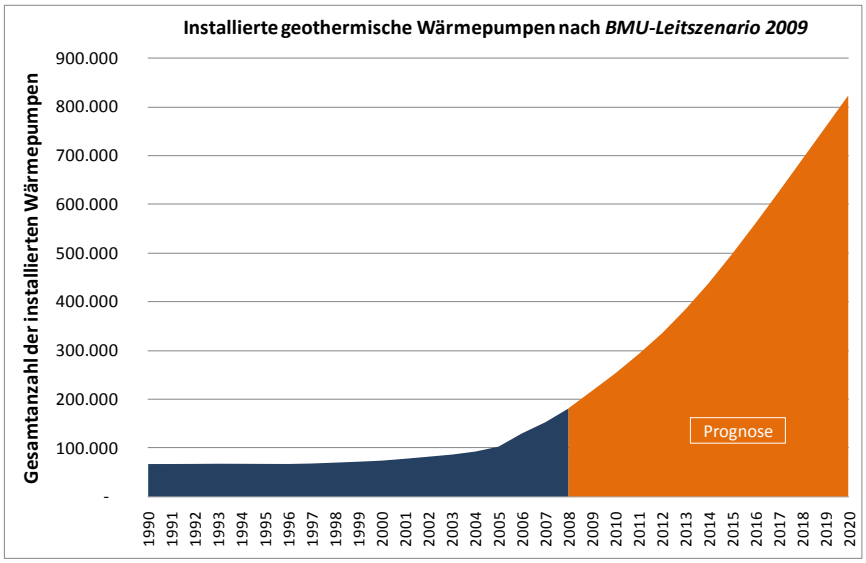



**Abb. 5.5: Gesamtanzahl der installierten geothermischen Wärmepumpen auf Basis des *BMU-Leitszenarios 2009***

Analog zur Entwicklung des gesamten Wärmepumpenmarktes wurde auch für die geothermischen Wärmepumpen auf Grundlage des Anlagenbestands eine Abschätzung der jährlichen Absatzzahlen vorgenommen (Abb. 5.6).

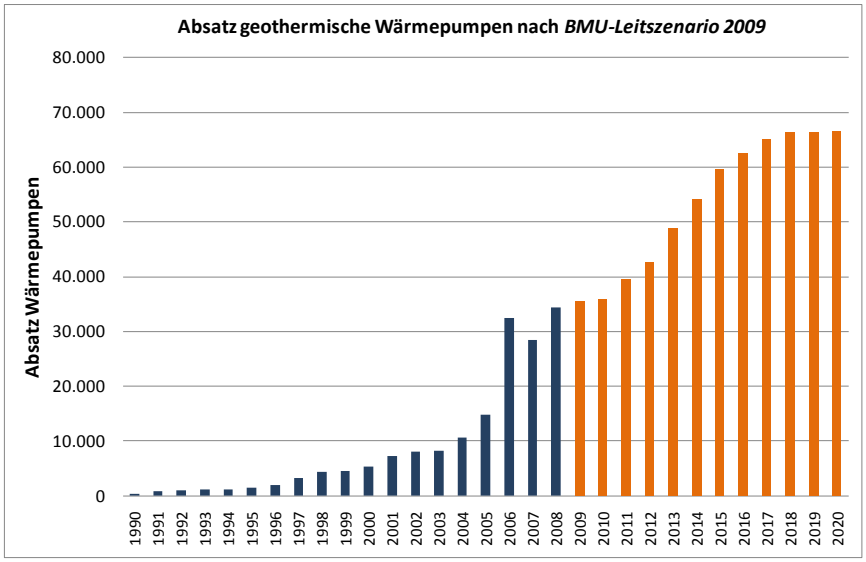



**Abb. 5.6: Qualitative Entwicklung des Absatzes von geothermischen Wärmepumpen auf Basis des *BMU-Leitszenarios 2009***

Gemäß den Ergebnissen dieser Prognose ist davon auszugehen, dass die Absatzzahlen der Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen von aktuell rund 34.000 Anlagen auf etwa 60.000 Anlagen im Jahr 2015 und etwa 66.000 Anlagen im Jahr 2020 steigen.

Anhand der grafischen Darstellung in Abb. 5.6 wird deutlich, dass der Absatz von geothermischen Wärmepumpen bis zum Jahr 2017 ansteigt und sich anschließend bei einem Wert von rund 65.000 verkauften Anlagen pro Jahr einpendelt. Ein Ursache hierfür könnten stagnierende Zahlen im Neubaubereich sein. Laut Statistischem Bundesamt wird ab dem Jahr 2016 von einer Stagnation im Neubaubereich von jährlich etwa 100.000 neu errichteten Gebäuden ausgegangen. Da Sole-Wasser-Wärmepumpen überwiegend im Neubaubereich eingesetzt werden, dürfte sich diese Stagnation auch auf den Wärmepumpenabsatz auswirken.

## 5.2. Aktuelle Technologie- und Nachfragetrends

Im folgenden Abschnitt werden einige aktuelle Technologie- und Nachfragetrends von Wärmepumpen vorgestellt. Nach Angaben von Experten kommt dabei den folgenden Technologien und Einsatzmöglichkeiten von Wärmepumpen in der Zukunft eine zunehmend größere Bedeutung zu:

- Alternative Wärmepumpentechniken wie z.B. Gas-Wärmepumpen,
- Einsatz alternativer Kältemittel wie z.B. Kohlendioxid,
- Erschließung alternativer Wärmequellen wie z.B. Abwasser,
- Erweiterung des Leistungs- und Temperaturspektrums z.B. für den industriellen oder gewerblichen Einsatz.

Zu Erwähnen sind hier weitere Trends, die im Rahmen dieser Studie nicht näher betrachtet werden, wie z.B. die Kombination von Wärmepumpenanlagen mit anderen Erneuerbaren Energien oder die Optimierung der hydraulischen Einbindung von Wärmepumpen.

### 5.2.1. Erweiterung des Leistungsspektrums: Wärmepumpen in der Industrie und im Gewerbe

Viele Industrie- und Gewerbebetriebe verfügen über große Mengen an Abwärme aus den verschiedensten Produktionsprozessen, ohne dass diese nutzbar gemacht werden können. Die Nutzung von Industrieabwärme, d.h. beispielsweise Abwärme von Kühlprozessen und Prozessabluft oder Wärme aus Abwassersystemen, stellt ein großes Potential für den Einsatz von sogenannten Groß-Wärmepumpen dar. Weitere Wärmequellen wie z.B. Kaltwassernetze von Klimaanlagen großer Leistung, Rückläufe von Fernwärmesystemen oder Wasser aus Tiefenbohrungen sind ebenfalls geeignet.

Die Anzahl der Anbieter von Groß-Wärmepumpen für den industriellen Einsatz ist mit ca. 15 Herstellern derzeit noch gering. Der Leistungsbereich dieser Anlagen liegt zwischen 100 kW und 1.500 kW Heizleistung.

Derzeit werden Wärmepumpen im industriellen Einsatz vor allem zur Bereitstellung von Heizwärme und Brauchwarmwasser eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete im gewerblichen und industriellen Bereich sind zum Beispiel (48):

- Wärmepumpen zur Heizung und Wärmerückgewinnung als Bestandteil von Großklimaanlagen in Bürogebäuden und Warenhäusern
- Wärmepumpen zum gleichzeitigen Heizen und Kühlen von Räumen
- Wärmepumpen zur Ausnutzung der Niedertemperaturabwärme von Prozessen
- Brüdenverdichter und Kochereianlagen zum Eindampfen bzw. Eindicken von Flüssigkeiten
- Wärmepumpen-Destillieranlagen zur teilweisen Wiederverwendung der eingesetzten Verdampfungsenergie
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) als Tandemanlage (BHKW und Wärmepumpe) zum gleichzeitigem Parallelbetrieb eines Generators mit einer Wärme- bzw. Kältemaschine

Im Rahmen eines für die Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg durchgeführten Forschungsvorhabens wurden Einsatzmöglichkeiten für Wärmepumpenanlagen in Industrie und Gewerbe in Deutschland identifiziert und deren Potential abgeschätzt (48). Die Untersuchung wurde innerhalb eines Forschungsprojektes des Instituts für Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER), in Zusammenarbeit mit der Ochsner Wärmepumpen GmbH durchgeführt.

Die hierbei durchgeführte Potentialanalyse zeigt, dass mit der aktuellen Wärmepumpentechnologie (Ausgangstemperatur 70°C) Wärme zur Brauchwasserbereitung, Raumwärme und Niedertemperatur-Prozesswärme zur Verfügung gestellt werden kann, die etwa 8,9 % des Endenergiebedarfs der deutschen Industrie im Jahr 2006 entspricht. Kann das Temperaturniveau der Wärmepumpenanlagen durch Weiterentwicklung der Komponenten auf 100°C erhöht werden, so könnte die damit zur Verfügung gestellte Nutzwärme etwa 15 % des gesamten Endenergiebedarfs und 30 % des Nutzwärmebedarfs der deutschen Industrie im Jahr 2006 decken.

Im Rahmen der Untersuchung von potentiellen Einsatzmöglichkeiten stellen vor allem die Ernährungsindustrie, die chemische Industrie, die Kunststoffverarbeitung oder auch die Papierindustrie aussichtsreiche Branchen dar. Insbesondere bei einer Erhöhung des Temperaturniveaus der Wärmepumpen auf 100°C könnte ein Großteil des Nutzwärmebedarfs der energieintensiven Papierindustrie durch Groß-Wärmepumpenanlagen gedeckt werden. Bisher wird jedoch nur ein geringer Anteil des oben genannten Potentials genutzt.

Die Weiterentwicklung der aktuellen Wärmepumpentechnologie im großen Leistungsbereich ist somit dringend notwendig, um den Temperaturbereich der Wärmepumpen auf 90°C bzw. 100°C anheben zu können. Dazu sind derzeit neue Kältemittel (R 227ea und R 245fa) in der Entwicklung, mit denen diese Ziele realistisch erscheinen. Wann diese neuen Kältemittel auf dem Markt verfügbar sein werden, lässt sich jedoch im Moment noch nicht abschätzen.

Das maximale Temperaturniveau kommerziell verfügbarer industrieller Wärmepumpen von aktuell etwa 75°C stellt ein Hemmnis für die weitere Verbreitung von Wärmepumpen im industriellen Einsatz dar. Obwohl die im Rahmen des Forschungsprojektes untersuchten Unternehmen ausreichend Abwärme zur Verfügung haben, übersteigen häufig die geforderten Prozesstemperaturen das Leistungsspektrum der aktuellen Wärmepumpentechnologie. Hinzu kommen die im Vergleich zu konventionellen Versorgungssystemen hohen Investitionskosten und die damit verbundenen langen Amortisationszeiten von Groß-Wärmepumpenanlagen.

Der Markt für Wärmepumpen im großen Leistungsspektrum leidet aktuell nach Aussage der Potentialstudie zudem unter Informations- und Erfahrungsmangel sowohl bei Endkunden als auch bei Planern und Ingenieuren. Um zufriedenstellende Ergebnisse beim Einsatz von Groß-Wärmepumpen in der Industrie oder im Gewerbe erzielen zu können, müssten bestimmte Rahmenbedingungen, wie z.B. geeignetes Temperaturniveau der Wärmequelle, Kontinuität und Umfang der nutzbaren Abwärme sowie Gleichzeitigkeit von Wärmebedarf eingehalten und beachtet werden. Trotz der derzeit existierenden technischen und informationspolitischen Hemmnisse können Wärmepumpen in der Industrie mit dem heutigen Stand der Technik einen wertvollen Beitrag zur Energieeinsparung und zur Reduktion von $CO_2$-Emissionen leisten.

### 5.2.2. Alternative Wärmequellen: Abwasser-Wärmepumpen

Ein weiteres bisher kaum genutztes Potential für den Einsatz von Wärmepumpen stellt die Nutzung der Abwärme in Abwasserkanälen dar. Die Energiequelle „Abwasser“ kann zum Heizen und zum Kühlen von Gebäuden genutzt werden. Das Abwasser stellt für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe eine sehr gute Wärmequelle dar. Es ist im Vergleich zur Außenluft im Winter deutlich wärmer und im Sommer kälter. Im Jahresverlauf liegt die Temperatur des Abwassers zwischen 10 und 20°C.

Nach Auskunft des Instituts „Energie in Infrastrukturanlagen“ befinden sich derzeit in Deutschland rund 12 Abwasser-Wärmepumpenanlagen im Bau. Im Vergleich dazu wurden in der Schweiz schon seit 1985 insgesamt rund 80 Anlagen dieser Art realisiert (49).

Derzeit wird zum größten Teil die im Abwasser enthaltene Wärmemenge als Abwärme ungenutzt in die Umwelt abgegeben. Das Potential zur Nutzung dieser Wärme ist allerdings sehr groß. Bei der Abkühlung von einem m³ Abwasser um ein Kelvin lassen sich rund 1,5 kWh Wärme gewinnen. Diese Wärme reicht in Deutschland theoretisch aus, um 5 bis 10 % aller an eine Kläranlage angeschlossenen Gebäude (ca. 2 bis 4 Mio. Wohnungen) mit Heizwärme und Warmwasser versorgen zu können. Aus der gleichen Menge an Abwasser kann in einer Kläranlage etwa 0,05 m³ Klärgas erzeugt werden. Dies entspricht einem Energieinhalt von rund 0,3 kWh. Das Potenzial an Abwärme im Abwasser ist somit um ein Vielfaches größer als das Potenzial an Klärgas aus den Kläranlagen.

Die Einsatzmöglichkeiten von Abwasser-Wärmepumpen sind eng verknüpft mit den vorhandenen Randbedingungen, d.h. den Anforderungen an den Kanal, der vorhandenen Abnehmerstruktur und den Auswirkungen auf den Betrieb der Kläranlage. Der Wärmeentzug kann entweder aus dem gereinigten Abwasser im Ablauf einer Kläranlage oder aus dem Rohabwasser in der Kanalisation vor der Kläranlage erfolgen.

Bei der Wärmentnahme vor der Kläranlage muss der Einfluss der Abkühlung auf den Kläranlagen-Betrieb berücksichtigt werden. Eine Temperaturabnahme des Abwassers führt generell zu einem Rückgang der Reinigungsleistung der Kläranlage. Beeinflusst werden vor allem die Prozesse der Nitrifikation und Denitrifikation. So führt eine niedrige Abwassertemperatur zu einem Rückgang der Nitrifikationsleistung und zu einer Erhöhung der $NH_4$-Konzentration im Ablauf der Kläranlage.

Die Durchschnittstemperatur im Zulauf einer Kläranlage darf somit in den Wintermonaten 10°C nicht unterschreiten und/oder insgesamt nicht mehr als 0,5°C abgesenkt werden.

Für den Einsatz einer Wärmepumpe muss der Kanal über ein ausreichendes Wärmeangebot im Abwasser verfügen und so dimensioniert sein, dass der Einbau von Wärmetauschern möglich ist. Für die Nutzung von Abwasserwärme sollte deshalb der Kanal Abwasserströme ab 15 l/s und einen Innendurchmesser von mindestens 800 mm vorweisen. Diese Anforderungen an das Kanalnetz werden in den meisten Fällen von Gemeinden ab etwa 10.000 Einwohnern erfüllt.

Als geeignete Abnehmer der Wärme kommen vor allem größere Gebäude oder Quartiere in der Nähe der Wärmequelle im Leistungsbereich von 150 kW (entspricht etwa dem Bedarf von 50 Wohneinheiten) bis ca. 2 MW in Frage. Mögliche Verbraucher sind somit Verwaltungsgebäude, Wohnsiedlungen, Gewerbe- und Industriebauten, Schulhäuser, Wohnheime, Sportanlagen und Schwimmbäder sein.

Abwasser-Wärmepumpen zählen also zu der Gruppe der Großwärmepumpen. Für Einfamilienhäuser und die Bereitstellung von Prozesswärme (mit Vorlauftemperaturen >70°C) sind Abwasser-Wärmepumpen derzeit noch nicht geeignet.

Auf die Wirtschaftlichkeit einer Abwasser-Wärmepumpenanlage wirken sich grundsätzlich eine hohe Bebauungsdichte und der energetisch effiziente Betrieb der Wärmepumpe vorteilhaft aus. Zudem sollte die Distanz vom Ort der Wärmeentnahme bis zum Abnehmer möglichst klein sein (in Siedlungsgebieten maximal 100 bis 300 m). Wird der Einbau einer Abwasser-WP im Zusammenhang mit einer anstehenden Kanalsanierung geplant und realisiert, ergeben sich Kostensynergien. Aktuell geht man von Investitionskosten von etwa 330 bis 500 Euro pro kW Nutzleistung aus. Dies entspricht etwa 1.170 bis 1.620 Euro pro angeschlossene Wohneinheit (50).

### 5.2.3. Alternative Kältemittel: $CO_2$-Wärmepumpen

Für den Wärmepumpen-Prozess werden häufig fluorierte Kohlenwasserstoffe als Kältemittel verwendet. Diese besitzen jedoch die nachteilige Eigenschaft eines erheblichen Treibhauspotentials und stehen deshalb in der Kritik. Als Ersatz für die klimaschädigenden fluorierten Kohlenwasserstoffe stellen natürliche Kältemittel eine interessante Alternative dar.

Zu den natürlichen Kältemitteln zählen u.a. Ammoniak, Kohlendioxid, Wasser oder Propan. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird auf die Einsatzmöglichkeiten von Wärmepumpen, die Kohlendioxid ($CO_2$) als Kältemittel verwenden, näher eingegangen. $CO_2$ besitzt den großen Vorteil, dass hohe Nutztemperaturen erreicht werden können. Weitere Vor- und Nachteile dieses Kältemittels sind in Tab. 5.5 dargestellt.

**Tab. 5.5: Typische Vor- und Nachteile von $CO_2$ als Kältemittel (51)**

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| Umweltverträglichkeit (Treibhauspotential = 1, Ozonstörungspotential = 0) | Kritischer Punkt bei 31°C, 74 bar |
| Erreichbarkeit hoher Nutztemperaturen | Hohe Drucklage (optimaler Hochdruck bei ca. 95 bar) |
| Hohe volumenbezogene Kälteleistung | Beeinflussung der Atmung durch $CO_2$, die Sicherheitsmaßnahmen erforderlich macht |
| Gute Materialverträglichkeit | |
| Verfügbarkeit und geringer Preis | |

Bei der Verwendung von $CO_2$ als Kältemittel in Wärmepumpen ist die kritische Temperatur eine entscheidende Größe für die Prozessführung. Aufgrund der relativ niedrigen kritischen Temperatur von $CO_2$ (31,1°C) erfolgt in $CO_2$-Wärmepumpen die Wärmeabgabe meist bei überkritischem Druck (über 74 bar). Dies bedeutet, dass es zu keiner zweiphasigen Kondensation wie bei konventionellen Wärmepumpen kommt.

Bei sehr niedrigen Temperaturen auf Wärmesenkenseite (bis ca. 25°C) ist jedoch auch ein unterkritischer $CO_2$-Kreislauf möglich. Der so genannte transkritische Kreisprozess, bei dem das Kältemittel einen großen Temperaturgleit während der Abkühlung im „Gaskühler“ aufweist, eignet sich wegen der guten Anpassung des Kältemittels an den Wärmesenkentemperaturverlauf gut für Anwendungen mit einer großen Aufwärmspanne. Üblicherweise sind dies Anwendungen mit tiefen Eintrittstemperaturen auf der Wärmesenkenseite.

In der Praxis haben sich deshalb Lösungen zur Warmwasseraufbereitung (z.B. die Wassererwärmung von 10 auf 65°C) bereits bewährt. Durch den transkritischen Prozess werden trotz hoher Warmwassertemperaturen von über 60°C sehr hohe Leistungszahlen erreicht.

Das Marktpotential für Brauchwasser-Wärmepumpen ist groß, denn etwa 20 % des Energieverbrauchs im Wohn- und im gewerblichen Bereich wird für die Warmwasserbereitung aufgebraucht. Mit konventionellen Kältemitteln ist die Warmwasserbereitung auf Temperaturen bis maximal 65°C begrenzt. Mit $CO_2$-Wärmepumpen kann die Warmwasserbereitung ohne große Effizienzeinbußen bis zu Temperaturen von 90°C erfolgen.

Dies eröffnet den $CO_2$-Wärmepumpen neue Anwendungspotentiale besonders im industriellen Bereich. Im Gegensatz zu Japan, wo seit 2001 $CO_2$-Warmwasserwärmepumpen am Markt angeboten werden, erfolgte in Deutschland bisher noch keine breite Markteinführung von $CO_2$-Wärmepumpenanlagen.

Die Effizienz des transkritischen Prozesses ist maßgeblich durch die minimal erzielbare $CO_2$-Austrittstemperatur aus dem Gaskühler bestimmt. Aufgrund dieser Charakteristik des Kältemittels sind $CO_2$-Wärmepumpen zum Einsatz für Raumwärme, d.h. als Heizwärmepumpen, noch nicht geeignet. Die Heizungs-Rücklauftemperaturen sind zu hoch bzw. die Temperaturspreizung zwischen Vorlauf und Rücklauf des Heizkreises ist zu gering.

Verglichen mit den heute üblichen Wärmepumpen und Kältemitteln, erreichen dadurch $CO_2$-Wärmepumpen zur Raumheizung geringe Leistungszahlen. Für den energetisch effizienten Einsatz von $CO_2$-Wärmepumpen muss deshalb das Gesamtsystem, speziell die Verwendung des Speichers und die Auslegung des Wärmeverteilsystems an die Charakteristik des Kältemittels angepasst werden.

Neben der Anwendung zur Brauchwassererwärmung und zur Raumheizung können $CO_2$-Wärmepumpen auch zur Trocknung und als Raumklimageräte Verwendung finden. Diese Anwendungsbeispiele haben zwar den Forschungsstatus verlassen, bisher konnte aber aus mangelnder Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu konventionellen Systemen noch keine Markteinführung erfolgen (52).

### 5.2.4. Alternative Wärmepumpentypen: Gas-Wärmepumpen

Während elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen vielfach in Wohngebäuden zum Einsatz kommen, befindet sich die Gas-Wärmepumpe im Sektor der Ein- und Mehrfamilienhäuser noch in einer frühen Markteintrittsphase. Für einen größeren Leistungsbereich sind gasmotorisch betriebene Wärmepumpen bzw. Kältemaschinen, auch als Gasklimageräte bezeichnet, heute am Markt verfügbar.

Im Jahr 2008 sind in Deutschland insgesamt 183 gasmotorische Wärmepumpen, die zum Heizen und zum Kühlen eingesetzt werden, installiert (Abb. 5.7). Diese Anlagen besitzen eine Gesamt-Wärme- und Kälteleistung von 8,65 MW bzw. 7,27 MW (53). Pro Anlage entspricht dies einer durchschnittlichen Wärmeleistung von etwa 47 kW und einer durchschnittlichen Kälteleistung von rund 40 kW.

Die Entwicklung der Absatzzahlen von Gas-Klimageräten seit 2002 zeigt deutlich jährliche Absatzsteigerungen, allerdings ausgehend von einem niedrigen Niveau. Nach Angaben der ASUE wurden 2002 erste Pilotanlagen in Deutschland installiert, im Jahr 2004 wurden > 30 Anlagen, im Jahr 2006 rund 90 Anlagen und im letzten Jahr etwa 180 Anlagen in Deutschland in Betrieb genommen.

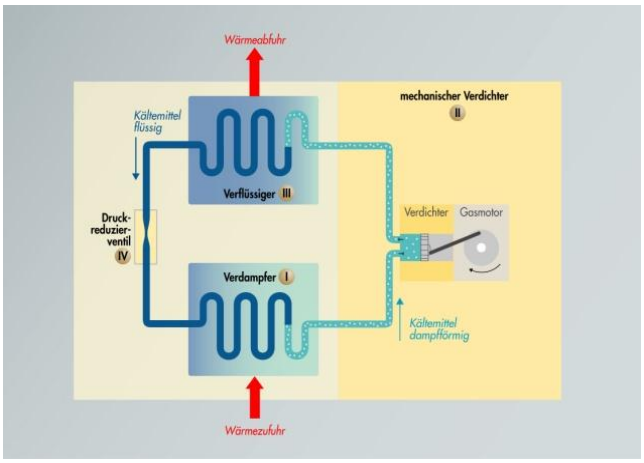
**Abb. 5.7: Gasklimagerate in Deutschland 2008 (54)**

Gas-Wärmepumpen können als gasmotorische Anlagen oder als Gas-Sorptionsanlagen realisiert werden (Abb. 5.8). Bei der ersten Variante wird der Verdichter im Gegensatz zur elektrisch betriebenen Wärmepumpe mit einem Gas-Motor angetrieben. Die dabei anfallende Abwärme des Motors wird zusätzlich zur genutzten Umweltwärme in den Heizkreislauf eingespeist.

Bei Gas-Sorptionswärmepumpen findet die Verdichtung auf thermischen Weg über Sorptions- und Desorptionsprozesse statt. Sorptionswärmepumpen werden noch weiter unterschieden in Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen.

Bei der Absorption wird das verdampfte Kältemittel in einer flüssigen Lösung (z.B. Ammoniak/Wasser oder Wasser/Lithiumbromid) absorbiert. Bei der Adsorption lagert sich das verdampfte Kältemittel an der Oberfläche eines Feststoffs (z.B. Zeolithe) an (55).

Aktuell sind gasmotorische- und Gas-Ab-/Adsorptionswärmepumpen aufgrund ihrer Leistungsgrößen (ab etwa 30 kW) vor allem für den Einsatz in größeren Objekten und Mehrfamilienhäuser (Neubau und Gebäudebestand) am Markt verfügbar. Gaswärmepumpen im kleinen Leistungsbereich befinden sich derzeit bei drei Geräteherstellern in der Entwicklung. Zu diesen Anlagen im Leistungsbereich von <10 kW für den Einsatz in Einfamilienhäusern (Neubau) werden umfangreiche Labor- und Feldtestuntersuchungen durchgeführt. Eine Markteinführung wird deshalb nicht vor dem Jahr 2011 erwartet (56).



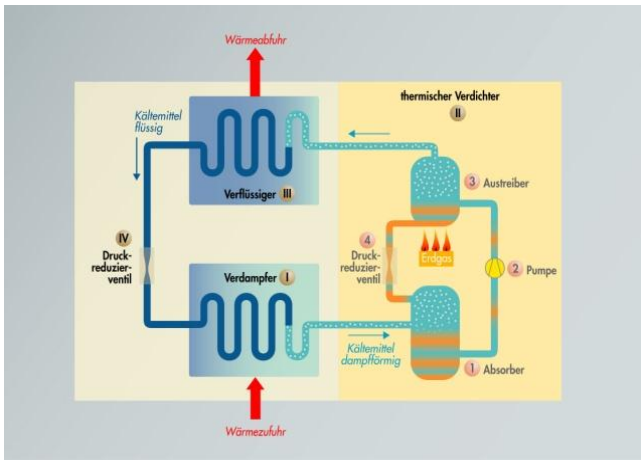




**Abb. 5.8: Vergleich des technischen Prinzips einer Gasmotorwärmepumpe (oben) und einer Gas-Absorptionswärmepumpe (unten) (54)**

## Literaturverzeichnis


1. **BMWi, BMU.** *Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm.* Berlin : s.n., 2007.
2. **BMVBS.** *CO2-Gebäudereport 2007.* Berlin : s.n., 2007.
3. **BDH.** Jahrespressekonferenz: Dynamischer Trend zu Effizienz und erneuerbaren Energien im Heizungsbereich. *www.bdh-koeln.de.* [Online] 2009.
4. **BWP.** Presseinformation: Boom bei Wärmepumpen. *www.waermepumpe.de.* [Online] 2009.
5. **BDH.** Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. *www.bdh-koeln.de.* [Online] 2009.
6. **BWP.** Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. *www.waermepumpe.de.* [Online] 2009.
7. **BAFA.** Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle . *www.bafa.de.* [Online]
8. **KfW-Bank.** KfW Bankengruppe. *http://www.kfw-foerderbank.de/.* [Online]
9. **WPZ.** Wärmepumpen-Testzentrum Buchs . *http://www.ntb.ch/ies/waermepumpen-testzentrum-wpz.html.* [Online]
10. **Fraunhofer ISE.** Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme. *www.ise.fraunhofer.de.* [Online]
11. **Böhmer, T.** Marktsituation der elektrischen Wärmepumpe in Deutschland. *Elektrizitätswirtschaft.* 1999, Heft 20.
12. **EHPA.** *European Heat Pump Statistics - Outlook 2008.* Brussels : The European Heat Pump Assocation, 2008.
13. **BDH, BWP.** *Marktdaten Wärmepumpen: Anzahl installierter Heizungswärmepumpen und Absatz von Heizungswärmepumpen getrennt nach Wärmequellen für den Zeitraum von 1978 bis 2008.* [Excel-Tabelle] Köln, Berlin : s.n., 2009.
14. **BMWi.** *Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes.* Berlin : s.n., 2009.
15. **Statistisches Bundesamt (DESTATIS).** *Bauen und Wohnen - Bautätigkeit.* Wiesbaden : s.n., 2001-2009.
16. **Hans-Arno Kloep (Querschiesser GmbH & Co.KG).** *Marktanteile, Nachfrageprofile und Prognosen für 2009.* 6. Forum Wärmepumpe, Berlin : s.n., 2008.
17. **Baumann, Michael, Laue, Hans-Jürgen und Müller, Peter.** *Wärmepumpen - Heizen mit Umweltenergie.* FIZ Karlsruhe : Solarpraxis AG, 2007.
18. **GZB - GeothermieZentrum Bochum.** *Erschließung des geothermischen Feldes "Nordlicht" in Bottrop-Kirchhellen.* Bochum : s.n., 2008.
19. **BWP.** *BWP-Branchenstudie 2009 - Szenarien und politische Handlungsempfehlungen.* Berlin : s.n., 2009.
20. **Rognon, F.; Bundesamt für Energie (BFE).** *Energetische Potentiale von Wärmepumpen kombiniert mit Wärme-Kraft-Kopplung.* Bern : s.n., 2005.
21. **Faninger G.; Universität Klagenfurt.** *Aktueller Stand der Wärmepumpen-Technik in Österreich.* Klagenfurt : s.n., 2007.
22. **Erb, M., Hubacher, P., Ehrbar, M.** *Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen (FAWA) 1996-2003.* Bern : Bundesamt für Energie (BFE), 2004.
23. *Dank Planung sparen.* **Miara, Marek; Fraunhofer ISE.** 2009, Faktor Wärmepumpen, Heft 24 ISSN 1661-2027.
24. **BWP.** *Marktdaten Wärmepumpen: Absatzzahlen von Heizungswärmepumpen und Brauchwasserwärmepumpen, Marktanteile Neubau und Gebäudebestand.* [Excel-Tabelle] Berlin : s.n., 2009.

25. **BDH.** *Entwicklung der durchschnittlichen Heizleistung von Heizungswärmepumpen im Zeitraum 1978 bis 2008.* [Excel-Tabelle] Köln : s.n., 2009.

26. **BMVBS.** *Wohnen und Bauen in Zahlen 2008/2009.* Berlin : s.n., 2009.

27. **Miara, Marek und Russ, Christel.** *Persönliche Mitteilung Fraunhofer ISE.* [Befragte Person] GZB. 2009.

28. **VDI- Richtlinie 4650, Blatt 1.** *Berechnung von Wärmepumpen, Elektrowärmepumpen zur Raumheizung.* s.l. : Beuth-Verlag, 2003.

29. **Eschmann, Michael (Interstaatliche Hochschule für Technik NTB).** *Monitoring von Klein-Wärmepumpen mittels Normprüfungen 2008.* Bern : Bundesamt für Energie (BFE), Schweiz, 2009.

30. *Wärmepumpen im Gebäudebestand.* **Russ, Christel, Miara, Marek und Platt, Michael.** 2009, IKZ Energy, ISSN 1864-8355.

31. *Feldtest bestätigt hohe Effizienz von Wärmepumpen.* **Ewert, M.** Nr.3 - März, München : HLH, 2005, Bd. 56.

32. **Auer, F.** *Zweijähriger Feldtest Elektro-Wärmepumpen am Oberrhein: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei.* Lahr : Lokale Agenda 21-Gruppe Energie Lahr, Ortenauer Energieagentur Offenburg, 2006.

33. **Prof. Dr.-Ing Kruse, H.; IZW e.V. Hannover.** *Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen in Theorie und Praxis und primärenergetischer Vergleich zu Gaskesseln.* [Powerpoint Präsentation] DBU-DLR Workshop Stuttgart : s.n., 2007.

34. **Öko-Institut, Gesamthochschule Kassel.** *Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.5.* 2010.

35. **BAFA.** *Persönliche Mitteilung.* Wiesbaden, 2009.

36. *Marktübersicht Wärmepumpen.* **Haus&Energie.** 2009, Haus&Energie, ISSN 1860-9015.

37. **BAFA.** Förderung von Effizienten Wärmepumpen im Marktanreizprogramm. *www.bafa.de.* [Online] 2009.

38. **BMU.** Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien, Teil BAFA: Förderung mit Investitionszuschüssen. *www.bmu.de.* [Online] 2009.

39. **KfW-Bank.** *Persönliche Mitteilung.* Berlin, 2009.

40. **Reichert, Jürgen, Gruber, Edelgard und Mannsbart, Wilhelm.** *Evaluierung der Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien durch das Bundesministerium für Wirtschaft (1994-1998).* Karlsruhe : Fraunhofer ISI, 1999.

41. **NRW, EnergieAgentur.NRW - Wärmepumpen-Marktplatz.** http://www.ea-nrw.de/waermepumpen. [Online] 2009.

42. **BMWi.** Förderdatenbank - Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes, der Länder und der EU. *www.foerderdatenbank.de.* [Online] 2009.

43. **Förderinstitutionen der Bundesländer (Energieagenturen, Ministerien, Förderbanken).** *Persönliche Mitteilungen.* 2009.

44. **BMU.** *Wärme aus Erneuerbaren Energien - Was bringt das neue Wärmegesetz?* Berlin : s.n., 2009.

45. —. *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland, Leitszenario 2009.* Berlin : s.n., 2009.

46. **BEE.** *Wege in die moderne Energiewirtschaft, Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche, Teil 2: Wärmeversorgung 2020.* Berlin : s.n., 2009.

47. **Zentralinnungsverband, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks -.** *Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2008.* Sankt Augustin : s.n., 2009.

48. **Lambauer, J., et al.** *Industrielle Großwärmepumpen - Potentiale, Hemmnisse und Best-Practice-Beispiele.* Stuttgart : Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 2008.

49. **Müller, E.; Schmid, F.; Stadtmeister, W.; Kobel, B. .** *Heizen und Kühlen mit Abwasser - Ratgeber für Bauherren und Kommunen.* s.l. : Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. und Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2005.

50. **Buri, R. und Kobel, B.** *Energie aus Kanalabwasser - Leitfaden für Ingenieure und Planer.* Osnabrück : Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2005.

51. **Wobst, E, Oberländer, S und Nestler, W.** CO2-Wärmepumpen großer Leistung - unverzichtbar für eine nachhaltige Wärmeversorgung. *Kälte, Luft, Klimatechnik.* 2008.

52. **Rieberer, R., Stene, J. und Neksa, P.** *CO2-Wärmepumpen - Grundlagen, Satus und Ausblick.* Trondheim, Graz : SINTEF Energy Research, TU Graz, 2005.

53. **ASUE.** *Tätigkeitsberichte 2008 bis 2002.* Kaiserslautern : s.n., 2009 bis 2003.

54. —. Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. *www.asue.de.* [Online]

55. **Dr. Fischedick, Manfred und Dr. Pehnt, Martin.** *MINI-Technologieabschätzung Gas-Wärmepumpe.* Wuppertal, Heidelberg : Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie; ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, 2008.

56. **Wackertapp, H., et al.** *Der Gasmarkt braucht neue Technologien: Die Gaswärmepumpen Initiative (IGWP).* München : Oldenbourg Industrieverlag, 2009.

## Abbildungsverzeichnis


Abb. 2.1: Fragebogen des GZB zur Erhebung marktrelevanter Daten ....12

Abb. 3.1: Absatzzahlen von Heizungswärmepumpen in Deutschland und Entwicklung des Heizölpreises von 1978 bis 2008 (12) (13) ....20

Abb. 3.2: Strukturentwicklung Wärmeerzeugermarkt von 1998 bis 2008 (3) ....21

Abb. 3.3: Marktanteile der Wärmepumpenhersteller im SHK- und Elektrohandwerk (15) ....23

Abb. 3.4: Vertriebswege für Wärmepumpen....24

Abb. 3.5: Temperaturverlauf im ungestörten Erdreich (16) ....25

Abb. 3.6: Entwicklung der Absatzzahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpen (12) ....26

Abb. 3.7: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Sole-Wasser-Wärmepumpen (12)....27

Abb. 3.8: Jahresverlauf der Außentemperaturen am Standort Bottrop (17)....28

Abb. 3.9: Entwicklung der Absatzzahlen der Luft-Wasser-Wärmepumpen (12) ....28

Abb. 3.10: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Luft-Wasser-Wärmepumpen (12)....29

Abb. 3.11: Entwicklung der Absatzzahlen der Wasser-Wasser-Wärmepumpen (12)....30

Abb. 3.12: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Wasser-Wasser-Wärmepumpen (12)....31

Abb. 3.13: Entwicklung der Absatzzahlen für Heiz- und Brauchwasserwärmepumpen (19) ....35

Abb. 3.14: Gesamtanzahl der in Deutschland installierten Heiz- und Brauchwasser-Wärmepumpen (12) ....36

Abb. 3.15: Entwicklung der durchschnittlichen Heizleistungen der Sole-Wasser-, Luft-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen (12) ....39

Abb. 3.16: Anzahl der fertiggestellten Gebäude mit Wärmepumpenheizung im Zeitraum 2000 bis 2008 (14) ....40

Abb. 3.17: Art der Wohngebäude mit Wärmepumpenheizung (14) ....41

Abb. 3.18: Art der Nichtwohngebäude mit Wärmepumpenheizung (14) ....41

Abb. 3.19: Anteile der installierten Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (12)....42

Abb. 3.20: Anteile der installierten Wärmespeicher im Neubau und im Gebäudebestand (21) ....43

Abb. 3.21: Leistungszahl in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (16)....45

Abb. 3.22: COP-Verlauf von allen getesteten Luft-Wasser-Wärmepumpen seit 1993 (23) ....46

Abb. 3.23: COP-Verlauf von allen getesteten Sole-Wasser-Wärmepumpen seit 1993 (23)....46

Abb. 3.24: Summenhäufigkeitsverteilung der COP-Werte von Wärmepumpen bei A2/W35, B0/W35 und W10/W35 (23) ....48

Abb. 3.25: Aufteilung der Wärmeverteilsysteme zur Gebäudeheizung im Gebäudebestand und im Neubau (21)....50

Abb. 3.26: Wärmepumpen-Feldtest – JAZ von Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (18) (24) ....51

Abb. 4.1: Mittlere Nettoinvestitionskosten der durch die BAFA geförderten Wärmepumpenanlagen (25)....55

Abb. 4.2: Durchschnittlicher Netto-Gerätepreis für eine Wärmepumpe mit einer Heizleistung von max. 15 kW (Stand April 2009) (26) ....56

Abb. 4.3: Anteile der Gerätekosten und Kosten für die Wärmequellen-erschließung an den Gesamt-Investitionskosten für Wärmepumpen (25) (26) ....57
Abb. 4.4: Gesamtübersicht Absatz Wärmepumpen, Anzahl der gestellten Förderanträge und Anzahl der geförderten Anlagen im Jahr 2008 (25) ....60
Abb. 4.5: Anteile der geförderten Wärmepumpentypen im MAP (25) ....61
Abb. 4.6: Durchschnittliche Förderhöhe pro Wärmepumpenanlage (25) ....62
Abb. 4.7: Förderanträge für Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im MAP (28) ....63
Abb. 4.8: Gesamtanzahl der von der KfW geförderten Wärmepumpenanlagen (29) ....65
Abb. 4.9: Gesamte KfW-Fördersumme für Wärmepumpenanlagen seit 1990 (29) ....66
Abb. 4.10: Fördersummen der KfW-Bank im Bereich Wärmepumpen für den Zeitraum von 1990 bis 1999 (29) ....67
Abb. 4.11: Fördersummen der KfW-Bank im Bereich Wärmepumpen für den Zeitraum von 2000 bis 2009 (Stand: 26.08.09) (29) ....67
Abb. 4.12: Fördervolumen und Anzahl der geförderten Wärmepumpenanlagen im 100-Mio.-DM-Programm des BMWi (1995-1998) (30) ....69
Abb. 4.13: Fördervolumen und Anzahl der geförderten Wärmepumpen im Förderprogramm des BMWi (2000-2006) (25) ....70
Abb. 5.1: Entwicklung des Endenergieeinsatzes zur Wärmebereitstellung, Vergleich BEE-Wärmeversorgung 2020 und BMU-Leitszenario 2009 (35) (36) ....76
Abb. 5.2: Gesamtanzahl der installierten Heizungswärmepumpen auf Basis der BEE-Wärmeversorgung 2020 ....80
Abb. 5.3: Anteile der genutzten Wärmequellen am Wärmepumpen-Anlagenbestand (36) ....81
Abb. 5.4: Qualitative Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes auf Basis der BEE-Wärmeversorgung 2020 ....82
Abb. 5.5: Gesamtanzahl der installierten geothermischen Wärmepumpen auf Basis des BMU-Leitszenarios 2009 ....83
Abb. 5.6: Qualitative Entwicklung des Absatzes von geothermischen Wärmepumpen auf Basis des BMU-Leitszenarios 2009 ....83
Abb. 5.7: Gasklimagerate in Deutschland 2008 (45) ....91
Abb. 5.8: Vergleich des technischen Prinzips einer Gasmotorwärmepumpe (oben) und einer Gas-Absorptionswärmepumpe (unten) (45) ....92

## Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Anteile der vorwiegend verwendeten Heizenergien in neu fertiggestellten Wohngebäuden in den Jahren 2000 und 2008 (14) ..... 22

Tab. 3.2: Thermische und Elektrische Gesamtleistung des Anlagenbestands ..... 32

Tab. 3.3: Heizwärmemenge, Stromverbrauch und genutzte regenerative Wärme des Anlagenbestands ..... 34

Tab. 3.4: Projektinformationen zu den Wärmepumpen-Feldtests des Fraunhofer ISE (23) ..... 49

Tab. 3.5: Verlauf der Arbeitszahlen der im Jahr 2008 untersuchten Wärmepumpen im Neubau und im Gebäudebestand (23) ..... 52

Tab. 3.6: Ergebnisse (JAZ) von weiteren Wärmepumpen-Feldtest sowie verwendete JAZ in GEMIS 4.5 ..... 53

Tab. 4.1: Basisförderung von Wärmepumpen im MAP (29) ..... 58

Tab. 4.2: Förderanforderungen von Wärmepumpen im MAP (29) ..... 59

Tab. 4.3: Auflistung der relevanten KfW-Förderprogramme für Wärmepumpen seit 1990 (31) ..... 64

Tab. 4.4: Aktuelle Förderprogramme und Finanzhilfen für den Einsatz von Wärmepumpen der Bundesländer (34) (35) ..... 73

Tab. 5.1: Prognose der Wärmebereitstellung aus Wärmepumpen auf Basis der BEE-Wärme-versorgung 2020 (38) ..... 78

Tab. 5.2: Prognose der Wärmebereitstellung aus geothermischen Wärmepumpen auf Basis des BMU-Leitszenario 2009 (37) ..... 79

Tab. 5.3: Entwicklungsprognose der JAZ von geothermischen Wärmepumpen für den Zeitraum 2008 bis 2020 (40) ..... 79

Tab. 5.4: Durchschnittliche Heizleistung und Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen für den Zeitraum 2008 bis 2020 (40) ..... 80

Tab. 5.5: Typische Vor- und Nachteile von $CO_2$ als Kältemittel (44) ..... 89

## Danksagung

Für die Unterstützung bei der Datenerhebung für diese Studie danken wir folgenden Personen und Institutionen:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Referat 433 - Förderung Erneuerbare Energien, Eschborn
(Herr Wagner)

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V., Berlin
(Herr Gößwein, Frau Gorris, Herr Thamm)

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Abt. Thermische Anlagen und Gebäudetechnik, Freiburg
(Herr Miara, Frau Dr. Russ)

KfW Privatkundenbank – Pba1, Berlin
(Herr Dr. Plattner)

Wärmepumpen-Marktplatz NRW, Düsseldorf
(Herr Kersten, Herr Schröder)