

20 Jahre Betriebserfahrungen mit 73 Wärmepumpen und der „kalten Nahwärmeversorgung“ Wulfen

G. Agne, W. Kuhlmann, P. Müller, N. Neuhaus, W. Reiners, W. Scislo, J. Wenzel

20 Jahre Betriebserfahrungen mit 73 Wärmepumpen und der „kalten Nahwärmeversorgung“ Wulfen

G. Agne, W. Kuhlmann, P. Müller, N. Neuhaus, W. Reiners, W. Scislo, J. Wenzel

Frankfurt am Main: Die Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen ist seit 1977 ein wichtiger Bestandteil der städtischen Wärmeversorgung. Die Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen ist seit 1977 ein wichtiger Bestandteil der städtischen Wärmeversorgung.

Technikkonzept der kalten Nahwärmeversorgung Wulfen

Das Projekt umfasst die Errichtung von 73 Wärmepumpen (Einsamstell-, Reihen- und Mehrsamstellanlagen) mit je einer Wärmepumpe. Alle Gebäude sind mit

Im Gemeindefachhaus ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpe primär für die Wärmeversorgung verantwortlich. Sie deckt die Wärmebedürfnisse des gesamten Gebäudes ab. Die übrigen Wärmebedürfnisse werden in 25 Gebäuden mit je einer Wärmepumpe abgedeckt.

Die VEW Wulfen hat sich als Investor und Betreiber der Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen etabliert. Die Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen ist seit 1977 ein wichtiger Bestandteil der städtischen Wärmeversorgung.

durchschnittliche Wohnfläche je Wohnung beträgt 114 m² mit einem durchschnittlichen Energieverbrauch von 12,2 kWh/m² und Jahr.

Das Projekt umfasst die Errichtung von 73 Wärmepumpen (Einsamstell-, Reihen- und Mehrsamstellanlagen) mit je einer Wärmepumpe.

Ein Gemeindefachhaus am Hallenbad, Versammlungsgruppen und Hausmeisterwohnungen ist zusätzlich zu den Wohngebäuden an das Grundwasserrecht angeschlossen. Die Daten hierzu zeigt Tabelle 2.

Die Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen ist seit 1977 ein wichtiger Bestandteil der städtischen Wärmeversorgung.

Tabelle 1: Haupttypen mit ähnlichen Wärmepumpenanlagen

Haustyp	Anzahl	Anzahl Wohnungen	Wohnfläche je m ² nach DIN 252	Anzahl Wärmepumpen
Einsamstellhaus	7	7	92	7
Reihenhaus	62	36	114	62
Mehrsamstellhaus	1	24	122	1
Gesamt	70	67	122	70

Tabelle 2: Flächen der Grundwasserfachhaus Wärmepumpe

Gemeinschafts- haus	Bau- jahr	Alteingesch. Trennungsgut	Neueingesch. Trennungsgut	Wohn- fläche
Fläche m ²	1.001	1.001	1.001	1.001
Gesamt	1.001	1.001	1.001	1.001
Wärmepumpen	2 Wärmepumpen/Wärmepumpen	1 Wärmepumpe/Wärmepumpe	1 Wärmepumpe/Wärmepumpe	1 Wärmepumpe/Wärmepumpe

Die Wärmepumpen- und Nahwärmeversorgung der Stadt Wulfen ist seit 1977 ein wichtiger Bestandteil der städtischen Wärmeversorgung.

20 Jahre Betriebserfahrungen mit 73 Wärmepumpen und der „kalten Nahwärmeversorgung“ Wulfen

G. Agne, W. Kuhlmann, P. Müller, N. Neuhaus, W. Reiners, W. Scislo, J. Wenzel

„Primärenergiesparende Wärmeversorgung der Wohnsiedlung Stadtkern West“ ist ein Projekt, das 1977 für eine gesamte Siedlung als Teil der „Neuen Stadt Wulfen“ bei Dorsten startete. Durch Ausnutzung natürlicher Wärmequellen sollten mit Unterstützung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie verschiedene energiesparende Varianten der Wärmeversorgung untersucht werden. Da es sich bei der „Neuen Stadt Wulfen“ um eine Bergarbeiterstadt handelt, war es stets erklärte Absicht, Anwendungschancen für Strom aus Kohlekraftwerken im Blickfeld zu haben.

Die VEW Energieanwendung als Investor und Projektverantwortlicher, d. h. als Contractor, entschied sich aufgrund der Anpassungsfähigkeit und der betriebswirtschaftlichen Vorteile für den Bau einer zentralen Grundwasserver- und -entsorgung. Somit konnten in den nachfolgenden Jahren errichtete Ein- und Mehrfamilienhäuser mit dezentralen, elektrischen Wärmepumpen nachträglich an das Grundwassernetz angeschlossen werden.

Heute, nach ca. 20 Jahren, kann über die gewonnenen Betriebserfahrungen berichtet werden. Die Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung der Wärmepumpen und der Grundwasserver- und -entsorgung sowie die Primärenergieeinsparungen gegenüber anderen Wärmeversorgungstechniken können ebenso wie die erzielten CO₂-Emissionsminderungen beurteilt werden.

Technikkonzept der kalten Nahwärmeversorgung Wulfen

Das Projekt umfaßt, wie Tabelle 1 zeigt, 71 Wohngebäude (Einfamilien-, Reihen- und Mehrfamilienhäuser) mit je einer Wärmepumpe. Alle Gebäude sind mit einem, gegenüber den damaligen gesetzlichen Bestimmungen um 15 % verbesserten Wärmeschutz ausgestattet. Die gesamte Wohnfläche der 117 Wohnungen beträgt 12 240 m². Der Gesamtwärmebedarf der Wohngebäude beträgt ca. 1,1 MW nach DIN 4701 (1959). Die durchschnittliche Wohnfläche je Wohnung beträgt 104,6 m² mit einem durchschnittlichen spezifischen Wärmebedarf von 90,5 W/m².

Ein Gemeinschaftshaus mit Hallenbad, Versammlungsräumen und Hausmeisterwohnungen ist zusätzlich zu den Wohngebäuden an das Grundwassernetz angeschlossen. Die Daten hierfür zeigt Tabelle 2.

Im Gemeinschaftshaus ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpe primär für die Wärmeerzeugung verantwortlich. Sie dient zur Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Hallenbades. Die rückgewonnene Wärme wird in 10 Behältern mit je 10 m³ Wasservolumen zur Erwärmung des Beckenwassers eingespeichert. Weitere Wärmeverbraucher sind raumlufttechnische Anlagen. Die zusätzlich zur Wärmerückgewinnung erforderliche Wärme liefern zwei Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Als Ergänzung zur Deckung des Spitzenwärmebedarfes dient eine Elektroblockspeicheranlage.

Vor der Ausschreibung des Projektes 1977 wurden in einer Systemanalyse verschiedene zentrale und dezentrale Versorgungsvarianten betrachtet. Auf der Grundlage dieser Systemstudie entschied man sich für die Wohnraumbeheizung mit dezentralen Wärmepumpen in den Häusern mit einer zentralen Grundwasserver- und -entsorgung. Eine sche-

Tabelle 1: Haustypen mit dezentralen Wärmepumpenanlagen

Haustyp	Anzahl	Anzahl Wohnungen	Wohnfläche in m ² nach DIN 283	Anzahl Wärmepumpen
Einfamilienhaus	7	7	923	7
Reihenhaus	62	86	9 559	62
Mehrfamilienhaus	2	24	1 758	2
Summe	71	117	12 240	71

Tabelle 2: Flächen des Gemeinschaftshauses, Wärmepumpen

Gemeinschaftshaus	Bad	Altentages- u. Versammlungsstätte	Verwaltungs- u. Sozialstelle	Wohnungen
Fläche m ²	1 691	1 398	687	260
Gesamt:	4 036			
Wärmepumpen	2 Wasser-Wasser-Wärmepumpen		1 Luft-Wasser-Wärmepumpe	

Dipl.-Ing. G. Agne, Dipl.-Ing. W. Kuhlmann, Dipl.-Ing. N. Neuhaus, W. Scislo, VEW ENERGIE AG, Bezirksdirektion Ruhr-Lippe, Abteilung Ingenieurdienste, Bochum;
Dipl.-Ing. P. Müller, Dipl.-Ing. W. Reiners, Dipl.-Ing. J. Wenzel, VEW ENERGIE AG, Hauptverwaltung, Abteilung Anwendungstechnik, Dortmund

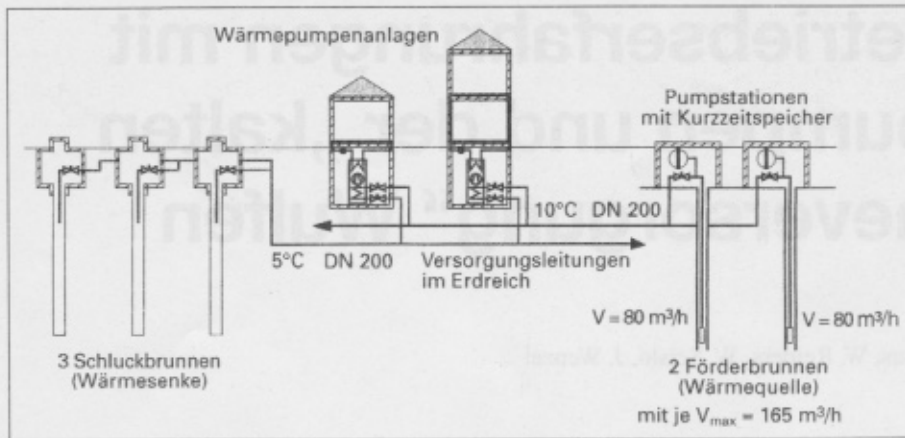


Bild 1: Schema des Gesamtsystems

matische Übersicht zeigt Bild 1. Wesentlicher Grund für die Entscheidung waren die Minimierung der Wärmeverluste und die Anpassungsfähigkeit an die zeitliche Entwicklung der gesamten Siedlung.

Aus zwei Förderbrunnen wird Grundwasser in ein zentrales Wasserverteilungsnetz gefördert. Durch das unisoliert im Erdreich verlegte Rohrnetz wird Grundwasser zu den dezentral in den Häusern installierten Wärmepumpen geleitet. Nach Abkühlung um ca. 5 K wird das Grundwasser in einer Rücklaufleitung gesammelt und über drei Schluckbrunnen dem Grundwasser wieder zugeführt, aus dem es entnommen wurde. Dimensionierung und Standorte der Brunnen wurden nach einem geologischen Gutachten festgelegt.

Das Ein- und Ausschalten der Grundwasserförderpumpen erfolgt in Abhängigkeit vom Wasserdruck im Versor-

gungsnetz. Damit bei geringem Wärmebedarf Mindestbetriebszeiten erreicht werden, ist jeder Pumpstation ein Kurzzeitspeicher zugeordnet.

Die Grundwasserförderung erfolgt aus zwei Brunnen mit einer Tiefe von ca. 91 m. Die maximale Förderleistung je Brunnen beträgt ca. 165 m³/h. Diese Förderleistung reicht aus, den gesamten Grundwasserbedarf aller Wärmepumpen bereitzustellen. Aus Gründen der Betriebssicherheit und der Reservehaltung ist jedem Brunnen eine Förderleistung von ca. 80 m³/h zugeordnet. Später, mit dem Anschluß des Gemeinschaftshauses, wurde dann der Brunnen 2 auf eine Förderleistung von 160 m³/h ausgebaut. Die Brunnenschächte sind aus landschaftsgestalterischen Gründen unterirdisch angelegt. Die Pumpen fördern jeweils auf einen Hochdruckteil, in dem mittels eines Druckspeichers der Netzdruck stabilisiert wird.

Das Schema eines Brunnenschachtes zur Grundwasserförderung ist in Bild 2 dargestellt.

Die Einspeisung des Grundwassers ins Versorgungsnetz erfolgt über Schmutzfänger, Rückflußverhinderer, Wasserzähler und einem Druckminderer, der den Druck auf den eingestellten Netzbetriebsdruck reduziert.

Die Grundwasserverteilung erfolgt über ein 1200 m langes Ringleitungsverteilungsnetz, das in einem Sandbett innerhalb der Wege und Grundstücke in 1,10 m frostsicherer Tiefe verläuft. In dem gesamten Verteilungssystem sind an verschiedenen Stellen Absperrschieber eingebaut, mit denen im Bedarfsfall einzelne Versorgungsstränge abgesperrt werden können (Bild 3).

Von den Hauptversorgungsrohren zweigen die Hausanschlüsse ab. Diese führen durch extra gefertigte Hauseinführungsstücke in die Hausstationen.

Den Häusern wird das Grundwasser mit einer Temperatur von ca. 10 °C zugeführt. Im Verdampfer der Wärmepumpen wird es dann um ca. 5 K auf eine Rücklauftemperatur von ca. 5 °C abgekühlt. Um bei allen Anlagen einen kalkulierbaren Druckverlust sowie die Abkühlung des Grundwassers um ca. 5 K zu gewährleisten, sind alle Hausstationen mit mindestens einem Differenzdruckregler ausgestattet. Das Schema einer Hausstation wird in Bild 4 gezeigt.

Durch den Wärmepumpenprozeß ist es möglich, Umweltwärme mit niedrigem Temperaturniveau (Brunnenwasser mit 10 °C), unter Aufwand von elektrischer Energie auf ein höheres, nutzbares Temperaturniveau zu „pumpen“. Zur Optimierung der Betriebsbedingungen ist den Wärmepumpen in den Gebäuden ein Niedertemperaturheizsystem (Fußbodenheizung) mit witterungsgeführter Heizungsregelung nachgeschaltet. Zur Auslegung der Wärmepumpen wurde der Gebäuwärmebedarf nach DIN 4701, Ausgabe 1959, ermittelt. Für die Wärmepumpen gelten Sperrzeiten von maximal 2 x 2 Stunden pro Tag, so daß die Wärmepumpen nicht in Zeiten elektrischer Spitzenlast betrieben werden können. Die für die Überbrückung dieser Zeiträume erforderliche Wärmespeicherung wurde durch eine höhere Estrichdicke (6 cm) realisiert.

Das abgekühlte Grundwasser wird über eine Entsorgungsleitung seriell den so-

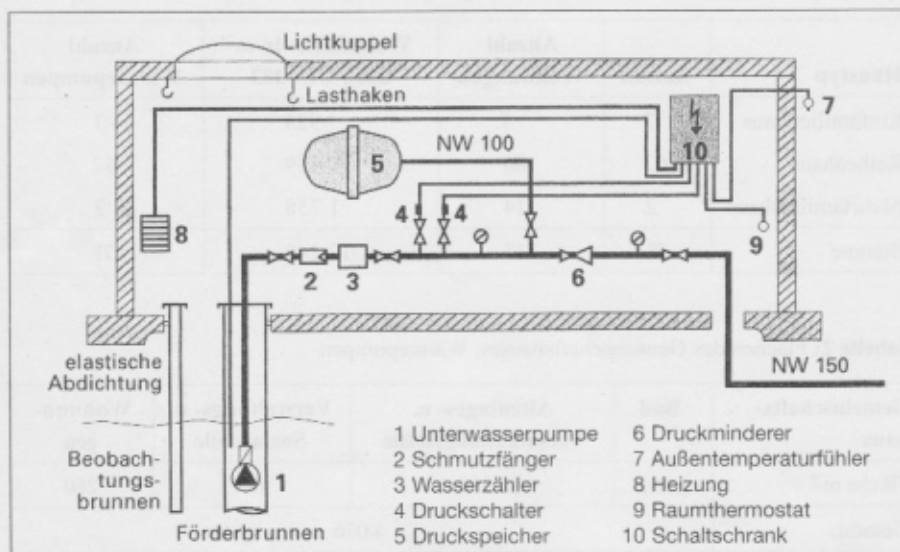


Bild 2: Schema eines Brunnenschachtes



Bild 3: Versorgungsleitung mit Absperrschiebern

genannten Schluckbrunnen zugeleitet. Diese Entsorgungsleitung führt entlang eines natürlichen Wasserlaufes (Bild 5). Die Entfernungen der Schluckbrunnen vom Förderbrunnen betragen aus geologischen Gründen 800 m, 1200 m und 1300 m. In den Schluckbrunnen wird das Wasser wieder in die Grundwasserschicht eingeleitet. Da zum Zeitpunkt der Installation der Brunnenanlagen über deren langfristiges Aufnahmevermögen keine Betriebserfahrungen vorlagen, wurden aus Gründen der Betriebssi-

cherheit drei Schluckbrunnen installiert. Jeder Brunnen ist 70 bis 80 m tief und hat eine Aufnahmekapazität von je 80 m³/h. Damit ist es möglich, die maximal erforderliche Grundwassermenge abzu-
leiten.

Meßprogramm

In den Jahren 1981 bis 1983 wurde ein umfangreiches Meßprogramm durchgeführt, das ebenfalls mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und

Technologie gefördert wurde. Das Meßprogramm erstreckte sich über einen Zeitraum von drei Jahren. Die meßtechnischen Untersuchungen erlaubten eine technische und energetische Beurteilung des gesamten Projektes sowie der einzelnen Teilsysteme (Grundwasser, Stromversorgung, Wärmeerzeugung).

Die Ergebnisse des Meßprogrammes sind in dem Forschungsbericht T86-060 von Juni 1986 vom Bundesministerium für Forschung und Technologie veröffentlicht worden.

Für das Meßprogramm sind damals neun für die Siedlung repräsentative Wohnanlagen für detaillierte Messungen ausgewählt worden. Unter anderem geben die Auswertungen Aufschluß über Leistungs- und Arbeitszahlen der Wärmepumpenanlagen. Unter Berücksichtigung der Grundwasserförderung wurde eine Jahresarbeitszahl von $\beta_3 = 2,9$ ermittelt. Ohne Berücksichtigung der Grundwasserförderung ergab sich eine Jahresarbeitszahl von $\beta_3 = 3,5$. Die gemessenen Stromverbrauchsdaten werden auf dieser Grundlage der Berechnung zur erzielten CO₂-Emissionsminderung gegenüber konventionellen Techniken in Wärme umgerechnet.

Da das Gemeinschaftshaus erst nach Abschluß des Meßprogrammes fertiggestellt wurde, war es nicht möglich, dieses in das Meßprogramm aufzunehmen. Eine meßtechnische Auswertung der Ar-

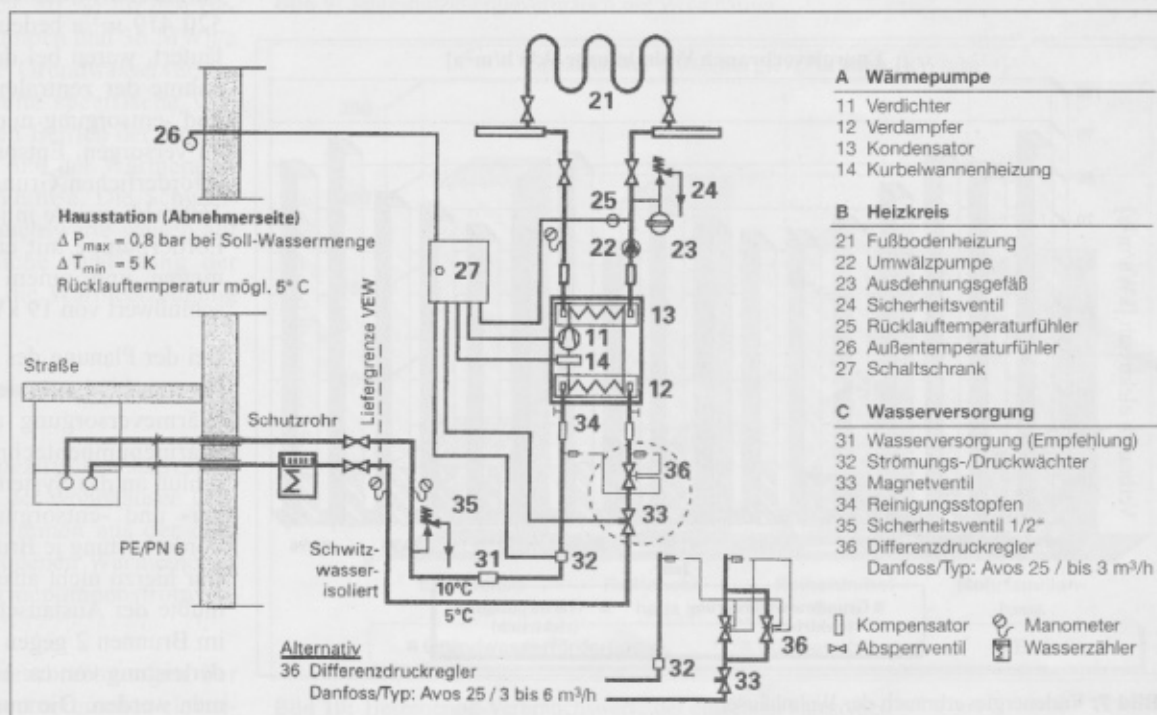


Bild 4:
Schema einer Hausstation

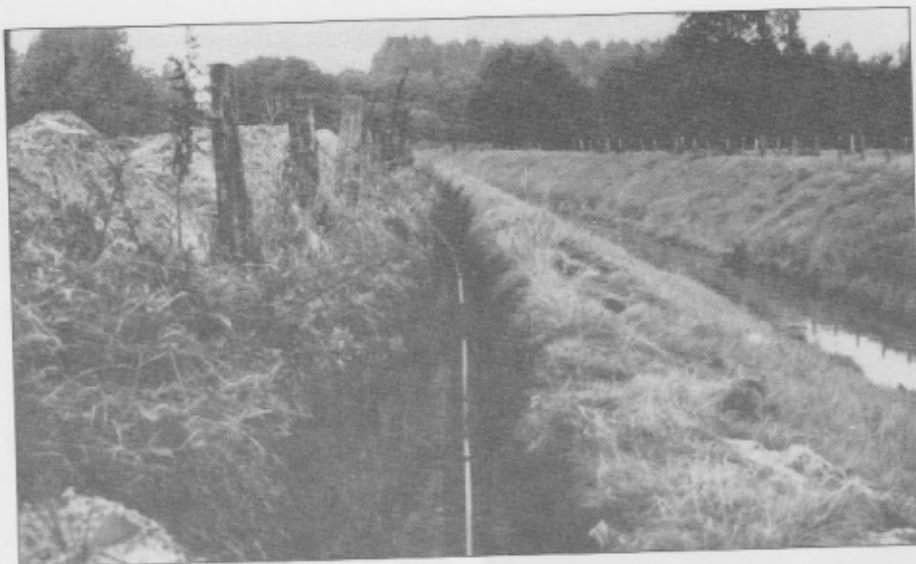


Bild 5: Entsorgungsleitung

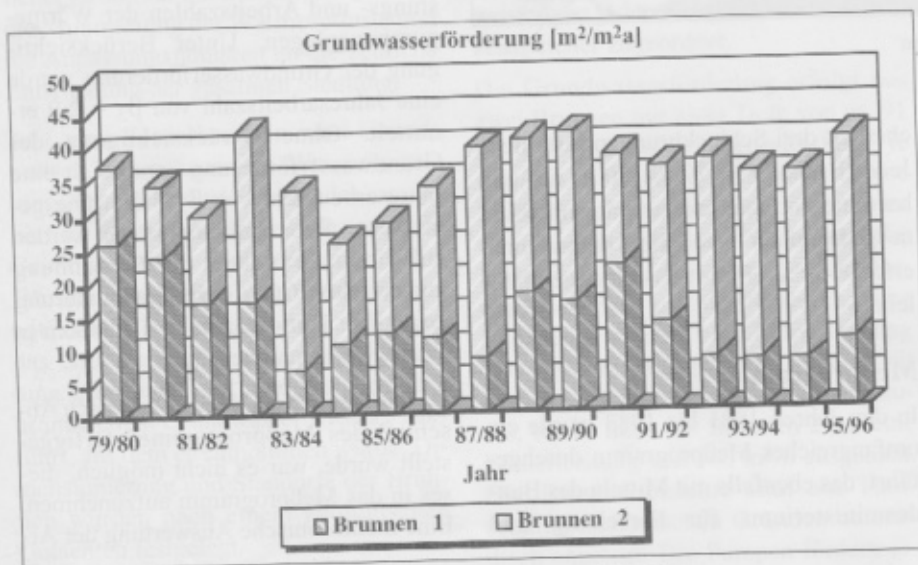


Bild 6: Grundwasserförderung in den Betriebsjahren 79/80 bis 95/96

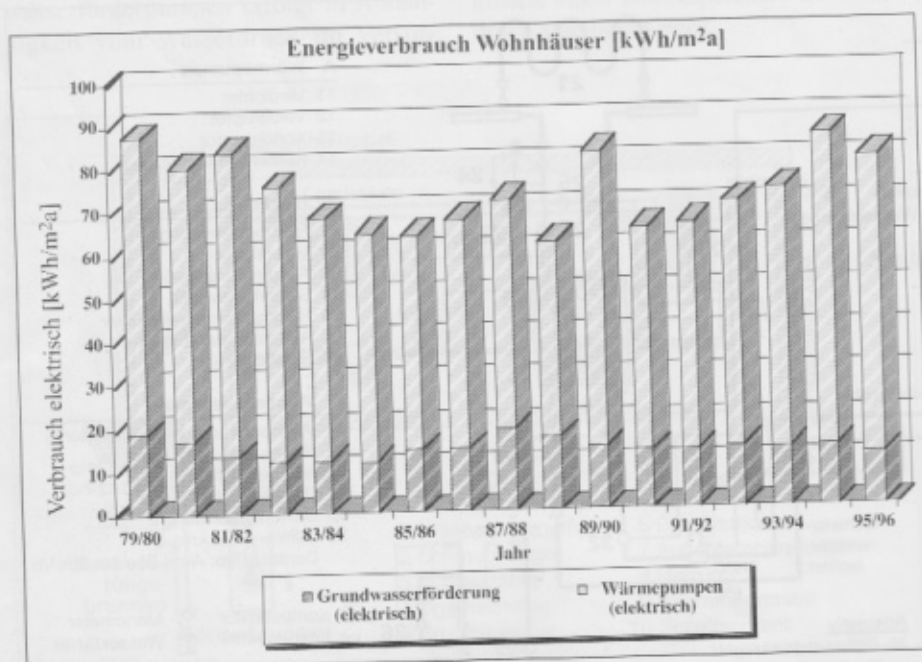


Bild 7: Endenergieverbrauch der Wohnhäuser

beitszahlen für diesen Bereich liegt somit nicht vor. Aufgrund der unveränderten Betriebsbedingungen und den bisher ermittelten Energieverbräuchen für die dort installierten und seit dieser Zeit betriebenen Wärmepumpen ist es gerechtfertigt, für die gesamte Betrachtungszeit die oben genannten Jahresarbeitszahlen anzunehmen.

Jahresenergieverbräuche

Die nachfolgenden Bewertungen des Systems der zentralen Grundwasserver- und -entsorgung sowie der Wärmeherzeugung in den Objekten beziehen sich auf die gesamte bisherige Betriebszeit des Projektes seit 1979. Der elektrische Energieverbrauch für den Betrieb der Wärmepumpen und für die Grundwasserförderung in 17 Jahren wurde den Rechnungen der VEW Energie AG entnommen. Der Abrechnungszeitraum dieser Jahresrechnungen ist jeweils der 1. April bis 31. März des folgenden Jahres. Um den Energieverbrauch darzustellen, sind für die nachfolgenden Betrachtungen die Stromverbräuche auf das Normaljahr (3781 Gradtage) umgerechnet.

Grundwasserförderung

Die geförderte Grundwassermenge in den Betriebsjahren 79/80 bis 95/96 und die Förderanteile der Brunnen 1 und 2 zeigt Bild 6.

In dem Zeitraum von 17 Jahren waren dies insgesamt 8 847 122 m³, was eine durchschnittliche Jahresförderung von 520 419 m³/a bedeutet. Wie bereits erläutert, waren bei der ersten Inbetriebnahme der zentralen Grundwasserver- und -entsorgung nur die Wohngebäude zu versorgen. Entsprechend der hierfür erforderlichen Grundwassermenge von 160 m³/h wurde in jedem Brunnen eine Förderpumpe mit ca. 80 m³/h Fördermenge und einem elektrischen Anschlußwert von 19 kW installiert.

Bei der Planung des Gemeinschaftshauses entschied man sich ebenfalls für eine Wärmeversorgung auf der Basis der Wärmepumpentechnik und den Anschluß an das System der Grundwasserver- und -entsorgung. Die maximale Förderleistung je Brunnen von 165 m³/h war hierzu nicht ausreichend. Als Folge mußte der Austausch der Förderpumpe im Brunnen 2 gegen eine mit einer Förderleistung von ca. 160 m³/h vorgenommen werden. Die nun drehzahlregelte

Pumpe hat eine elektrische Anschlußleistung von 37 kW. Hierdurch ergeben sich die unterschiedlichen Förderanteile der Brunnen 1 und 2.

Jahresstromverbrauch der Wohngebäude

Bild 7 zeigt die spezifischen Jahresenergieverbräuche der Wärmepumpen und der Grundwasserförderpumpen.

Insgesamt wurden in den 17 Jahren 13 413 MWh verbraucht. Es ergibt sich ein Jahresmittelwert von 789 MWh/a, wobei 632 MWh/a (ca. 80 %) für den Betrieb der Wärmepumpen und 157 MWh/a (ca. 20 %) für die Grundwasserversorgung genutzt wurden. Bezogen auf den Wärmebedarf der Wohnsiedlung von ca. 1,1 MW und der vorgenannten Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen, errechnet sich eine durchschnittliche Nutzungsdauer von ca. 2170 h/a. Dieses läßt auf eine gute Anpassung der Wärmepumpen an den tatsächlichen Leistungsbedarf schließen.

Bild 8 zeigt die spezifischen Jahresstromverbräuche für das Gemeinschaftshaus.

Hier wird nur der anteilige Verbrauch der Wasser-Wasser-Wärmepumpen, die an die kalte Nahwärmeversorgung angeschlossen sind, berücksichtigt.

Der Stromverbrauch in 13 Jahren betrug 2337 MWh. Als Jahresmittelwert ergeben sich hier 180 MWh/a mit den Anteilen 144 MWh/a (ca. 80 %) für den Betrieb der Wärmepumpen und 36 MWh/a (ca. 20 %) für die Grundwasserversorgung. Der gemittelte spezifische Verbrauchswert für den Betrieb der Grundwasserversorgung und der Wärmepumpen beträgt 53 kWh/m²a. Die Schwankungen der Verbrauchswerte weisen auf eine unterschiedliche Auslastung der Komponenten für die Wärmeerzeugung hin.

Jahresnutzenenergieverbrauch der Wohnhäuser

Bild 9 zeigt den spezifischen Jahresnutzenenergieverbrauch der Wohnhäuser. Dieser setzt sich zusammen aus der dem Grundwasser entzogenen Wärmemenge und dem Wärmepumpenstromverbrauch.

Die aus den Jahresabrechnungen der VEW Energie AG entnommenen elektri-

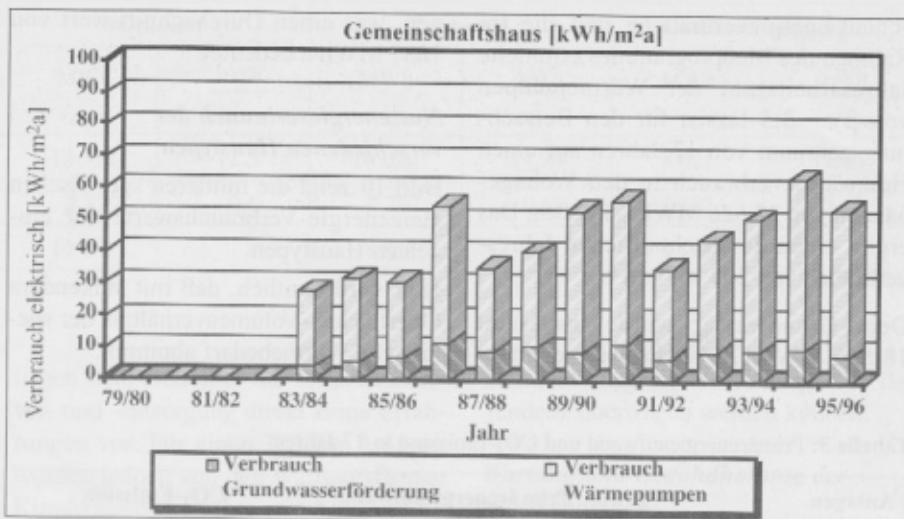


Bild 8: Endenergieverbrauch für das Gemeinschaftshaus

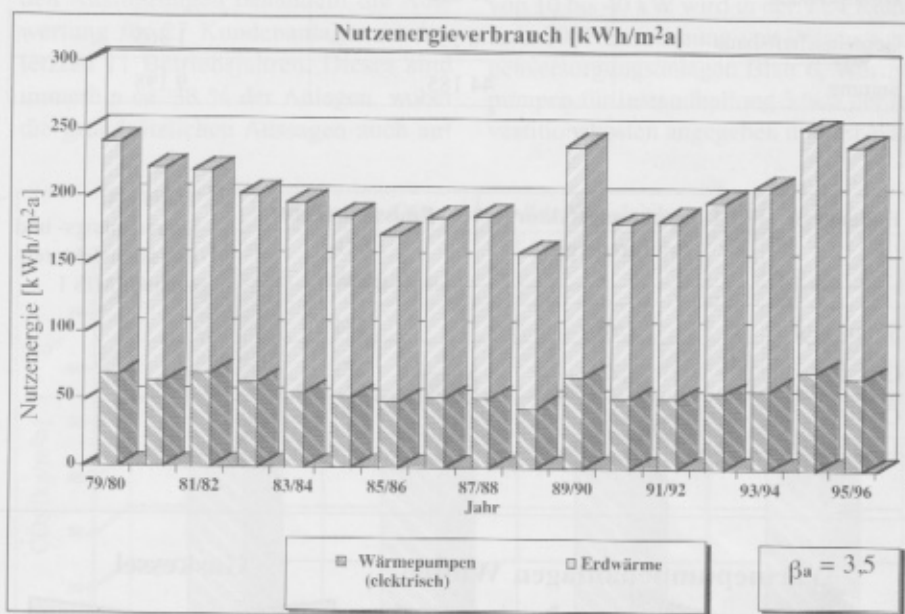


Bild 9: Jahresnutzenenergieverbrauch der Wohnhäuser

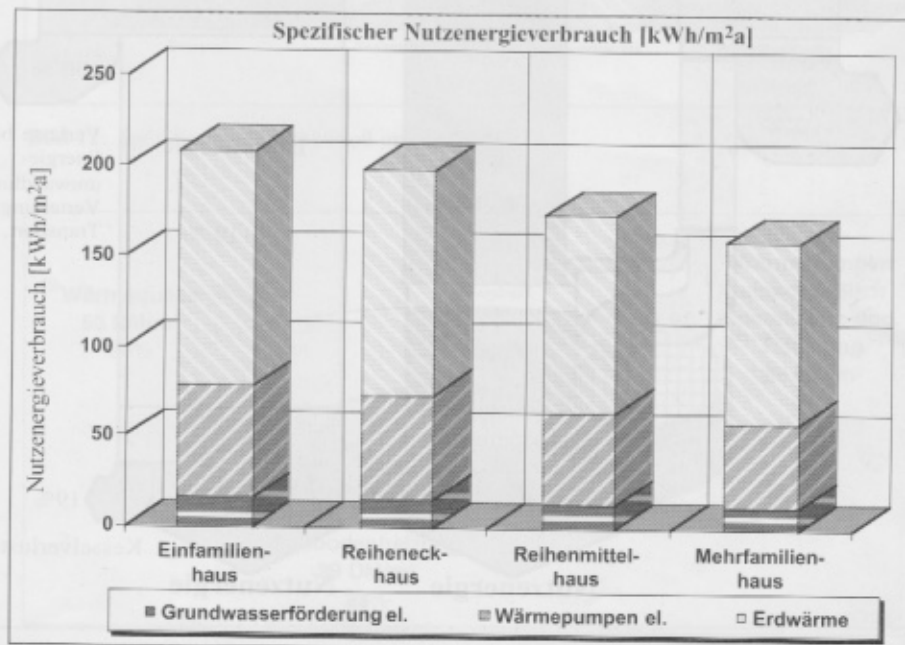


Bild 10: Heizenergie-Verbrauchswerte der einzelnen Haustypen

schen Energieverbräuche und die im Rahmen des Meßprogrammes ermittelte Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von $\beta_3 = 3,5$ lassen für den Betrachtungszeitraum von 17 Jahren auf einen Heizwärmeverbrauch in den Wohngebäuden von 37 626 MWh schließen. Das ergibt einen durchschnittlichen Jahresverbrauch von 205 kWh/m²a.

Dem Grundwasser wurde insgesamt 18 556 MWh (70 %) Erdwärme entzo-

gen, was einen Durchschnittswert von 1687 MWh/a bedeutet.

Nutzenergieverbrauch der verschiedenen Haustypen

Bild 10 zeigt die mittleren spezifischen Heizenergie-Verbrauchswerte der einzelnen Haustypen.

Hier wird deutlich, daß mit sinkendem Oberflächen-Volumenverhältnis der spezifische Wärmebedarf abnimmt.

Primärenergie- und CO₂-Emissionseinsparungen

Die in Tabelle 3 angegebenen Werte für den Primärenergieaufwand und die dadurch verursachten CO₂-Emissionen basieren auf den elektrischen Energieverbräuchen der Wärmepumpen, der Grundwasserver- und -entsorgung und den von der VDEW veröffentlichten Umrechnungsfaktoren (GEMIS I) der Tabelle 4. Hier wurde der Emissionsfaktor für Strom mit dem westdeutschen Energiemix bei der Stromerzeugung ermittelt.

Tabelle 3: Primärenergieaufwand und CO₂-Emission in 17 Jahren

Anlagen	Primärenergieaufwand MWh	CO ₂ -Emission t
Wohngebäude	37 626	7 833
Gemeinschaftshaus	6 559	1 365
Summe	44 185	9 198

Primärenergieeinsparung

Ein Vergleich des Primärenergieeinsatzes bezogen auf 100 % Nutzenergie zeigt Bild 11.

Im Vergleich zu alternativen Wärmezeugungsanlagen errechnet sich, selbst bei Ansatz der Nutzungsgrade moderner Feuerstätten, eine erhebliche Primärenergieeinsparung.

Aus Tabelle 5 sind die Einsparungen des Wärmeversorgungssystems im Westzentrum Wulfen gegenüber denkbarer Alternativen absolut in MWh und spezifisch in kWh/m²a zu entnehmen.

Endenergie	Umrechnungsfaktor Primärenergie	Emissionsfaktor CO ₂ g/kWh
Strom	2,98	584
Gas	1,25	223
Öl	1,19	300

Tabelle 4:
Umrechnungs- und
Emissionsfaktoren
nach GEMIS I

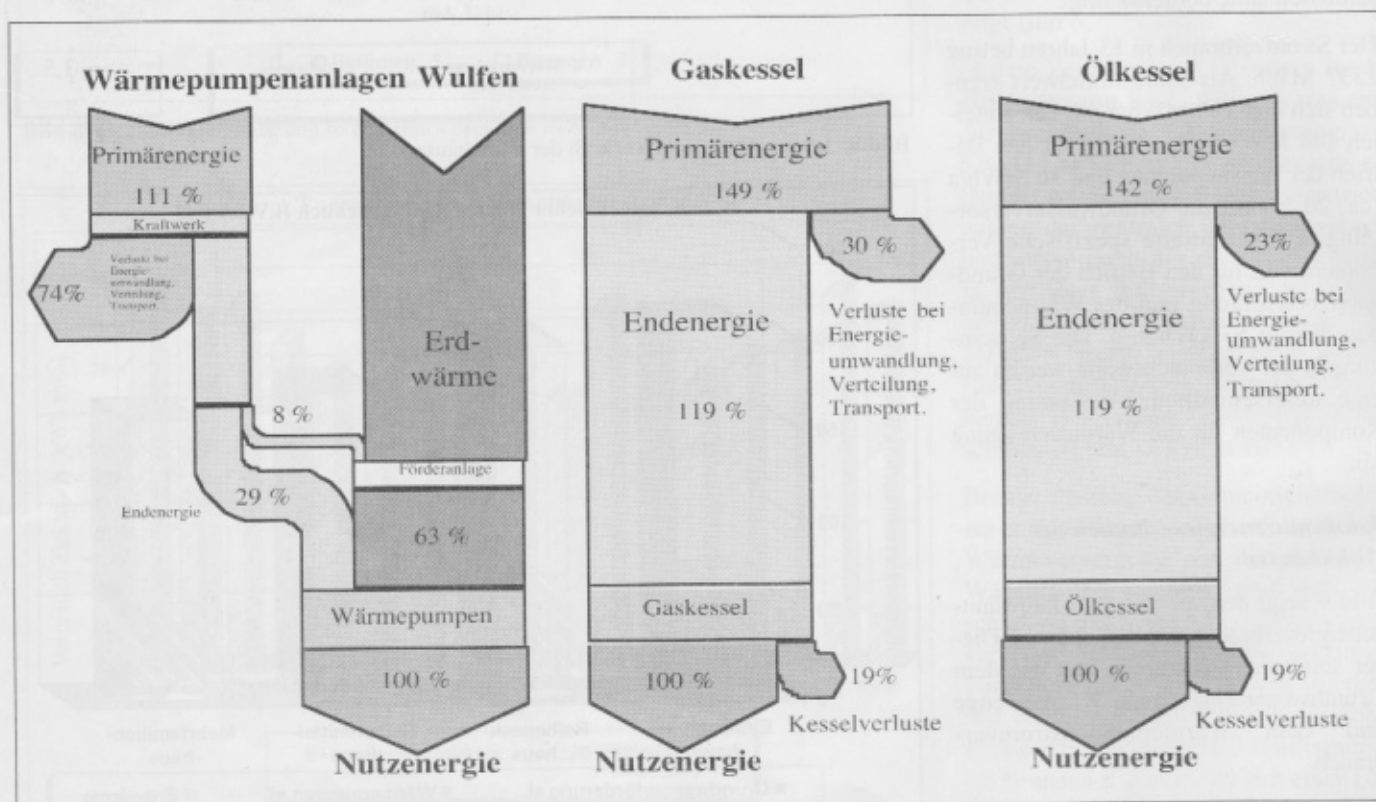


Bild 11: Primärenergieverbrauch im Vergleich

Tabelle 5:
Primärenergie-
einsparung in
17 Betriebs-
jahren im
Vergleich

	Ölkessel		Gaskessel		Gasbrennwertgeräte	
	MWh	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$	MWh	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$	MWh	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$
Wohngebäude	13 332	12,3	16 020	14,90	8 021	7,40
Gemeinschaftshaus	2 329	0,6	2 797	0,69	1 667	0,41
Summe	15 661		18 817		9 688	

Vermiedene CO₂-Emission

In Bild 12 sind die CO₂-Emissionen der Alternativen gegenübergestellt.

Hier wird deutlich, daß die angewendete Technik zur Wärmeversorgung die Umwelt am wenigsten mit dem Treibhausgas CO₂ belastet. Insgesamt wären in den 17 Jahren mit einem Ölkessel 15 780 t, mit einem Gaskessel 11 730 t und mit Brennwertgeräten 10 102 t CO₂ ausgestoßen worden. Mit der Wärmepumpentechnik wurden hingegen nur 9198 t CO₂ verursacht. Die zum Teil vor 17 Jahren installierten Wärmepumpen können im Vergleich mit modernen, alternativen Techniken der Wärmeerzeugung die günstigste Bilanz vorweisen. Selbst gegenüber der Brennwerttechnik ergibt sich eine CO₂-Emissionsminderung von 4 kg/m²a. Es sei noch einmal erwähnt, daß hier moderne Wärmeerzeuger mit 17 Jahre alten Wärmepumpen verglichen werden. Moderne Wärmepumpen mit Jahresarbeitszahlen $\beta_3 > 4$ ermöglichen eine weitere Reduzierung des Primärenergieverbrauches und der CO₂-Emissionen.

Investitionen

Bezogen auf die beheizte Wohnfläche bedeutete dies eine spezifische Investition von 169 DM/m². Bild 13 gibt einen Überblick der Anteile der einzelnen Komponenten.

Wartung und Instandhaltung in den Kundenanlagen

Die Wartung und Instandhaltung in den Kundenanlagen betreffen zum einen Teil die Wärmepumpen und zum anderen die Wärmeverteilung. Von besonderem Interesse sind hier Art und Umfang der Arbeiten an den Wärmepumpen, da hierüber zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme keine Langzeiterfahrungen vorlagen. Da diese Arbeiten jedoch von den Anlagenbetreibern in Auftrag gegeben werden,

liegen dem Betreiber der Grundwasser- ver- und -entsorgung direkt keine Erfahrungen vor. Für einen Teil der Anlagen wurden jedoch von den Wartungsfirmen Kundendienstberichte zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Die nachstehenden Ausführungen behandeln die Auswertung für 27 Kundenanlagen in den letzten 11 Betriebsjahren. Dieses sind immerhin ca. 38 % der Anlagen, wobei die grundsätzlichen Aussagen auch auf

die nicht ausgewerteten Anlagen in der Tendenz übertragen werden können.

Wartung und Instandhaltung der Wärmepumpen

Im Wärmepumpenheizleistungsbereich von 10 bis 40 kW wird in der VDI Richtlinie 2067 Berechnung von Wärmepumpenversorgungsanlagen Blatt 6, Wärmepumpen für Instandhaltung 3 %/a der Investitionskosten angegeben und für War-

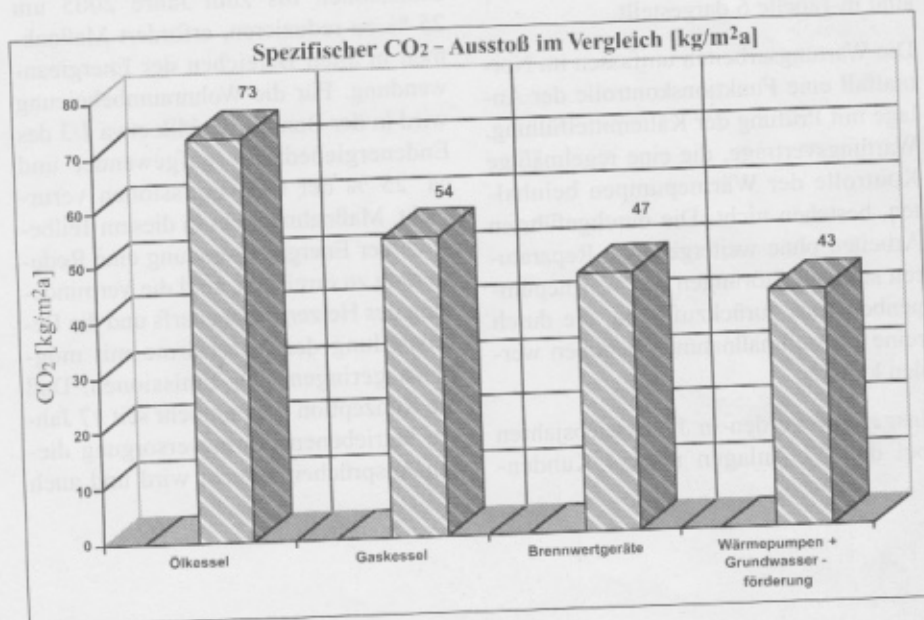


Bild 12: Spezifischer CO₂-Ausstoß im Vergleich

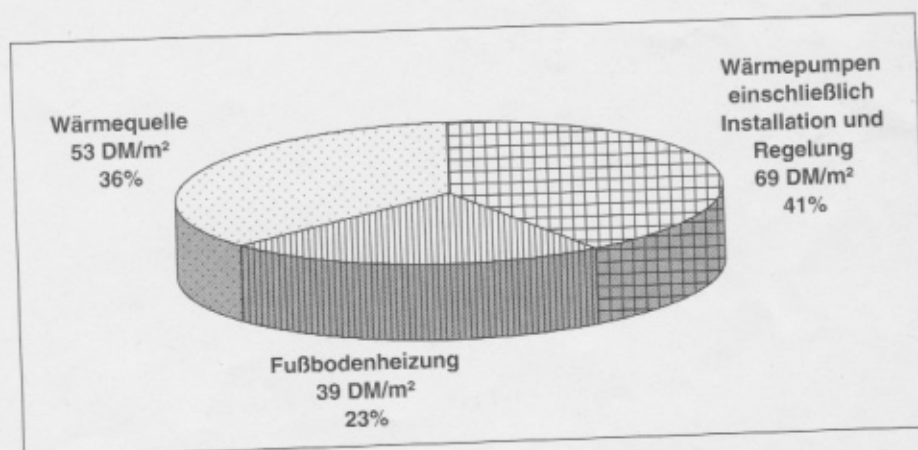


Bild 13: Anteil der einzelnen Komponenten an den Investitionen

Tabelle 6:
Wartung und
Instandhaltung von
27 Anlagen

	Anteil in %	Kundendienst-einsätze aus 11 Betriebsjahren DM	aktuelle Kosten DM
Wartung ohne zus. Reparaturen	35	180	250
Wartung mit Auffüllen von Betriebsmitteln (Kältemittel, Öl)	35	260	
Wartung mit umfangreicher Fehlersuche oder Reparatur	30	390	
spez. Wartungskosten:		0,15 DM/m ² a	2,32 DM/m ² a (VDI 2067)
spez. Instandhaltungskosten:		0,48 DM/m ² a	2,08 DM/m ² a (VDI 2067)

tung pro Wärmepumpe 400 DM/a. Anhand dieser Richtwerte ergeben sich 2,08 DM/m²a für Instandhaltung und 2,32 DM/m²a für Wartung. Die tatsächlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten liegen wesentlich unter den nach VDI 2067 anzusetzenden Kosten.

Die Wartungs- und Reparatursätze sind in Tabelle 6 dargestellt.

Die Wartungsarbeiten umfassen im Normalfall eine Funktionskontrolle der Anlage mit Prüfung der Kältemittelfüllung. Wartungsverträge, die eine regelmäßige Kontrolle der Wärmepumpen beinhalten, bestehen nicht. Die durchgeführten Arbeiten ohne weitergehende Reparaturen sind auf Störungen des Wärmepumpenbetriebes zurückzuführen, die durch reine Einstellmaßnahmen behoben werden konnten.

Insgesamt wurden in 11 Betriebsjahren bei den 27 Anlagen nur 54 Kunden-

dienst-einsätze registriert, was etwa zwei Einsätze je Anlage bedeutet. Dieses unterstreicht den ausgesprochen zuverlässigen Betrieb der Wärmepumpen.

Zusammenfassung

Das Ziel der Bundesregierung, die CO₂-Emissionen bis zum Jahre 2005 um 25 % zu reduzieren, erfordert Maßnahmen in allen Bereichen der Energieanwendung. Für die Wohnraumbeheizung wird in der Bundesrepublik etwa 1/3 des Endenergiebedarfes aufgewendet und ca. 25 % der CO₂-Emissionen verursacht. Maßnahmen um in diesem Teilbereich der Energieanwendung eine Reduzierung zu erreichen, sind die Verminderung des Heizenergiebedarfs und die Bereitstellung der Nutzwärme mit möglichst geringen CO₂-Emissionen. Daß die Konzeption der nunmehr seit 17 Jahren betriebenen Wärmeversorgung diesen Ansprüchen gerecht wird und auch

in der Bewertung dem Vergleich selbst mit der heute allgemein hoch eingeschätzten Technik der Brennwertnutzung des Gases standhält, ist hier wesentliches Ergebnis.

Die zentrale Grundwasserver- und -entsorgung bietet den Betreibern der 73 Wärmepumpen in den Haushalten und im Gemeinschaftshaus eine problemlose Wärmequelle, wobei die hier gemachten Betriebserfahrungen bei Neuplanungen solcher Anlagen die Grundwasserförderung weiter optimieren könnten.

Der vorliegende Erfahrungsbericht bestätigt die Gesamtkonzeption der Wärmeversorgung im Westzentrum Wulfen nicht nur in ökologischer, sondern auch in Teilbereichen der ökonomischen Bewertung. Es ist davon auszugehen, daß der Vergleich mit modernen Wärmepumpen noch positiver ausfallen würde. Nachteilig sind unzweifelhaft die anfallenden Investitionen.