

WOHNBAUFORSCHUNG
NIEDEROESTERREICH;
WOHNBAUFORSCHUNGSERFASSUNG 2003

ERFASSUNGSNUMMER: 822102

SIGNATUR: WBF2003 822102

KATALOG: A, INDEX ST. POELTEN

STATUS: 22 2

BESTART: E

LIEFERANT: WOHNBAUFORSCHUNG
DOKUMENTATION 2003, WBF2003,
WBFNOE

ERWAR: B

EXEMPLAR: 1

EINDAT: 2003-08-12ej

BDZAHL: 1 Mappe + 1 CD-ROM

HAUPTETRAGUNG: Evaluierung der NOE
Waermepumpenfoerderung aus
technischer und oekologischer Sicht im
Sinne der Foerderrichtlinien ueber die
Direktfoerderung von Waermepumpen
des Landes Niederoesterreich

TYP: 1

VERFASSER – VORL: Ing. Guenther Ferenczy, Haustechnik
Planungsgesellschaft fuer Ver- und
Entsorgungsanlagen Ges.m.b.H.

NEBEN – PERSONEN: Ing. Stephan Brenner; Ing. Eduard
Rameder; DD.I. Wolfgang Schnauer

NEBEN – SACHTITEL:

ZUSAETZE: F 2102

VERLAGSORT, BEARBEITERADRESSE: A-3950 Gmuend,
Bahnhofstrasse 31, Tel.:
02852/20484-0; Fax: 02852/20484-
23; e-mail:
tb_haustechnik_wien@itga.at

VERLAG, HERAUSGEBER: Eigenverlag
E-Jahr: 2003
UMFANG: 146 Seiten
FUSSNOTEN HAUPTGRUPPEN
ABGEKUEERT: BOGL
SACHGEBIET(E)/ EINTEILUNG
BMWA: Energie
ARBEITSBEREICH (EINTEILUNG
NACH F-971, BMWA): Technik

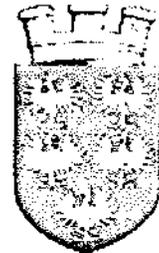
SW – SACHLICHE (ERGAENZUNG) Erdwaerme; Foerderung;
Heizungstechnik; Waermetechnik;
PERMUTATIONEN: S1 / S2

BEDEUTUNG FUER NIEDEROESTERREICH:

Das Land Niederoesterreich hat mit seiner Direktfoerderung fuer Waermepumpenanlagen von 1993 bis 2000 insgesamt rund 800 Anlagen gefoerdert. Durch die vorliegende Untersuchung wurden Daten ueber die Groessenordnung der oekonomischen, energiewirtschaftlichen und oekologischen Auswirkungen dieser Alternativenergienutzung durch den Waermepumpeneinsatz fuer Heizzwecke mittels Messungen an einer repraesentativen Anzahl von Heizungswaermepumpen vor Ort erarbeitet.

BEDEUTUNG FUER DEN WOHNBAUSEKTOR:

Waermepumpen leisten einen wertvollen Beitrag zur Entlastung unserer Umwelt (CO₂-Reduzierung) und sind sowohl aus oekonomischer als auch aus oekologischer Sicht eine interessante Moeglichkeit zur Beheizung von Gebaeuden.



15.Mai, 2003

**NÖ-Wohnbauforschung
Forschungsprojekt**

Evaluierung der NÖ Wärmepumpenförderung

Kurzfassung

**aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht
im Sinne der Förderrichtlinien über die
Direktförderung von Wärmepumpen
des Landes Niederösterreich**

Kennzeichen F2-B-F-2102

**Ergebnisbericht
Mai, 2003**

**gefördert durch das Land Niederösterreich
Gruppe Finanzen – Abteilung Wohnbauförderung**

1 Einleitung

Das Land Niederösterreich gewährt seit 1. Oktober, 1993 für Wärmepumpenanlagen (sowie für Solar- und Photovoltaikanlagen) einmalige, nicht rückzahlbare Zuschüsse bei Eigenheimen und sonstigen Wohnhäusern (Direktförderung) in der Höhe von € 2.200,00.

Es hat mit seiner Direktförderung für Wärmepumpenanlagen im Betrachtungszeitraum (Ende 1993 bis Ende 2000) insgesamt rund 800 Anlagen mit € 1.816.820.– gefördert.

Die bisher gebräuchlichen energiewirtschaftlichen und umweltpolitischen Statistiken des Wärmepumpenbereiches stützen sich vorwiegend auf Anlagenkennzahlen aus Prüfstandmessungen.

Im Rahmen dieses Projektes sollte eine repräsentative Anzahl von Heizungswärmepumpen durch Messungen vor Ort nachgeprüft werden. Darüberhinaus wurden die Analysen durch einen Fragebogen an die Förderungswerber und die Auswertung statistischer Unterlagen ergänzt und abgerundet.

Ziel dieser Untersuchung war es, gesicherte Daten über die Größenordnung der ökonomischen, energiewirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Alternativenergienutzung durch den **Wärmepumpeneinsatz für Heizzwecke**, zu erarbeiten.

2 Durchführung und Auswertung der MESSREIHE

Im Wesentlichen handelt es sich bei diesem Wohnbauforschungsprojekt um die Überprüfung der energietechnischen Effizienz von **Heizungs-Wärmepumpensystemen** durch die messtechnische Kontrolle ausgewählter Anlagen in Niederösterreich. Beurteilungskriterien für die energietechnische Qualität der Anlagen ist dabei die so genannte **Jahresarbeitszahl**.

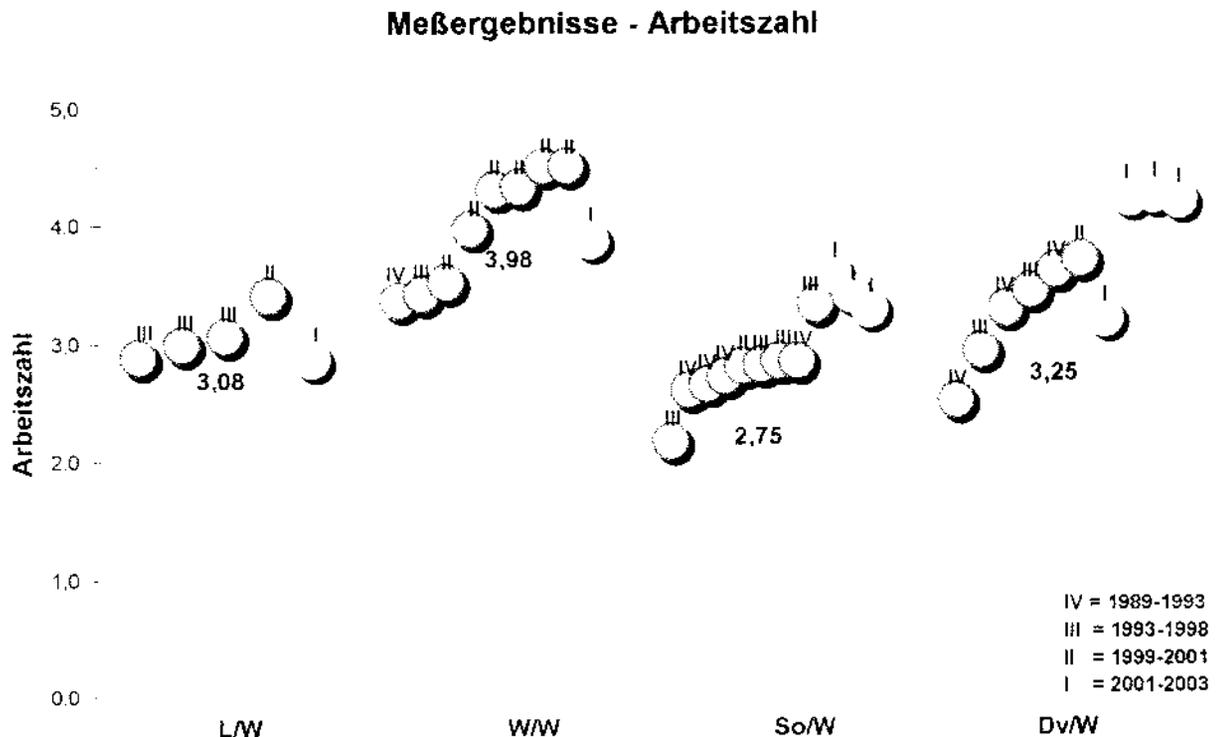
Die Jahresarbeitszahl setzt die abgegebene Nutzwärmemenge ins Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Arbeit zum Betrieb der Wärmepumpe (inkl. ev. erforderlicher Pumpe für Wärmequellenanlage, jedoch ohne Heizkreispumpe).

Es standen Messergebnisse aus 37 Anlagen unterschiedlicher Systeme zur Verfügung.

Die Auswertung der Messungen ergab folgende **durchschnittliche Arbeitszahlen**:

		Durchschnitt 1989-2003	Durchschnitt 2001-2003
Luft/Wasser-Wärmepumpe	L/W:	3,04	2,9
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	W/W:	3,97	3,9
Sole/Wasser-Wärmepumpe	So/W:	2,92	3,4
Direktverdampfer/Wasser-Wärmepumpe	Dv/W:	3,53	4,0

Auswertung der Messreihe



3 Fragebogenaktion

Im Rahmen einer mit der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft akkordierten Fragebogenaktion wurden die Betreiber der geförderten Anlagen über die konkreten Erfahrungen mit Heizungswärmepumpen befragt.

Generell kann ausgesagt werden, dass von den 970 versandten Fragebögen 535, d.s. ca. 55% beantwortet und retourniert wurden. Die 535 Fragebögen waren ausgefüllt, wobei naturgemäß nicht jeweils 100% der Antworten statistisch verwertbar waren.

Die Auswertung ergab, dass

- fast 50% der Anlagen als Anlagen mit Direktverdampfer (Dv/W)
- ca. 25% der Anlagen als Sole-/Wasser-Wärmepumpen (So/W)
- ca. 23% der Anlagen als Wasser-/Wasser-Wärmepumpen (WW)
- ca. 6% der Anlagen als Luft-/Wasser-Wärmepumpen (LW)

ausgeführt wurden. Dementsprechend ist auch die statistische Treffsicherheit zu bewerten.

3.1 Gründe für die Anschaffung von Wärmepumpen

Der Hauptgrund warum die Förderungswerber eine Wärmepumpe angeschafft haben, ist die Möglichkeit mit dieser Technologie, Energiekosten zu minimieren (53,40 %) gefolgt von den Motiven

- die Umwelt zu schonen (ca. 52%)
sowie
- fossile Brennstoffe zu substituieren. (ca. 44%)

3.2 Häufigkeit der Anlagen in Alt- bzw. Neubauten

Mehr als $\frac{3}{4}$ aller WP-Anlagen wurden in Neubauten installiert (ca. 77 %), $\frac{1}{4}$ in Altbauten.

3.3 Spezifische Investitionskosten

Betrachtet man die Gesamtkosten der Anlage, d.h. Wärmebereitstellung und Wärmeverteilung (WP-Anlage + Heizsystem), so zeigt sich, auf Basis der Auswertung der eingereichten Fragebögen, dass die Sole-/Wasser-Wärmepumpe (So/W) die höchsten spezifischen Gesamtkosten aufweist (ca. € 80,00/m² beheizter Fläche), die Wasser-/Wasser-Wärmepumpe (WW) ist die kostengünstigste (ca. € 53,00/m² beheizter Fläche).

3.4 Verhältnis Kollektorfläche zu beheizter Fläche bei Erdwärme – Wärmepumpe

Die Fragebogenaktion zeigt, dass statistisch die 2,5-fache Wohnfläche als Kollektorfläche benötigt wird. Der „statistische“ Flächenbedarf ist bei gut wärmegeprägten Neubauten ca. 15 % niedriger, als bei Altbauten.

3.5 Auswirkung der Erdwärmepumpensysteme auf die Umwelt

Die bisweilen diskutierten Auswirkungen von Erdwärmepumpensystemen auf Grund und Boden kann dergestalt zusammengefasst werden, dass lediglich ca. 5% von den 663 Betreibern geförderter Erdwärmepumpenanlagen subjektive Auswirkungen auf Grund und Boden identifiziert haben.

3.6 Zufriedenheit mit Heizungswärmepumpe

Die Förderungswerber sind mit der Zuverlässigkeit sowie mit den Betriebs- und Wartungskosten „sehr zufrieden“, mehr als 98% würden wieder eine Wärmepumpe installieren. Besondere Zufriedenheit herrscht mit Wasser-/Wasser- (WW), Sole-/Wasser- (So/W) und Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfer (Dv/W).

4 Volkswirtschaftliche Aspekte der Förderung

Förderungsvolumen	€ 2.114.779,47	(20%)
Investitionsvolumen	€ 8.562.366,50	(80%)
Gesamtinvestitionsvolumen	€ 10.677.145,97	(100%)

Die Auswertung der Fragebögen, in denen auch die Investitionskosten bekanntgegeben wurden, ergab, dass die durchschnittlichen Investitionskosten für eine Wärmepumpenanlage (ohne Wärmeverteilung) ca. € 11.000,- beträgt.

Bezogen auf die im Betrachtungszeitraum geförderten 970 Anlagen und einen Direktzuschuss von damals € 2.180,00 wurde damit insgesamt ein Investitionsvolumen von ca. € 10.677.146,- ausgelöst, welches der (NÖ)-Wirtschaft zugute kam.

5 Heizungswärmepumpen und Umweltschutz

Heizungswärmepumpen leisten auch einen wertvollen Beitrag zur Entlastung unserer Umwelt. Mit den vom Land Niederösterreich geförderten Anlagen könnten auf Basis der messtechnisch evaluierten Nutzungsgrade über 7 Millionen kg von Treibhausgas CO² vermieden werden.

Auch bei der Hochwasserkatastrophe im August 2002 haben die Wärmepumpen in den Überschwemmungsgebieten den Belastungen aus ökologischer Sicht standgehalten.

Ölheizungen hingegen haben Böden und Grundwasser durch austretenden Brennstoff nachhaltig in Mitleidenschaft gezogen.

6 Zusammenfassung

Wärmepumpen sind sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht eine interessante Möglichkeit zur Beheizung von Gebäuden.

Die Technik zeichnet sich in Verbindung mit Förderungen durch attraktive Investitions- und Betriebskosten aus.

Die Zufriedenheit der Förderungswerber unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit und der Betriebs- und Wartungskosten ist hoch.

Die Effizienz der Anlagen konnte in den letzten Jahren permanent gesteigert werden. Optimale Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit wird bei Beachtung des Umfeldes der vielfältigen Zusammenhänge erreicht.

Wärmepumpen sind ein Beitrag zum Schutz unserer Umwelt.



15. Mai, 2003

**NÖ-Wohnbauforschung
Forschungsprojekt**

Evaluierung der NÖ Wärmepumpenförderung

**aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht
im Sinne der Förderrichtlinien über die
Direktförderung von Wärmepumpen
des Landes Niederösterreich**

Kennzeichen F2-B-F-2102

**Ergebnisbericht
Mai, 2003**

**gefördert durch das Land Niederösterreich
Gruppe Finanzen – Abteilung Wohnbauförderung**

Haustechnik Planungsgesellschaft

FÜR VER- UND ENTSORGUNGSANLAGEN GESELLSCHAFT M.B.H.
Gmünd - Wien

Postanschrift:

A-3950 Gmünd, Bahnhofstraße 31
Telefon: 02852/20 484-0
Telefax: 02852/20 484-23
E-Mail: tb_haustechnik_wien@itga.at

Für den Inhalt verantwortlich:

Ing. Günther Ferenczy

Das Projektteam

Ing. Stephan Brenner
Ing. Eduard Rameder
DD.I. Wolfgang Schnauer
(alphabetisch)

Wissenschaftliche Unterstützung:

Interuniversitäres Institut für interdisziplinäre Forschung
und Fortbildung (iff) der Universitäten Klagenfurt, Wien, Innsbruck, Graz
Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. mont. Gerhard Faninger

Gmünd, März 2003

Dank

Wir bedanken uns für die freundliche Unterstützung bei dieser Studie

Dipl.Ing. Franz Angerer, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft

Ing. H. Barnert, NÖ Gebietsbauamt II - Wr. Neustadt

Reg.Rat Ing. O. Hanzlik, NÖ Gebietsbauamt IV - Krems

Hofrat Dipl.Ing. Kahrer, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft

Ing. H. Krenmayr, NÖ Gebietsbauamt V - Mödling

Ing. A. Pasteiner, NÖ Gebietsbauamt III - St. Pölten

Ing. F. Redl, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft

Ing. P. Schmoll, EVN AG

Hofrat Dipl.Ing. F. Schörghuber

Ing. F. Wohlgemuth, NÖ Gebietsbauamt I - Korneuburg

(alphabetisch)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Allgemeines zur Wärmepumpe	6
2.1 Funktion der Wärmepumpen	7
2.2 Wärmepumpensysteme	8
3. Projektabschnitte	13
3.1 Auswahl der Projekte	13
3.2 Einbau der Messeinrichtungen	14
3.3 Durchführung und Betreuung der Messreihe	17
3.4 Auswertung der Messreihe	18
4. Fragebogenaktion	24
4.1 Durchführung der Fragebogenaktion	24
4.2 Auswertung der Fragebögen	26
4.3 Volkswirtschaftliche Aspekte der Förderung	40
5. CO₂ Emissionsminderung durch Wärmepumpen	41
5.1 CO ₂ Reduktionsziele	41
5.2 Allgemeines zu Emissionen und Reduktionspotenzialen	42
5.3 CO ₂ Reduktion durch Direktförderung von Wärmepumpen	43
5.4 Wärmepumpen in Überschwemmungsgebieten	45
6. Zusammenfassung	46

Beilagen:

Beilage 1	Förderantrag vom 05. Juni 2001
Beilage 2	Auftrag vom 07. September 2001
Beilage 3	Förderrichtlinien der NÖ Landesregierung
Beilage 4.1	Fragebogen „Wärmepumpenanlagen“
Beilage 4.2	Begleitschreiben Fragebogenaktion
Beilage 5	Messdatenerfassungsblatt
Beilage 6	Der Wärmepumpenmarkt in NÖ (2000)
Beilage 7	Der Wärmepumpenmarkt in Ö (1975 - 2000)
Beilage 8	Wirtschaftliche Vergleichsrechnung Gas/Öl/WP
Beilage 9	Fragebogenauswertung

1. Einleitung

Das Land Niederösterreich gewährt seit 1. Oktober, 1993 für Wärmepumpenanlagen (sowie für Solar- und Photovoltaikanlagen) einmalige, nicht rückzahlbare Zuschüsse bei Eigenheimen und sonstigen Wohnhäusern (Direktförderung) in der Höhe von € 2.200,00.

Als Förderungswerber kommen Eigentümer, Miteigentümer, Bauberechtigte, Mieter und Pächter in Frage

Fördervoraussetzungen:

- Originalrechnungen
- Bestätigung der Gemeinde über die erteilte Bauanzeige/Baubewilligung
- Bestätigung der Gemeinde über die Widmung des Objektes
- Bestätigung über die fachgerechte Ausführung der Anlage von einem befugten Unternehmen
- Bescheid über die wasserrechtliche Bewilligung bei Erdwärme- bzw. Wasser/ Wasserwärmepumpenanlagen

Die Förderrichtlinien sind mit 1. Oktober, 1993 in Kraft getreten und waren ursprünglich auf eine Dauer von 9 Jahren, also bis 1. Oktober, 2002 befristet. Die Förderung wurde nunmehr bis 31. Dezember 2003 verlängert.

In Österreich wurden im Jahr 2000 4891 Wärmepumpen mit einer gesamten Heizleistung von über 40.000 kW installiert, davon entfallen ca. 2000 Anlagen für Heizzwecke, der Rest für Brauchwasser und Schwimmbadentfeuchtung. [8]

In der Bundesländerstatistik liegt Niederösterreich mit einem Marktanteil von 26,6 % am zweiten Platz nach Oberösterreich (2000). [8]

Das Land Niederösterreich hat mit seiner Direktförderung für Wärmepumpenanlagen von Ende 1993 bis Ende 2000 insgesamt rund 800 Anlagen mit € 1,816.820.– gefördert.

Die bisher gebräuchlichen energiewirtschaftlichen und umweltpolitischen Statistiken des Wärmepumpenbereiches stützen sich vorwiegend auf Anlagenkennzahlen aus Prüfstandmessungen.

Im Rahmen dieses Projektes sollte eine repräsentative Anzahl von Heizungswärmepumpen durch Messungen vor Ort nachgeprüft werden. Darüberhinaus sollten die Analysen durch einen Fragebogen an die Förderungswerber und durch die Auswertung statistischer Unterlagen ergänzt und abgerundet werden.

Ziel dieser Untersuchung ist es, gesicherte Daten über die Größenordnung der ökonomischen, enrgiewirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Alternativenergienutzung durch den **Wärmepumpeneinsatz für Heizzwecke** zu erarbeiten. Wärmepumpen zur Brauchwarmwasserbereitung und zur Wärmerückgewinnung sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Die Ergebnisse werden im nachstehenden Ergebnisbericht dargestellt und sollen mit dazu beitragen die Effizienz der eingesetzten öffentlichen Förderungen zu evaluieren.

Der Förderantrag „Evaluierung der NÖ Wärmepumpenförderung“ aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht wurde am, 05. Juni 2001 eingereicht (Beilage 1) und am 7. September 2001 vom Amt der NÖ - Landesregierung, Gruppe Finanzen – Abteilung Wohnbauforschung, Kennzeichen F2-B-F-2102 vom 7. September, 2001 (Beilage 2) beauftragt.

2. Allgemeines zur Wärmepumpe

Die Wärmepumpe stellt eine wichtige, ausgereifte Technik für Heizzwecke dar, die einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen und damit zur Entlastung der Umwelt leistet.

Der Einsatz einer Wärmepumpe entspricht sowohl den Energiekonzepten der Bundesländer als auch dem Energiebericht der österreichischen Bundesregierung von 1993. Neben der gravierenden Umweltentlastung stellt die Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen (Gas, Öl, Kohle) einen wesentlichen Nutzen für die österreichische Wirtschaft dar. Statt zugekaufter Fremdenergie nutzt die Wärmepumpe kostenlose Umweltenergie aus der Sonne. Als Antriebsenergie dient elektrischer Strom - ebenfalls ein großteils heimischer Energieträger [2].

2.1 Funktion der Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe funktioniert an sich gleich wie ein Kühlschrank. Durch abwechselndes Verdampfen und Verflüssigen eines Kältemittels wird Wärme auf ein anderes Niveau „gepumpt“. Im Falle einer Heizung mit einer Wärmepumpe entzieht die Wärmepumpe aus Wasser, Erdreich oder Außenluft Wärme und „pumpt“ sie auf ein höheres Niveau [1].

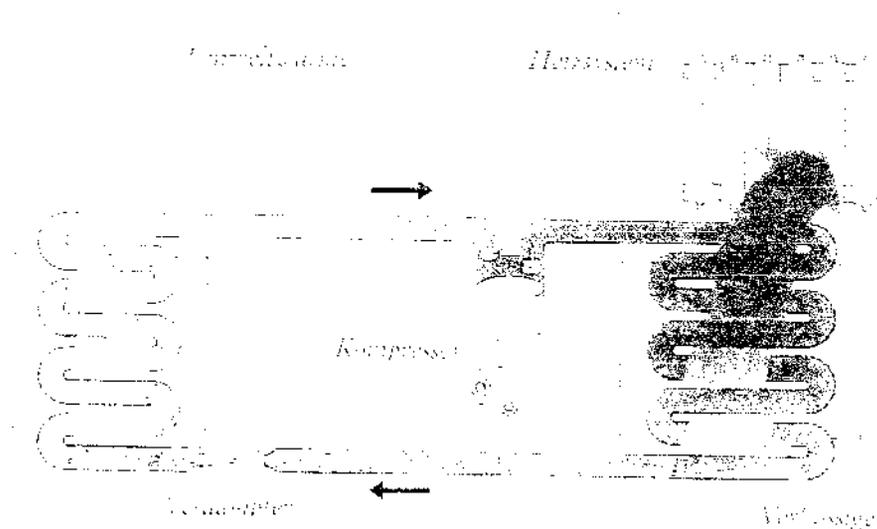


Abb. 1 Funktion der Wärmepumpe [2]

Dabei können mit 1 kWh elektrischer Energie durchschnittlich 3 bis 4 Kilowattstunden Wärme dem Haus zugeführt werden. Eine ökologische Gegenüberstellung der Wärmepumpe mit einer Öl- oder Gasheizung ist differenziert zu betrachten, weil zur Deckung des Strombedarfes auch Strom aus kalorischen Kraftwerken zugeführt werden muss. Eine positive Energiebilanz ergibt sich jedenfalls ab einer Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von ca. 2,7 bis 3,0 und die wird von guten Erdreich- und Grundwasserwärmepumpen um einiges überboten [1].

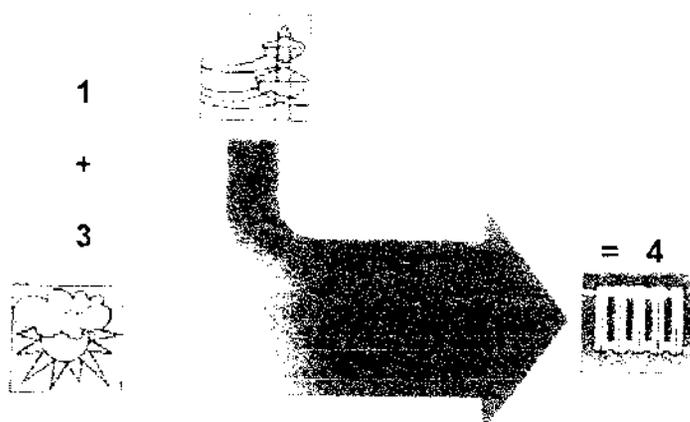


Abb. 2 „Aus eins mach vier“ [2]

Die Wärmepumpe holt sich also ein Viertel Strom als Antriebsenergie, die restlichen drei Viertel liefert die Sonne, deren Energie in der Umwelt als Umgebungswärme gespeichert ist.

2.2 Wärmepumpensysteme

Luft / Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP)

Wärmequelle: Luft

Luft als Wärmequelle hat den Vorteil: Sie ist überall verfügbar.
Ihr Nachteil: Je kälter die Außenluft, desto geringer der Wirkungsgrad der Wärmepumpe.

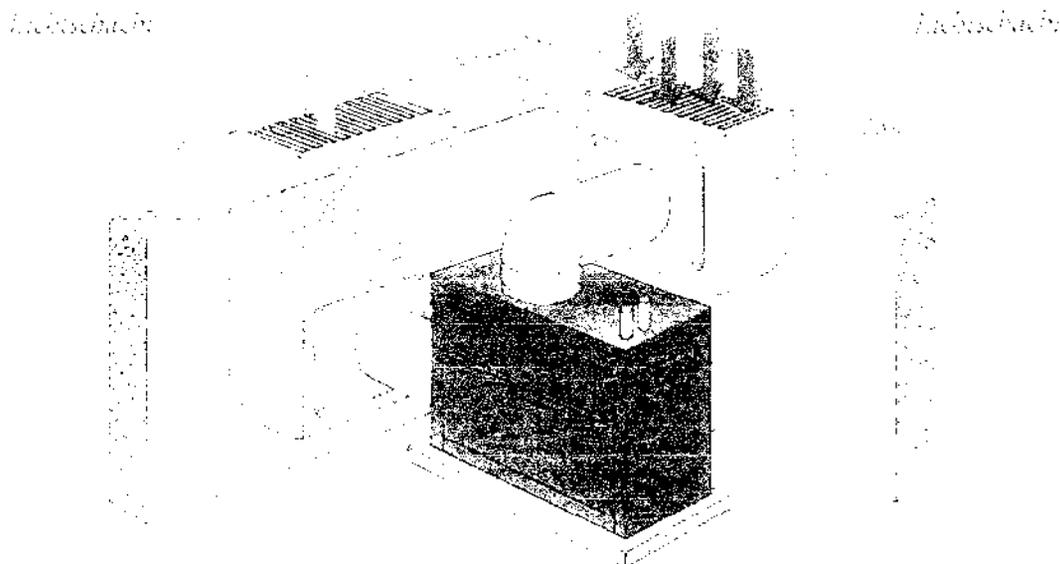


Abb. 3 Außenluft-Wärmepumpe (Kompakt-Ausführung) [2]

Außenluft wird über einen Wärmetauscher (Verdampfer) geführt, der innen vom Arbeitsmittel durchströmt wird. Dabei entzieht dieses der Außenluft einen Teil ihrer Wärme und verdampft.

Außenluft-Wärmepumpen eignen sich besonders für den so genannten bivalenten Betrieb: Das heißt, bis zu einer Außentemperatur von etwa -5°C deckt die Wärmepumpe den gesamten Bedarf an Heizenergie; bei extrem niedrigen Außentemperaturen wird ein Zentralheizungskessel dazugeschaltet oder der Kachelofen wird angeheizt.

Diese Systeme werden in der Folge als **Luft / Wasser-Wärmepumpen** bezeichnet (kurz **L/W-WP**).

Wasser / Wasser-Wärmepumpen (W/W-WP) Wärmequelle: Wasser



Grundwasser ist als Wärmequelle besonders gut geeignet, weil es auch bei tiefen Außentemperaturen eine konstante Temperatur von 8 bis 12°C hält. Grundwasser ist aber nicht überall verfügbar, und seine Nutzung ist an die behördliche Zustimmung gebunden.

Grundwasser wird über den Verdampfer einer Wärmepumpe geführt und abgekühlt, die aufgenommene Wärme an das Heizsystem abgibt. Bei Grundwasser müssen zwei Brunnen gebohrt werden: einer, um das Wasser zu fördern (Entnahmekosten), der andere, um das abgekühlte Wasser dem Boden wieder zuzuführen (Schluckbrunnen).

Der große Vorteil der Grundwasser-Wärmepumpe besteht zweifellos darin, dass sie den gesamten Jahreswärmebedarf allein übernehmen kann (monovalente Betriebsweise) und dass das Verhältnis Antriebsenergie zu Heizenergie wegen der konstanten Wassertemperatur besonders günstig ist. Damit lässt sich eine Arbeitszahl zwischen 3,5 und 4,8 erzielen.

Voraussetzung ist, dass immer genügend Grundwasser mit einer Mindesttemperatur von 8 °C vorhanden ist. (Bach- und Oberflächengewässer sind nicht geeignet.)

Diese Systeme werden in der Folge als **Wasser/Wasser-Wärmepumpen** bezeichnet (kurz **W/W-WP**).

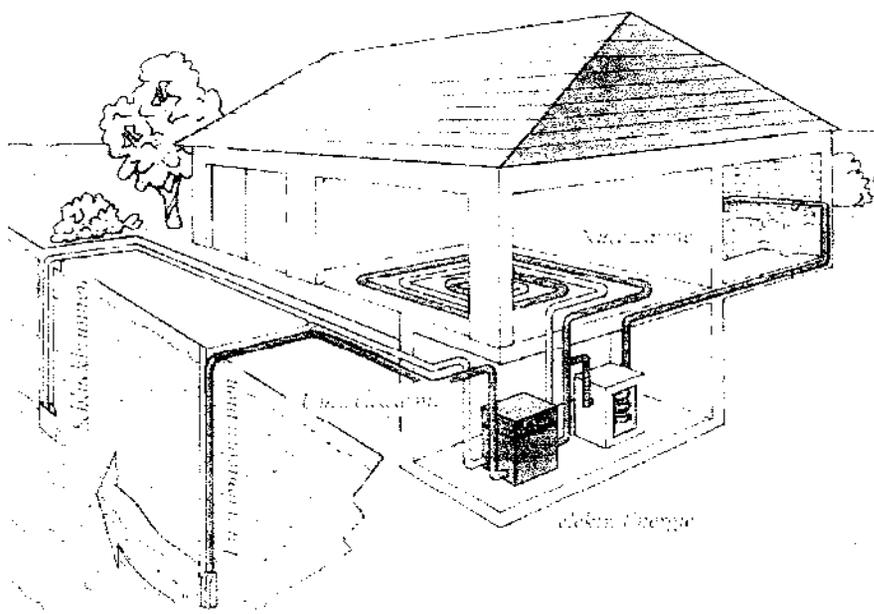


Abb. 4 Grundwasser-Wärmepumpe [2]

Erdreich-Wärmepumpen (So/W und Dv/W)

Wärmequelle: Erdreich



Die Nutzbarkeit des Erdreichs als Wärmequelle ist abhängig von der verfügbaren Grundstücksfläche. Dem Erdreich lässt sich durch horizontal verlegte Rohrschlangen Wärme entziehen; man benötigt dafür das Eineinhalb- bis Zweifache der zu beheizenden Wohnfläche als Grundstücksanteil. Eine andere Möglichkeit zur Gewinnung von Umweltwärme aus der Erde sind z.B. senkrecht eingebrachte Sonden.

Wer das Erdreich als Wärmequelle nutzen will (üblicherweise bis in etwa eineinhalb Meter Tiefe), „zapft“ keineswegs Erdwärme an, sondern die Sonne: Das Erdreich fungiert als Saisonspeicher für jene Wärmemenge, die durch die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche während des Sommers nach und nach gehortet wurde. Während der Heizperiode kann diese gespeicherte Wärme aus dem Erdreich herausgeholt werden.

Es gab vor etlichen Jahren, als die ersten Erdreich-Wärmepumpen installiert wurden, Bedenken, ob damit nicht der Boden nachteilig beeinflusst würde. Erfahrungen aus der Praxis sowie wissenschaftliche Messungen haben gezeigt, dass dieser Wärmeentzug ökologisch unbedenklich ist.

Das Erdreich regeneriert sich sehr rasch, vor allem durch die Niederschläge im Frühjahr.

Dieser Frage wurde auch in der Fragebogenaktion dieser Studie nachgegangen.

Die Wärme kann technisch auf verschiedene Art aus dem Erdreich geholt werden: Je nach Zusammensetzung des in den erdverlegten Rohren zirkulierenden „Mediums“ unterscheidet man:

- Sole-Wärmepumpen (So/W)

Der Wärmeentzug findet über das Trägermittel Sole (Mischung aus Wasser und Glykol) statt. Die gewonnene Wärme muss in der Wärmepumpe durch den Wärmetauscher übertragen werden.

- Wärmepumpen mit Direktverdampfung des Arbeitsmittels (Dv/W)

In den im Erdreich verlegten Rohren zirkuliert direkt das Arbeitsmittel der Wärmepumpe, das im Boden durch die Wärmeaufnahme verdampft und dem Kompressor als Gas zugeführt wird. Mit dieser Technik kann der zweite Wärmetauscher im Gerät entfallen.

Schließlich können die Rohre bzw. Schläuche im Erdreich auf verschiedene Weise verlegt werden.

- Flachkollektor

In ein bis eineinhalb Metern Tiefe werden im Erdreich mehrere hundert Meter lange Rohrschlangen aus Kunststoff oder Kupfer (kunststoffummantelt) „ingesandet“ (Platzbedarf: etwa das Eineinhalb- bis Zweieinhalbfache der beheizten Wohnfläche). In den Rohren zirkuliert Sole oder (bei Direktverdampfung) das Arbeitsmittel der Wärmepumpe. Dabei wird konstant die im Erdreich gespeicherte Wärme aufgenommen und der Wärmepumpe zugeführt.

Trotz der Kosten für die Grabarbeiten ist der Flachkollektor die meist eingesetzte Wärmepumpentechnik, da gleichbleibende Verhältnisse vorliegen. Die Jahresarbeitszahl liegt bei gut dimensionierten Kollektoren zwischen 3,5 und 4,5.

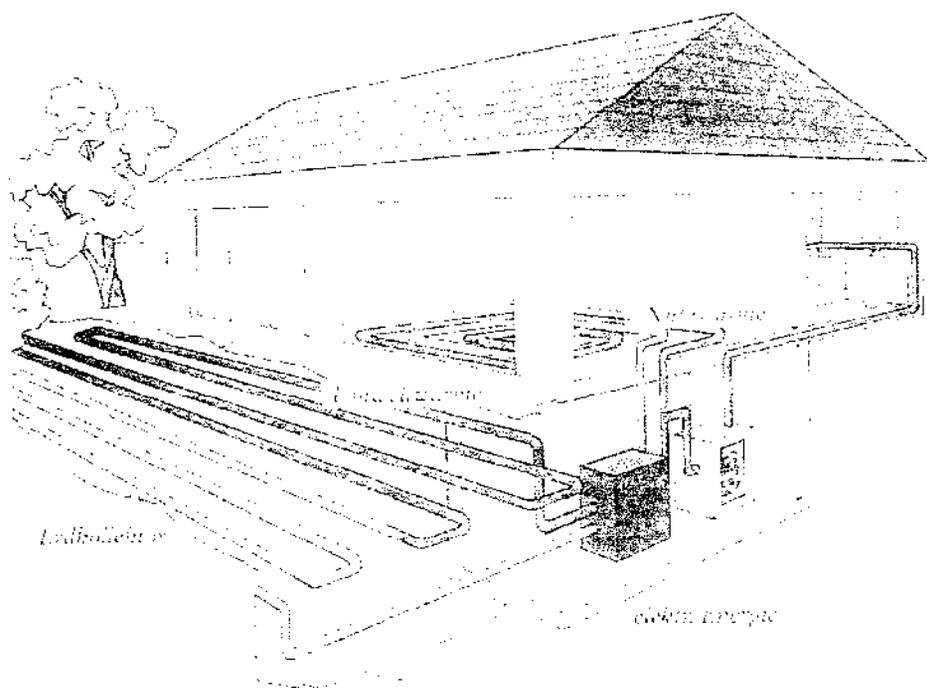


Abb. 5 Erdreich-Wärmepumpe mit Flachkollektor [2]

- Grabenkollektoren

Anstatt die Rohre flach im Erdreich zu verlegen, können sie auch an den Seitenwänden von rund 3 m tiefen Gräben gelagert werden.

Der Vorteil: ein geringerer Platzbedarf.

Nachteile: schlechte Regeneration des Kollektors – Gefahr von Permafrostbildung.

- Erdsonden

Eine weitere Möglichkeit, Gratiswärme zu bekommen, ist das Niederbringen eines Bohrloches (bis zu 150 m Tiefe). In dieses Loch wird ein Rohr eingeschlämmt, in dem wie bei den bisher genannten Systemen Sole zirkuliert.

In diesem Fall handelt es sich um eine Erdwärmennutzung im engeren Sinn, der „Wärmenachschub“ erfolgt teilweise aus dem Erdinneren und aus dem Grundwasser. Die Vorteile: fast völlige Unabhängigkeit von der Grundstücksgröße und die relativ einfache Möglichkeit, dieses System auch nachträglich zu installieren [2].

Tiefensonde

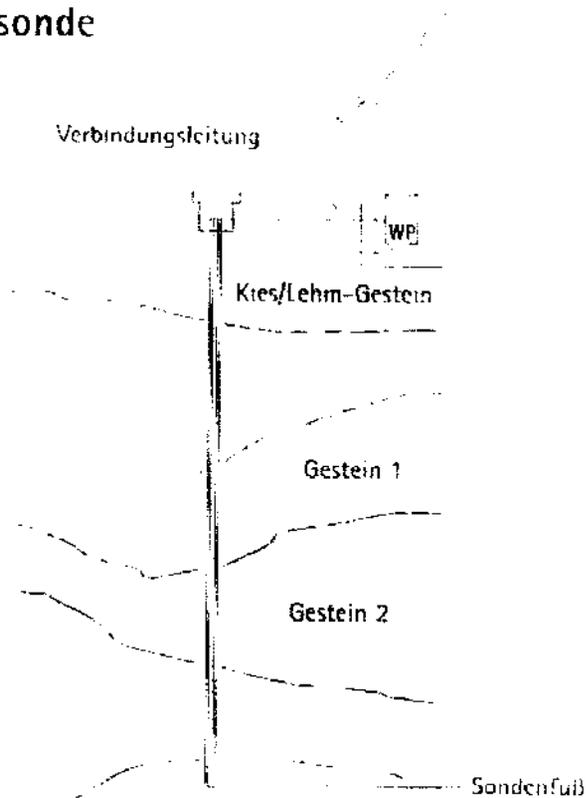


Abb. 6 Erdsonde [4]

3. Projektabschnitte

3.1 Auswahl der Projekte

Für die Vorgehensweise bei der Auswahl der Projekte fand ein erster Termin in der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft am 31.07.2001 mit den Teilnehmern

- Hofrat DI Schörghuber,
 - Hofrat DI Kahrer,
 - Ing. G. Ferenczy
- statt.

Um eine repräsentative Auswahl im Sinne des Auftrages sicherstellen zu können, wurde letztlich eine mehrstufige Vorgehensweise vereinbart.

Das Projektteam Haustechnik Planungsgesellschaft für Ver- und Entsorgungsanlagen Ges.m.b.H. und Schnauer Energie-, Solar- und Umwelttechnik Ges.m.b.H., in der Folge Kurz „Haustechnik/Schnauer“ bezeichnet, hat in einer 1. Stufe versucht, von den Mitgliedern der „Leistungsgemeinschaft Wärmepumpen“, Referenzlisten über Anlagen in NÖ anzufordern.

Es war geplant, diese Referenzen in der Folge mit der Unterstützung der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (GfE) mit den geförderten Objekten des Landes NÖ zu vergleichen. Herr Hofrat DI Kahrer hat dafür von Herrn Kornfeld (Abteilung F2-A Hofrat Fellner – Wohnbauförderung) entsprechendes Datenmaterial angefordert. (Die Förderanträge enthalten neben den Adressen des Förderungswerbers auch technische Eckdaten).

Zur Abrundung des Datenmaterials hat Herr Hofrat DI Kahrer von der EVN eine Referenzliste erbeten sowie die 5 Energieberater in den Gebietsbauämtern

- St. Pölten
- Krems
- Wr. Neustadt
- Mödling
- Korneuburg

ersucht, repräsentative Wärmepumpenprojekte aus Ihrem Beratungsbereich zu nominieren.

Durch die Einbindung der regionalen Energieberater sollte zum einen sichergestellt werden, dass signifikante Anlagen in der Messreihe berücksichtigt werden können und die Ergebnisse der Studie wiederum in die Beratungstätigkeit der regionalen Energieberater miteinfließen können, wodurch der Regelkreis „Beratung-Förderung-Kontrolle“ geschlossen werden kann.

Da in der Leistungsgemeinschaft „Wärmepumpen“ keine Referenzlisten geführt werden, wurden die Projekte aus den, von der EVN und den regionalen Energieberatern zur Verfügung gestellten Referenzen ausgewählt.

Die konkreten Projekte wurden bei der Projektteamsitzung am 02. September 2001 unter dem Vorsitz von Hofrat DI Kahrer ausgewählt. Dabei wurden folgende Projekte von der EVN und Projekte von den Energieberatern der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft in den Gebietsbauämtern nominiert:

Mehrfamilienhäuser

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. _ | Mehrfamilien-Wohnhaus
3511 Paudorf-Hörfarth
Gartengasse 67
Massivabsorber EWWP | Quelle: Ing.Hanzlik |
| 2. _ | Ökodorf bei Amstetten
Wohnhausanlage | Quelle: Franz Gugerell |
| 3. _ | 20 Wohneinheiten in St. Pölten | Quelle: EVN |
| 4. _ | Seniorenwohnheim und Startwohnungen
3542 Gföhl, Missongasse 10-12
EWWP | |
| 5. _ | Brunn am Gebirge | Quelle: EVN |
| Einfamilienwohnhäuser: | | |
| 6. _ | Ökotherrn St. Leonhard
Sole/Wasser | Quelle: EVN |
| 7. _ | 3970 Weitra
Erdwärme-WP | Quelle: Hanzlik |
| 8. _ | 2822 Erlach
Erdwärme-WP | Quelle: Barnart |
| 9. _ | Hainburg
Vaillant
Wasser/Wasser-WP | Quelle: EVN |
| 10. _ | Diverse Anlagen | Quelle: Krenmayr/Wohlgemuth |

3.2 Einbau der Messeinrichtungen

Die Kontaktaufnahme mit den Förderungsnehmern der ausgewählten Projekte sollte, unter Bezugnahme auf EVN bzw. der Energieberater der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft, auf kurzem Weg telefonisch durch das Projektteam erfolgen.

Es wurde weiters vereinbart, dass die eingebauten Messeinrichtungen (Wärmemengenzähler) beim Förderungsnehmer verbleiben.

Im Gegenzug wird die Ablesung und Eintragung der Messwerte in beigestellte Energiebuchhaltungsformulare ermöglicht bzw. durch den Förderungswerber selbst durchgeführt.

3.2.1 Probleme beim Einbau der Messeinrichtungen

a) Mehrfamilienhäuser

Bei den ausgewählten Mehrfamilienhäusern gab es anlässlich der Lokalausweise zur Vorbereitung des Einbaues der Messeinrichtungen Probleme im Zusammenhang mit Gewährleistungsfragen durch einen Eingriff einer fremden Firma in eine bestehende Anlage. Dies insbesondere bei noch laufender Gewährleistung. Diese Frage konnte kurzfristig nicht gelöst werden.

Darüber hinaus ergab sich ein kommerzielles Problem dergestalt, dass im gegenständlichen Förderantrag 10 Stück Wärmezähler in einer Dimension 1 Zoll bis 5 ¼ Zoll im Wert von je ATS 7.800,- kalkuliert wurden. Bei den Lokalausweisen wurden jedoch notwendige Dimensionen in der Größenordnung DN50 bis DN80 vorgefunden. Wärmezähler in dieser Größenordnung kosten ein Vielfaches der kalkulierten Wärmezähler z.B.: (Siemens/Sonokart 2WR5)

Wärmezähler DN 50 Materialanteil ca.	(ATS 28.000.--)	€ 2.034,84
Wärmezähler DN 65 " "	(ATS 30.000.--)	€ 2.180,19
Wärmezähler DN 80 " "	(ATS 41.000.--)	€ 2.979,59
zuzügl. 20% MWSt.		

Nach Rückfrage hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise mit Hofrat Schörghuber bzw. Hofrat Kahrer wurde einvernehmlich vereinbart, dass eine Aufstockung des Projektbudgets kurzfristig nicht möglich ist und daher das Thema Mehrfamilienhäuser zwar im Ergebnisbericht behandelt werden soll, jedoch von einer messtechnischen Dokumentation vorerst Abstand genommen wird.

Die Aufarbeitung des Themenkreises Mehrfamilienhäusern könnte, sofern hier interessante Ergebnisse aus dem aktuellen Forschungsauftrag entstehen, über eine getrennte Einreichung bearbeitet und vertieft werden.

b) Einfamilienhäuser

In der Folge wurde das Messprogramm wiederum, wie zu Beginn des Förderantrages, auf Einfamilienwohnhäuser unterschiedlicher Wärmepumpensysteme in den 4 niederösterreichischen Vierteln fokussiert.

Folgende Projekte wurden in der Folge ausgewählt:

1. 3550 Haindorf Messungen jeweils –
ab Aug.01 Sole/Wasser-Wärmepumpe (So/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: WATERKOTTE
2. 2002 Großmugl ab Sept.01 Luft/Wasser-Wärmepumpe (L/W) monovalent
Fabrikat: ALPA-INOTEC
3. 3970 Weitra ab Okt.01 Sole/Wasser-Wärmepumpe (So/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: SIEMENS
4. 2111 Obergänserndorf ab Dez.01 Sole/Wasser-Wärmepumpe (So/W)
(Tiefenbohrung)
Fabrikat: WATERKOTTE
5. 2123 Schleinbach ab Jan.02 Direktverdampfer-Wärmepumpe (Dv/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: NEURA
6. 3233 Kilb ab Jan.02 Direktverdampfer-Wärmepumpe (Dv/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: ÖKOTHERM
7. 2442 Unterwaltersdorf ab Jan.02 Wasser/Wasser-Wärmepumpe (WW)
Fabrikat: WATERKOTTE
8. 2094 Zissersdorf ab Dez.01 Direktverdampfer-Wärmepumpe (Dv/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: WATERKOTTE
9. 3521 Reichau ab April 01 Direktverdampfer-Wärmepumpe (Dv/W)
(Flächenkollektor)
Fabrikat: WATERKOTTE

Bei der Umsetzung dieser Projekte entstand bei einigen der ausgewählten Förderungsnehmer das gleiche Problem wie bei den Mehrfamilienhäusern: Dem Projektteam wurde für den Einbau einer Messeinrichtung nicht überall Zutritt gewährt. Auch hier wiederum war eines der Hauptprobleme das Thema der „Gewährleistung“ und Rückwirkungen auf die Anlagentechnik durch Einbau des Wärmezählers durch ein fremdes Unternehmen.

Durch die beschriebenen Probleme bei der Umsetzung der Messreihe war es möglich, mit einem Vollbetrieb aller Messungen erst im Jänner 2002 zu beginnen.

3.3 Durchführung und Betreuung der MESSREIHE

Wesentlicher Bestandteil der Studie ist die Überprüfung der energietechnischen Effizienz von **Heizungs- Wärmepumpensystemen** durch die messtechnische Kontrolle vorstehend ausgewählter Anlagen.

Beurteilungskriterien für die energietechnische Qualität der Anlagen ist dabei die so genannte **Jahresarbeitszahl**.

Die Jahresarbeitszahl setzt die abgegebene Nutzwärmemenge ins Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Arbeit zum Betrieb der Wärmepumpe (inkl. ev. erforderlicher Pumpe für Wärmequellenanlage, jedoch ohne Heizkreispumpe).

Die Zählerbestände (gem. Messdatenerfassungsblatt Beilage 5) wurden von den Anlagenbetreibern in periodischen Abständen in das Datenerfassungsblatt eingetragen und von der Firma Schnauer stichprobenartig während der Messreihe überprüft.

Die EVN AG hat sich bereit erklärt zusätzlich zu den 9 vom Projektteam Haustechnik/Schnauer betreuten Anlagen, Messergebnisse weiterer 27 Anlagen zur Verfügung zu stellen.

Es standen somit Messergebnisse aus **36** Anlagen unterschiedlicher Systeme zur Verfügung.

Die Auswertung der Messergebnisse ist in Abb. 7 dargestellt.

Demzufolge beträgt die **durchschnittliche Arbeitszahl** der gemessenen Anlagen bei:

Installation (Periode):		IV	III	II	I
		(89/93)	(93/98)	(99/01)	(01/03)
Luft/Wasser-Wärmepumpe	L/W	-	3,0	3,4	2,9
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	W/W	3,4	3,4	4,2	3,9
Sole/Wasser-Wärmepumpe	So/W	2,7	2,8	2,8	3,4
Direktverdampfer/Wasser-Wärmepumpe	Dv/W	3,1	3,2	3,7	4,0

3.4 Auswertung der Messreihen

In Anlehnung an die von der EVN in den Jahren 1988 bis 2001 durchgeführte Datenerhebung über 27 Wärmepumpensysteme in unterschiedlichen Objekten beruht die vom Projektteam durchgeführte Messreihe auf folgenden Definitionen:

Wärmepumpen-System

WW	Wasser/Wasser-Wärmepumpe
So/W	Sole/Wasser-Wärmepumpe
L/W	Luft/Wasser-Wärmepumpe
Dv/W	Direktverdampfer/Wasser-Wärmepumpe

Wärmepumpen-Heizleistung

Nennwärmeleistung der Wärmepumpe lt. Hersteller

Kältemittel

Art des verwendeten Arbeitsmittel

Objekt

EFH	Einfamilienhaus
MFH	Mehrfamilienhaus
KG	Kindergarten
VS	Volksschule
Büroh	Bürohaus
GH	Gastronomiebetrieb

beh. Fläche

Beheizte Nutzfläche in [m²]

Wärmequelle

Grundwasser	Wärmeentnahme über Brunnenwasser
Außenluft	Wärmeentnahme aus der Außenluft
Betonrohrregister	Wärmeentnahme aus der Außenluft über L-EWT (Luft-Erdreichwärmetauscher)
Flächenkollektor	Erdreichwärmetauscher in Flächenverlegung
Grabenkollektor	Erdreichwärmetauscher in Grabenform
Tiefenbohrung	Erdreichwärmetauscher in Sondenform
Massivabsorber	Beton-Massivwärmetauscher / Wärmeentnahme aus der Außenluft

Wärmeverteilsystem

Fbhzg	Fußbodenheizung
Wandhzg	Wandheizsystem
Radhzg	Niedertemperaturradiatorenheizsystem
Fbhzg/Wandhzg	Kombination aus Fußbodenheizsystem und Wandheizsystem

Winterperiode

Zeitraum der Datenerhebung (meist 2. Jahr nach Inbetriebnahme)

Jahresstromverbrauch

Benötigte Energie für den Betrieb der Wärmepumpe einschließlich der Wärmequellenanlage bei Solekollektoren oder Tiefenbohrung ist auch die Solepumpe im Verbrauch berücksichtigt.

Gesamtstromverbrauch (Hoch- und Niedertarif) ohne Heizkreispumpen.

Verbrauch bei Luft/Wasser-Wärmepumpen inkl. eventueller elektr. Nachheizung.

Gelieferte Wärmemenge

gesamte gelieferte Wärmemenge der Wärmepumpenanlage

Arbeitszahl

Abgegebene Wärmemenge im Verhältnis zur aufgenommenen elektr. Arbeit während eines Jahres.

Datenerhebung Wärmepumpen-Referenzanlage

Wp-System	WF-Herzleistung kW	Klima-mittel	Objekt	beh. Fläche m²	Plz. Or.	Wärmequelle	Wärmesystem	Winterperiode	Jahresstromverbrauch kWh/a	goldene Wärmebrücke kWh/a	Aufschlag
1	DwW 2,5	Propan	EFH	220	2123 Schleinbach	Flächenkollektor	FHtzg	Jahr 2001	8785,66	58193	3,2%
2	SoW 12,5	R407c	EFH	253	2111 Obergsensdorf	Tiefenbohrung	FHtzg/Wandtzg inkl. WW-Bereitung mit Htzg-WP	J. in 2002 Mar 2003	3504,2	12034,3	3,1%
3	SoW 10,3	R407c	EFH	330	3550 Hahndorf	Flächenkollektor	FHtzg inkl. WW-Bereitung mit Htzg-WP	2001	5247	17200	3,0%
4	WW 14,3	R407c	EFH	289	2421 Unterwilerndorf	Grundwasser	FHtzg/Wandtzg inkl. WW-Bereitung mit Htzg-WP	2002 2003	9650,439267	23055	3,6%
5	SoW 14,3	R22	EFH	246	2054 Züscherdorf	Flächenkollektor	FHtzg ohne WW	2002	7395	19725	3,7%
6	DwW	Propan	EFH	200	3233 Kilb	Flächenkollektor	FHtzg/Wandtzg	2002 2003	6254,934289	39538,691	4,2%
7	LAW 20	Propan	EFH	260	2002 Großmühl	Außenluft	FHtzg ohne WW	2107 2002	10310,2	26189	2,8%
8	DwW 7,1	R407c	EFH	170	3521 Rechau	Flächenkollektor	FHtzg/Wandtzg inkl. WW-Bereitung mit Htzg-WP	2001 Cit 2001	2513,33	15031,6772	4,7%
9	SoW 12,3	R22	EFH	260	3968 Werra	Flächenkollektor	FHtzg/Wandtzg ohne WW	Cit 2002	8055	26189	3,0%

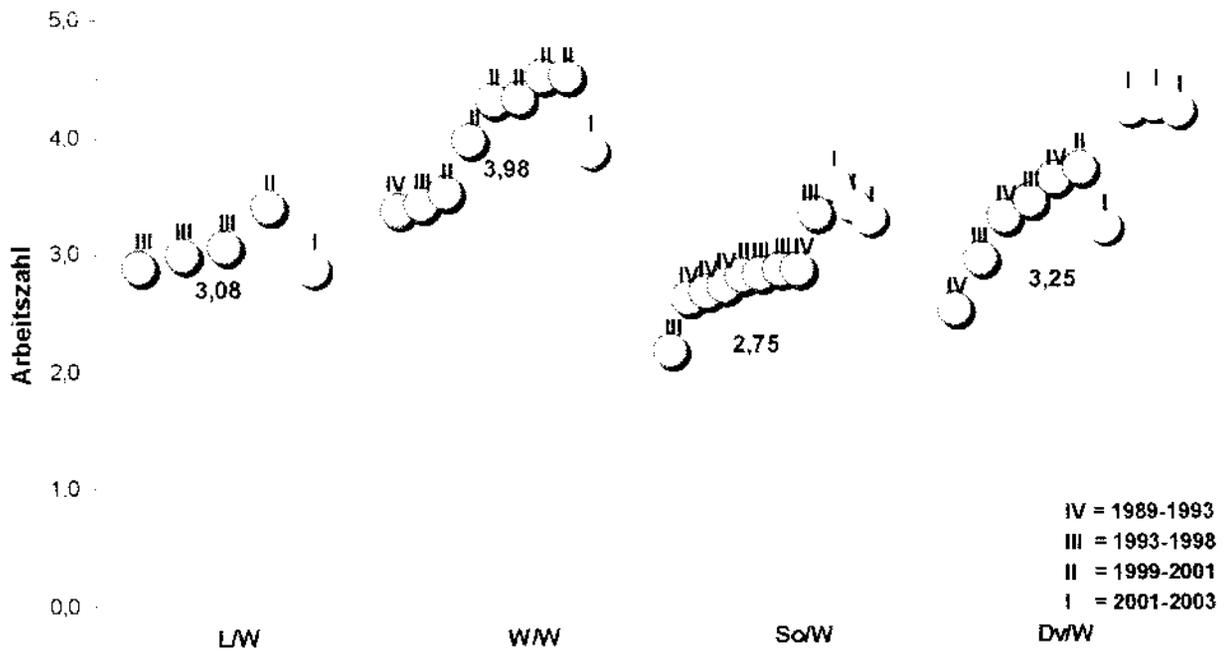
IVV Versorgungsnetze:

Datenerhebung Wärmepumpen-Referenzanlage

WP-System	Wärmeleistung	Kategorie	Wärmeleistung (kW)									
15	0,74	179	222	224	224	224	224	224	224	224	224	224
20	0,74	179	222	224	224	224	224	224	224	224	224	224
22	0,74	179	222	224	224	224	224	224	224	224	224	224
28												
29												
30												

IVV Versorgungsnetze:

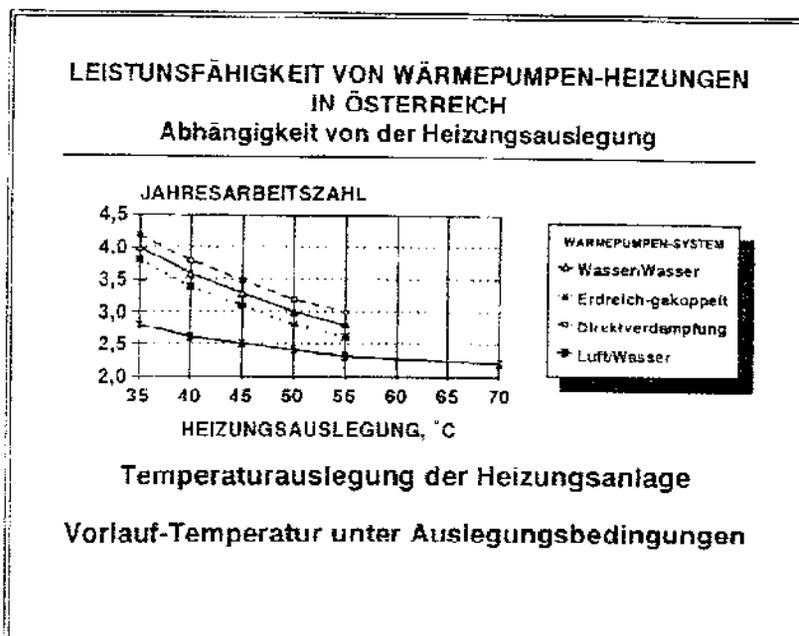
Meßergebnisse - Arbeitszahl



Die Grafik illustriert die dynamische Entwicklung der messtechnisch dokumentierten Arbeitszahl von Heizungswärmepumpen in den Perioden von 1989 (IV) bis 2003 (I).

Die Effizienz der Anlagen konnte in den letzten Jahren permanent gesteigert werden. Optimale Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit wird bei Beachtung des thermodynamischen und anlagentechnischen Umfeldes erreicht.

Beispielhaft sei in nachstehendem Schaubild auf die Bedeutung der Auslegung des Wärmeabgabesystems verwiesen [8]



4. Fragebogenaktion

4.1 Durchführung der Fragebogenaktion

Ziel des Projektes ist es neben der messtechnischen Erfassung der energietechnischen Effizienz von Wärmepumpenheizsystemen auch die Zufriedenheit der Betreiber der geförderten Anlagen im Rahmen einer Fragebogenaktion zu erkunden.

Die Inhalte des Fragebogens wurden mit der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (GfE) erarbeitet.

Die Erfahrungen im Rahmen einer vergleichbaren Fragebogenaktion in Kärnten von Herrn Univ. Prof. DI Dr. G. Faninger sind bei der Gestaltung der Inhalte mit eingeflossen.

Die Daten von über 900 Förderungswerbern wurde uns von der Abteilung F2-A des Amts der NÖ – Landesregierung zur Verfügung gestellt und dem Projektteam über die Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (GfE) per E-mail übermittelt.

Das uns von der GfE zur Verfügung gestellte Datenmaterial über die geförderten Anlagen weist

- Bezirkscode
- Geschäftszahl
- Name, Adresse
- elektr. Anschlussleistung (kW)
- Heizleistung der Wärmepumpe (kW)

aus

Darüberhinaus ist die installierte Anlagentypen ausgewiesen.

L/W:	Luft-/Wasserwärmepumpe	56 Stück	(6%)
W/W:	Wasser-/Wasserwärmepumpe	220 Stück	(23%)
So/W:	Sole/Wasserwärmepumpe	241 Stück	(25%)
Dv/W:	Wärmepumpe mit Direktverdampfung	<u>453 Stück</u>	<u>(46%)</u>
	Summe	970 Stück	(100%)

Im Fragebogen (Beilage 4.2) wurden folgende Daten abgefragt:

- Art der Heizungswärmepumpe
- Art der Warmwasserbereitung
- Kontrollierte Wohnraumlüftung
- Wärmeabgabesystem
- Pufferspeichergröße
- Kältemittel
- Zuverlässigkeit der Anlage
- Wärmepumpenfabrikat/Inbetriebnahmedatum
- Stromverbrauch der letzten 3 Jahre

- Wartungs- und Reparaturkosten
- Höhe der Investitionskosten
- Art der Finanzierung
- Motive für die Anschaffung einer Wärmepumpe-Energieberatung

Zu den Fragebögen wurden von der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (GfE) ein Begleitschreiben auf Briefpapier des Amtes der NÖ – Landesregierung zur Verfügung gestellt (Beilage 4.2). Es wurde vereinbart, dass der Versand der Fragebögen durch die Haustechnik Planungsgesellschaft erfolgt und wiederum aus logistischen Gründen und Kapazitätsproblemen bei der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (GfE), die Fragebögen auch an die Haustechnik Planungsgesellschaft zu retournieren sind.

Auf Grund der Komplexität des Fragebogens mit insgesamt 120 Antwortmöglichkeiten wurde eine eher geringe Rücklaufquote befürchtet.

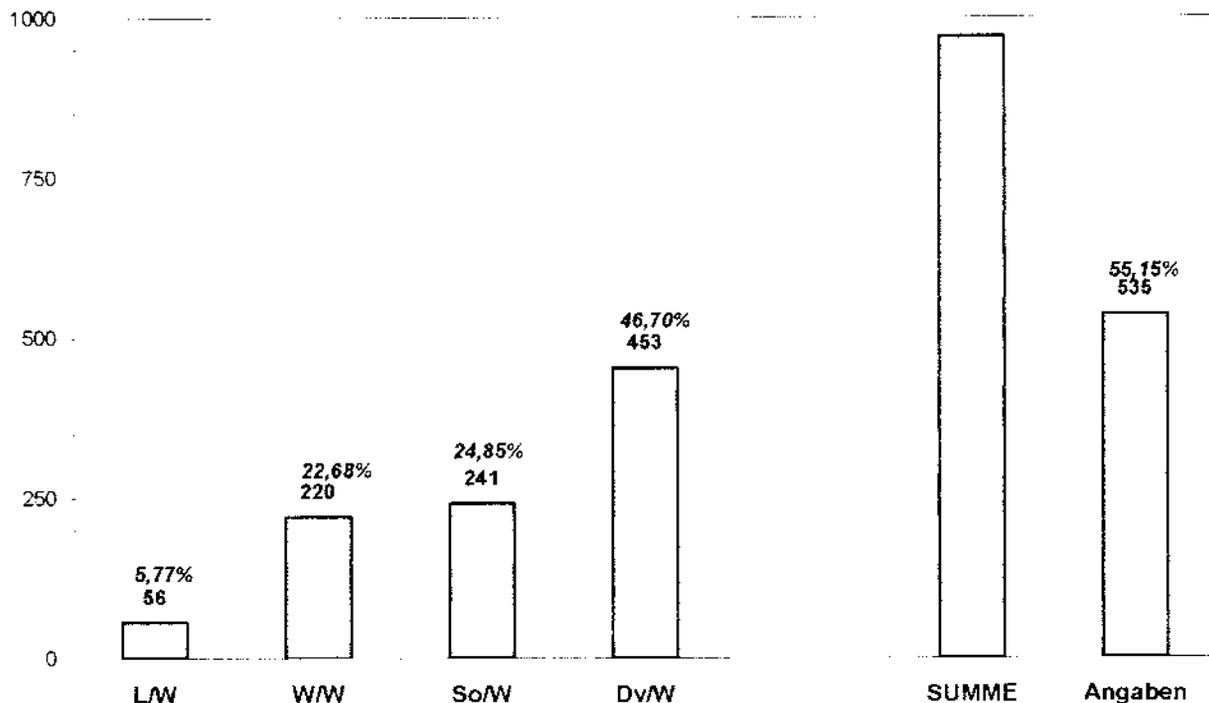
Um einigermaßen aussagekräftige Daten zu bekommen wurde daher in Erwartung von ca. 10 % Rückantworten im Zuge der Gespräche mit der Geschäftsstelle für Energiewirtschaft entschieden alle ca. 970 von der Abteilung F2-A zur Verfügung gestellten Adressen anzuschreiben.

Die Anzahl der tatsächlich beantworteten und retournierten Fragebögen hat die höchsten Erwartungen im Projektteam übertroffen.

Von 970 versandten Fragebögen wurden mehr als 500 (55 %) retourniert.

Auswertung - Eckdaten

Blatt 99.002.000



Mit der Anzahl der retournierten Fragebögen ist auch die statistische Referenz zu beurteilen.

Demzufolge ist die Aussagekraft der Antworten bei Anlagen mit Erdreich-Wärmepumpen (So/W, Dv/W) und Wasser-/Wasserwärmepumpe (W/W) als hoch einzuschätzen.

Systeme mit Luft-/Wasser-Wärmepumpen (L/W) mit nur 56 Installationen entsprechend niedriger.

4.2 Auswertung der Fragebögen

Generell kann ausgesagt werden, dass von den versandten Fragebögen ca. 55% beantwortet und retourniert wurden, d.h. 535 Fragebögen waren ausgefüllt, wobei naturgemäß nicht jeweils 100% der Antworten statistisch verwertbar waren.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte generell nach den Kriterien

- (L/W) Luft-/Wasser-Wärmepumpe
- (W/W) Wasser-/Wasser-Wärmepumpe
- (So/W) Sole-/Wasser-Wärmepumpe
- (Dv/W) Wärmepumpe mit Direktverdampfung

Darüberhinaus hat die Analyse der Fragebögen ergeben, dass eine weitere Differenzierung nach Alt- und Neubauten als sinnvoll erachtet wurde.

Die Auswertung ergab dass

- fast 50% der Anlagen als Anlagen mit Direktverdampfer
- ca. 25% der Anlagen als Sole-/Wasser-Wärmepumpen
- ca. 23% der Anlagen als Wasser-/Wasser-Wärmepumpen
- ca. 6% der Anlagen als Luft-/Wasser-Wärmepumpen

ausgeführt wurden. Dementsprechend ist auch die statistische Aussagekraft zu bewerten.

Um die Bewertungen der Fördernehmer über die:

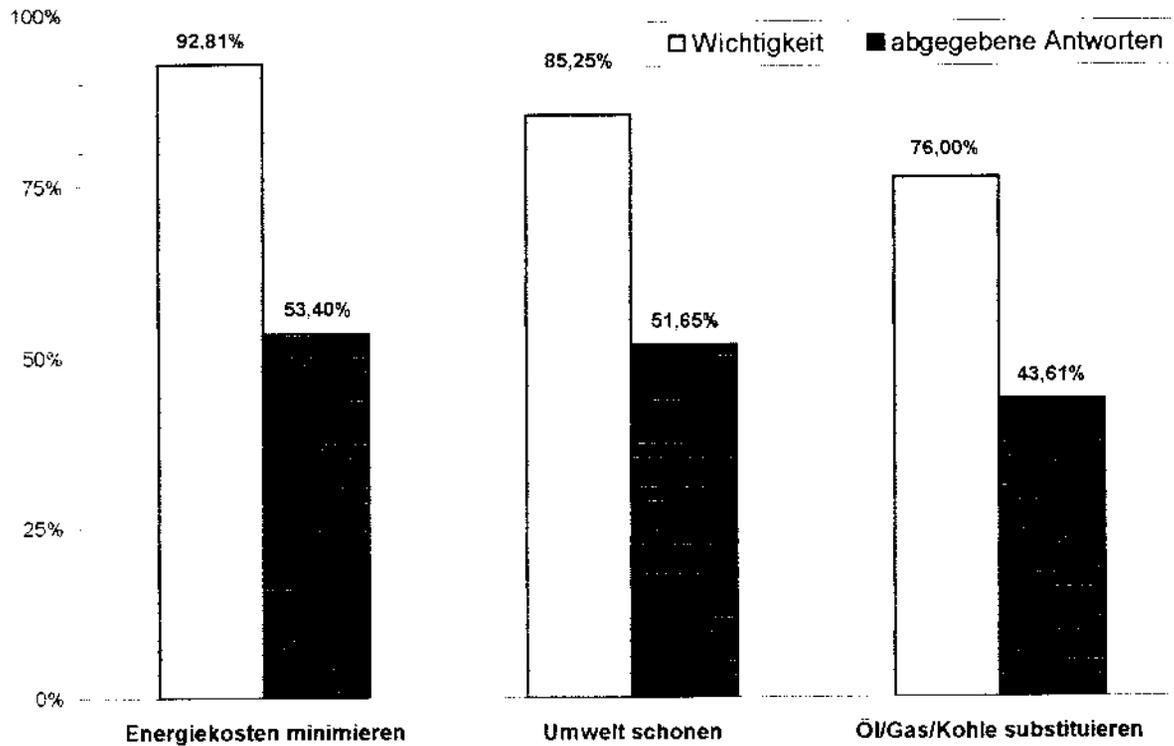
- subjektive Einschätzung der **Betriebskosten** und der **Reparaturkosten** (Kriterien „sehr gering/ durchschnittlich/ zu hoch“) der **Anlagenzuverlässigkeit** (Kriterien „niedrig/ durchschnittlich, hoch“) sowie bei den **Gründen für die Anschaffung der Wärmepumpe** (Kriterien: „wichtig/durchschnittlich/unbedeutend“) haben die Ersteller der Studie das **Schulnotensystem** von „1 bis 5“ herangezogen.

Demnach ist die höchste Zufriedenheit bei der Note 1 angesiedelt und die niedrigste Zufriedenheit bei der Note 5.

Gründe für die Anschaffung von Wärmepumpen

Gründe für die Anschaffung

Blatt 99.002.015/



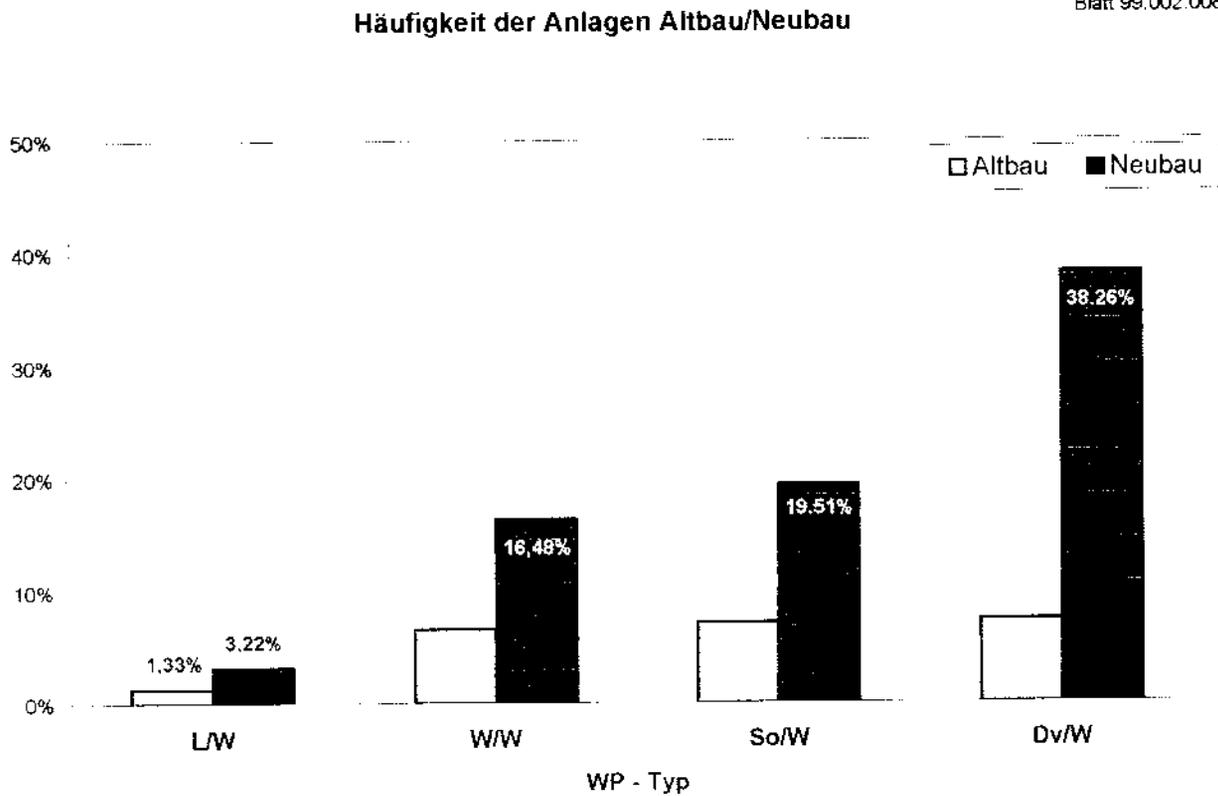
Der Hauptgrund warum die Förderungswerber eine Wärmepumpe angeschafft haben, ist die Möglichkeit mit dieser Technologie, Energiekosten zu minimieren (53,40 %) gefolgt von den Motiven

- die Umwelt zu schonen, sowie
- fossile Brennstoffe zu substituieren.

Alle genannten Kriterien wird jedoch hohe Bedeutung beigemessen.

Häufigkeit der Anlagen in Alt- bzw. Neubauten

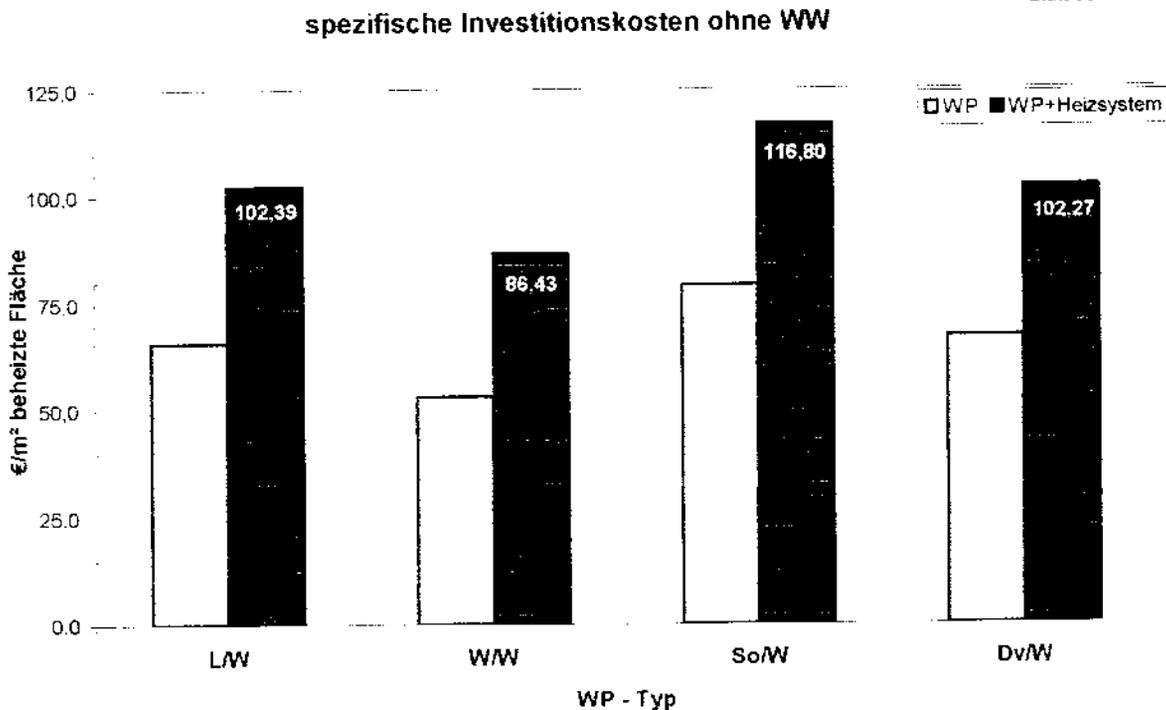
Blatt 99.002.008



Mehr als $\frac{3}{4}$ aller WP-Anlagen wurden in Neubauten installiert (ca. 77 %), $\frac{1}{4}$ in Altbauten.

Spezifische Investitionskosten

Blatt 99.002.003



Bei der Auswertung der Fragen (über Investitionskosten) wurden zum einen die spezifischen Anlagenkosten, d.h. die Kosten der Energiebereitstellung (WP) in €/m² verglichen und den spezifischen Gesamtkosten, d.h. Energiebereitstellung Energieverteilung (WP+Heizsystem) gegenübergestellt.

Die Gegenüberstellung der spezifischen Investitionskosten zeigt, dass bei der Energiebereitstellung (Anlagen) die Wasser-/Wasser-Wärmepumpe (W/W) mit € 53,20/m² als die günstigste Technologie abschneidet, die Sole-/Wasser-Wärmepumpe (So/W) als die teuerste (€ 116,80/m²).

Betrachtet man die Gesamtkosten der Anlage, d.h. Wärmebereitstellung und Wärmeverteilung (Anlagen + Verteilung), so zeigt sich, auf Basis der Auswertung der eingereichten Fragebögen, dass die Sole-/Wasser-Wärmepumpe (So/W) auch hier die teuersten spezifischen Gesamtkosten aufweist. Die Wasser-/Wasser-Wärmepumpe (W/W) ist wiederum die kostengünstigste.

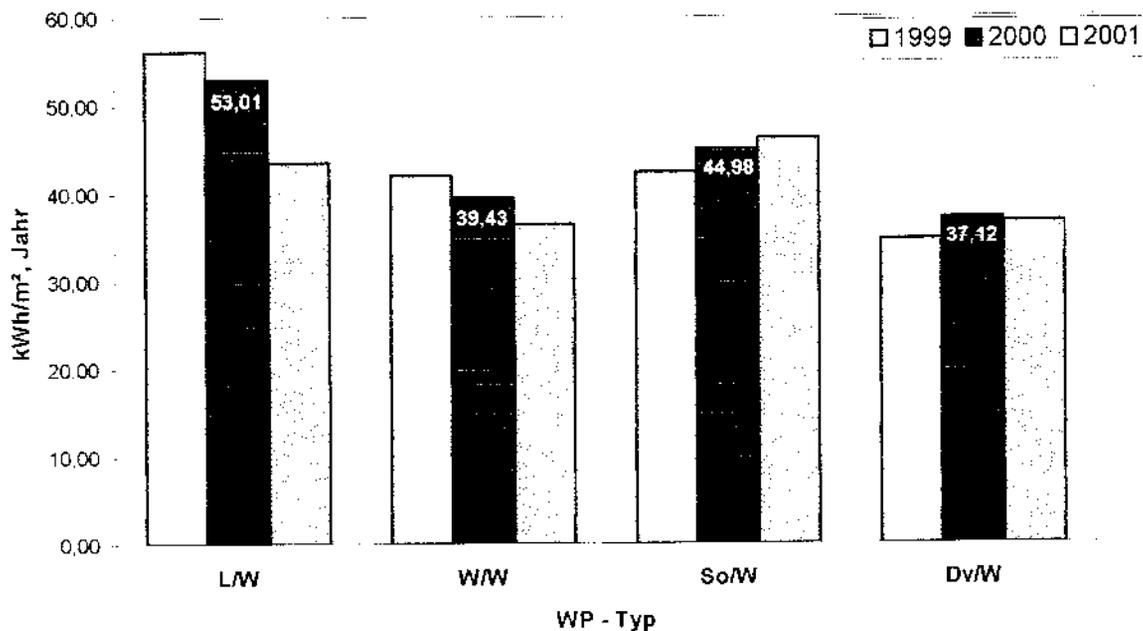
Die Kosten in €/m² beziehen sich auf die von den Förderungswerbern angegebenen Kosten inkl. MWSt. Die Bezugsfläche ist gem. Fragebogen die gesamte beheizte Fläche. (7)

Die Werte verstehen sich ohne Brauchwarmwasserbereitung.

Spezifischer Stromverbrauch

spez. Stromverbrauch

Blatt 99.002.007



Die Grafik zeigt den spezifischen Stromverbrauch in kWh/m² beheizter Fläche und Jahr.

Die Auswertung der Fragen hinsichtlich des Stromverbrauchs zeigt interessanterweise im 3 Jahresvergleich eine unterschiedliche Tendenz bei Wasser-/Wasser-Wärmepumpen (W/W) und der Luft-/Wasser-Wärmepumpe (L/W) (spezifischer Verbrauch sinkend) und den Erdwärmepumpensystemen (So/W und Dv/W) mit einem leicht steigenden spezifischen Verbrauch.

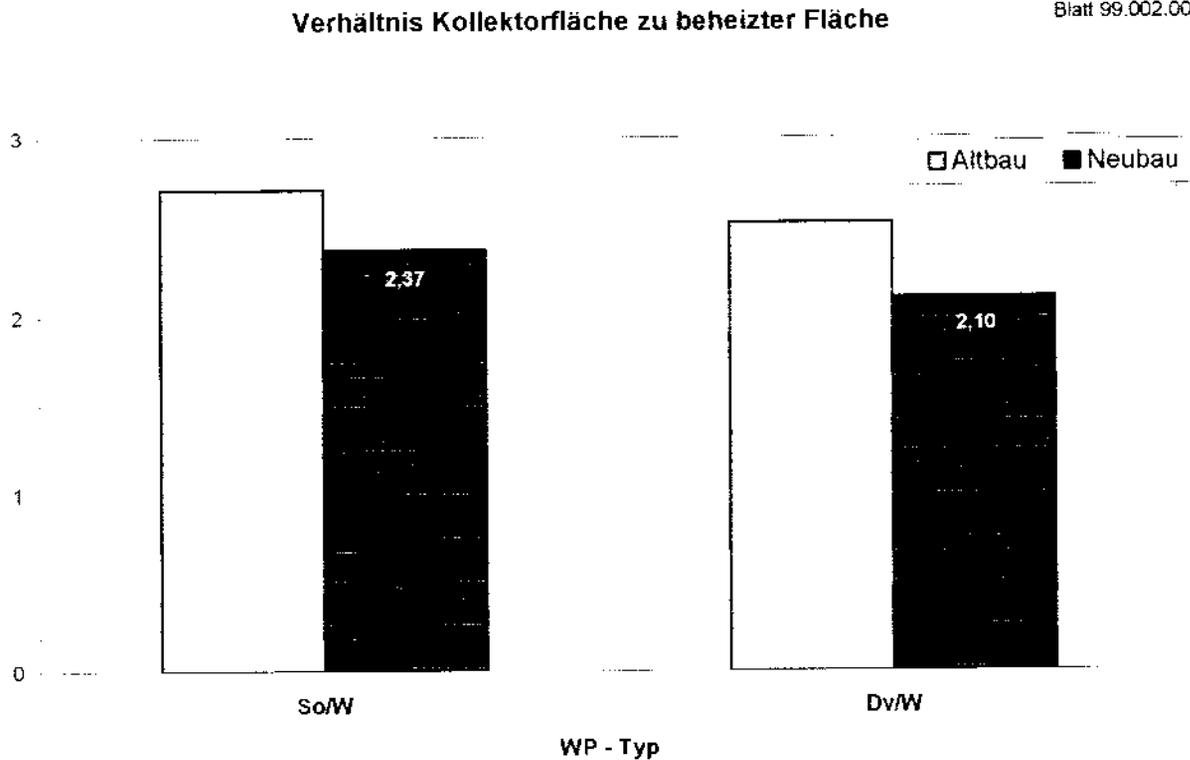
Bei L/W-WP-Anlagen ist diese Tendenz durch technologische Innovationen im Bereich Abbauautomatik erklärbar.

Der statistisch steigende Trend des spez. Stromverbrauches im selben Betrachtungszeitraum bei So/W-WP ist a priori nicht erklärbar.

In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich zur Grafik auf Seite 38 über die Zufriedenheit mit den Betriebs- und Wartungskosten interessant, demzufolge die Zufriedenheit mit den Betriebskosten der Luft-/Wasser-Wärmepumpe (L/W) am niedrigsten und bei Wärmepumpensystemen mit Direktverdampfer (Dv/W) am höchsten ist.

Erdwärme – Wärmepumpe Verhältnis Kollektorfläche zu beheizter Fläche

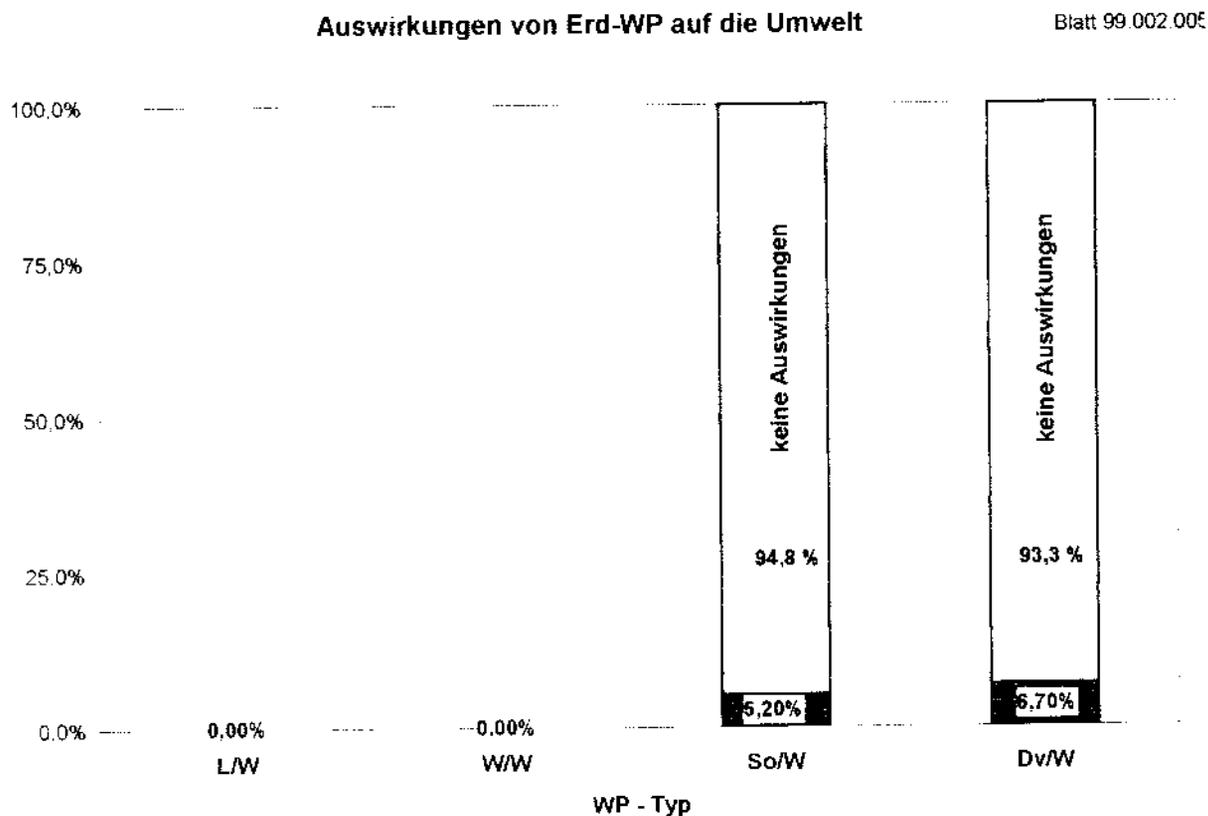
Blatt 99.002.009



Diese Grafik zeigt das Verhältnis der installierten Kollektorfläche bezogen auf die beheizte Fläche. Systembedingt ist naturgemäß der Flächenbedarf bei Sole-Wasser-Wärmepumpen (So/W) etwas höher als bei Wärmepumpensystemen mit Direktverdampfung (Dv/W)

Der „statistische“ Flächenbedarf ist bei gut wärmegeämmten Neubauten ca. 15 % niedriger, als bei Altbauten. Durchschnittlich wird demzufolge die 2,5-fache Wohnfläche als Kollektorfläche benötigt.

Auswirkung der Erdwärmepumpensysteme auf die Umwelt



Die bisweilen diskutierten Auswirkungen von Erdwärmepumpensystemen auf Grund und Boden kann aufgrund der Auswertung der Fragebogenaktion dergestalt zusammengefasst werden, dass lediglich 15, d.s. ca. 2% von den 663 Betreibern geförderter Erdwärmepumpenanlagen Auswirkungen auf Grund und Boden befürchten.

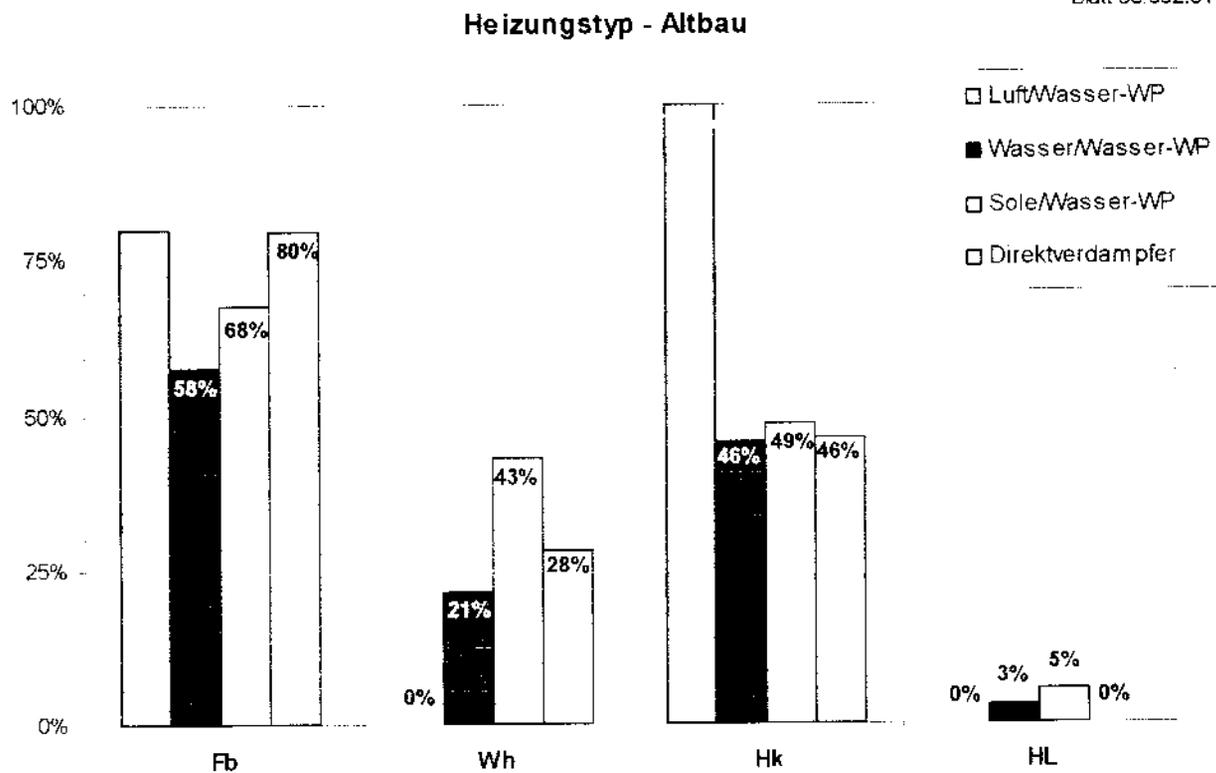
Bei der Analyse der subjektiven Einschätzung der Auswirkung von Erdwärmepumpensystemen auf Grund und Boden wurde wie folgt vorgegangen:

Von allen bei Erdwärmepumpenanlagen (So/W und Dv/W) angegebenen Antworten waren bei der Wärmepumpe mit Direktverdampfung (Dv/W) 6,7% der Meinung, dass es Auswirkung auf Grund und Boden gibt. Bei den Betreibern von Sole-/Wasser-Wärmepumpen (So/W) waren 5,2% der Meinung, eine Auswirkung auf Grund und Boden identifizieren zu können/führen zu müssen.

Korrekterweise wurden für Luft-/Wasser-Wärmepumpensysteme (L/W) und für Wasser-/Wasser-Wärmepumpensysteme (W/W) keine Antworten gegeben.

Wärmeabgabesysteme

Blatt 99.002.011/

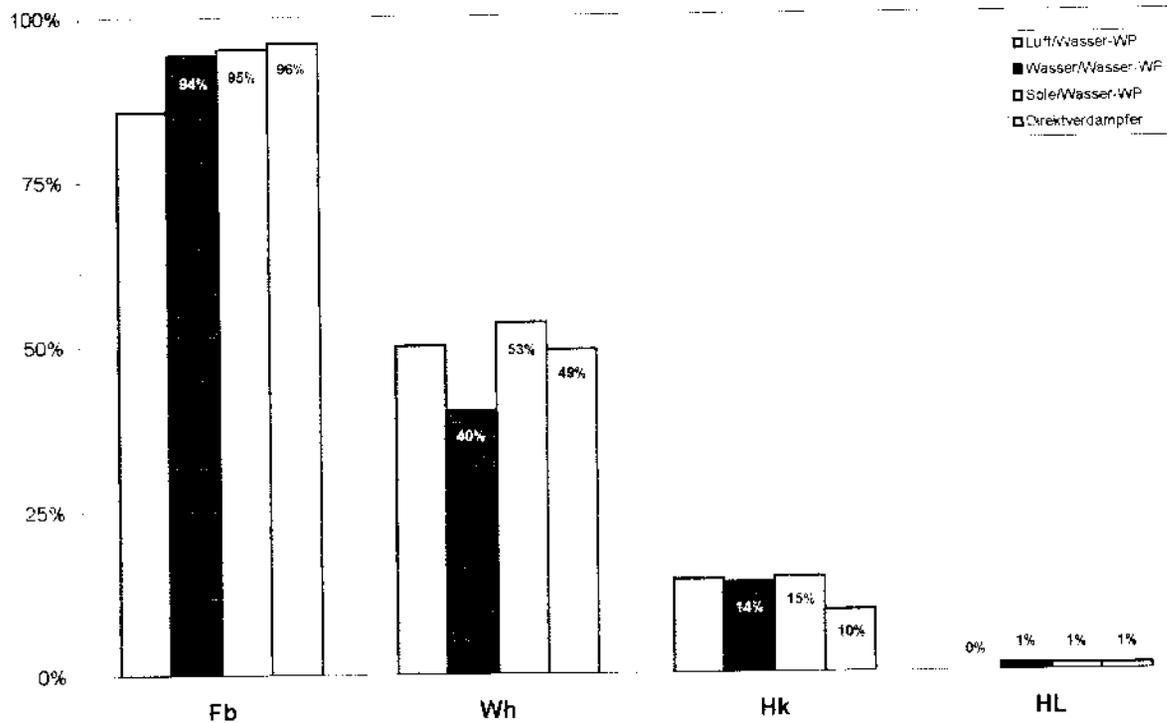


Mit der Beantwortung Fragen nach dem Heizungstyp sollte das eingesetzte **System der Wärmeabgabe** analysiert werden. Differenziert wurde nach

- die Fußbodenheizung (Fb),
- die Wandheizung (Wh),
- Radiatoren (HK) und
- Heizleisten (HL).

Die Grafik zeigt die **Verteilung von Wärmeabgabesystemen im Altbau**, derzufolge hier vorzugsweise Fußbodenheizung und Heizkörper eingesetzt werden, gefolgt von der Wandheizung und mit einem kleinen Anteil von Heizleisten.

Heizungstyp - Neubau



Diese Grafik zeigt die Verteilung der eingesetzten **Wärmeabgabesysteme** im Neubau.

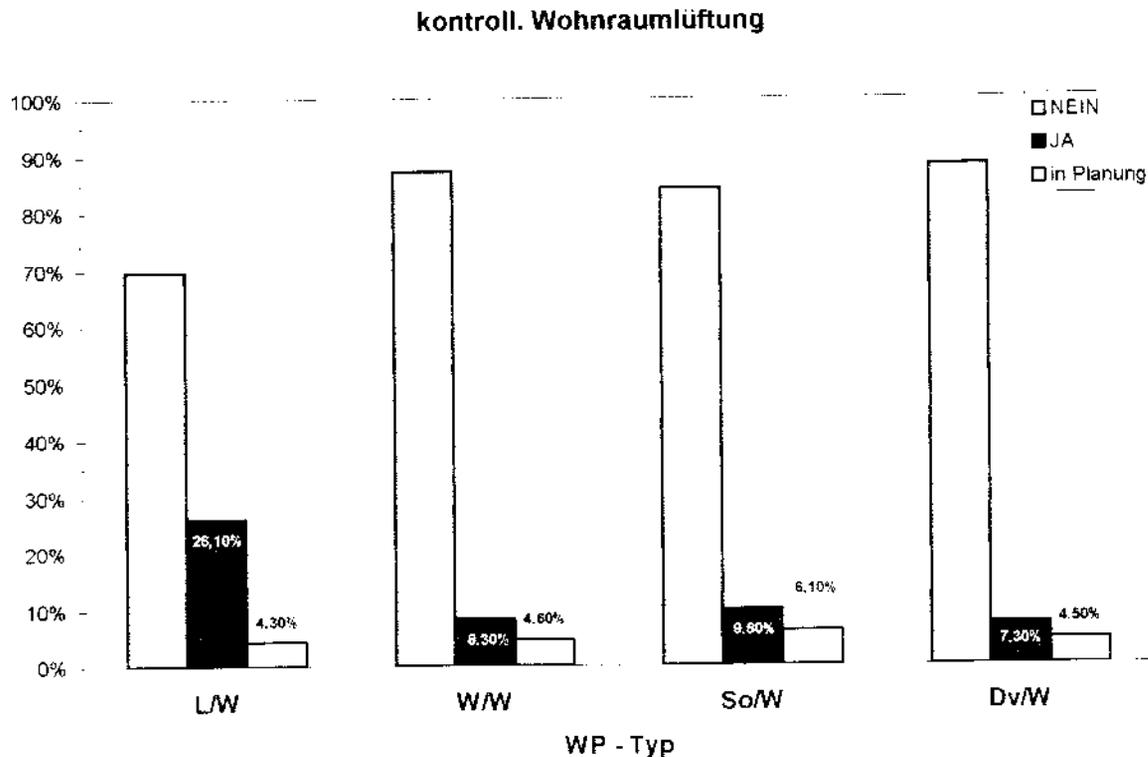
Hier ist erkennbar, dass die Fußbodenheizung bei allen Wärmepumpensystemen das am häufigsten gewählte System der Wärmeabgabe darstellt, gefolgt von Wandheizungsanlagen, die doch ca. 50% aller Systeme repräsentieren. Eine untergeordnete Bedeutung ist bei Heizkörpern und Heizleisten zu identifizieren.

Hinweis:

Die Summe der %-Sätze für die einzelnen Wärmeabgabesysteme ergibt nicht 100%, da auch Kombinationen von Wärmeabgabesystemen (Fußbodenheizung und Heizkörper oder Fußbodenheizung und Wandheizung) möglich sind.

Kontrollierte Wohnraumlüftung

Blatt 99.002.010/1



Die Grafik zeigt den Einsatz der Wohnraumlüftung in Verbindung mit Wärmepumpenanlagen auf. Die Auswertung zeigt, dass kontrollierte Wohnraumlüftungssysteme am häufigsten in Verbindung mit Luft-/Wasser-Wärme-pumpensystemen (L/W) eingesetzt werden. Ansonsten ist die Bedeutung der kontrollierten Wohnraumlüftung in der Auswertung der gegenständlichen Fragebögen eher als niedrig einzuordnen.

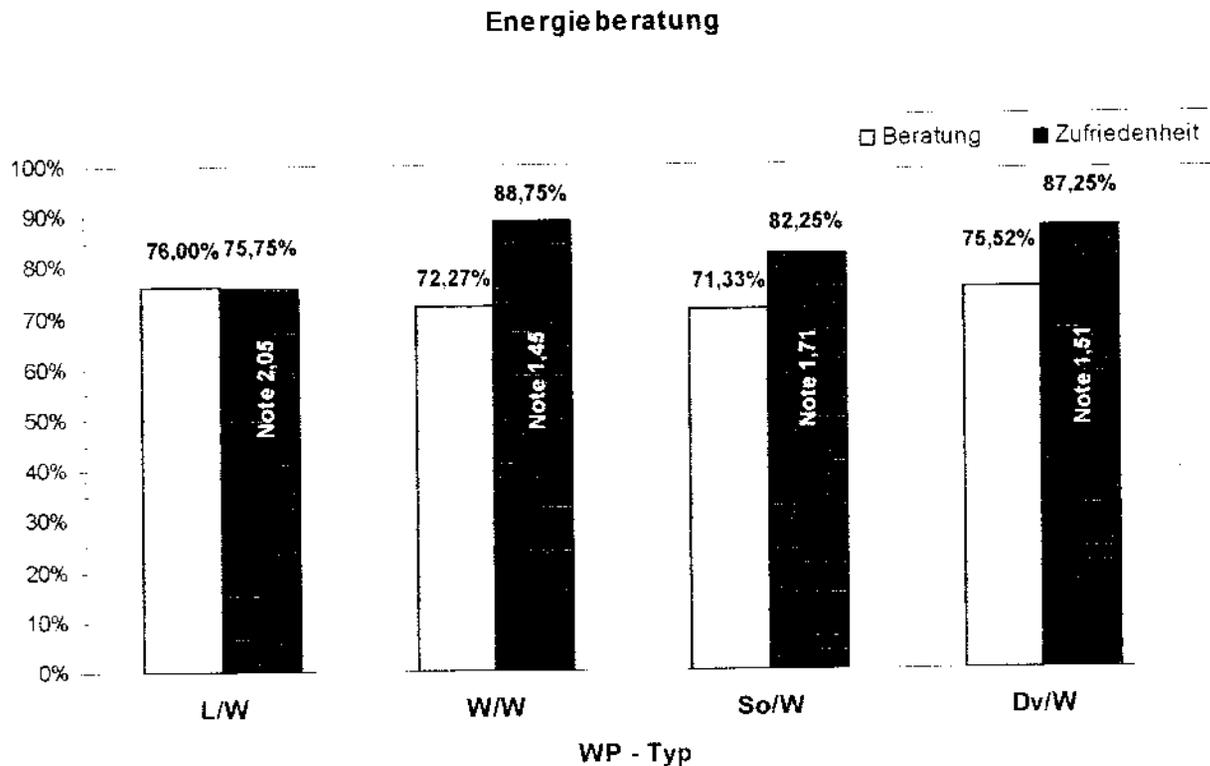
Dieses Ergebnis entspricht auch den im Wohnbauforschungsprojekt „Evaluierung der Wohnhausanlage Meikergründe in Baden (12/1998)“ dargestellten Erkenntnisse hinsichtlich einer begrenzten Nutzerakzeptanz für diese Systeme.

Generell kann zusammengefasst werden, dass die kontrollierte Wohnraumlüftung zum Zeitpunkt der Umfrage nur in geringem Umfang eingesetzt wurde.

Ihre Bedeutung wird im Zuge der Niedrig- und Passivenergiehäuser sicherlich stark zunehmen.

Energieberatung

Blatt 99.002.010



In der Abbildung Energieberatung ist die Information dreidimensional aufgebaut.

Zum einen wird der Prozentsatz jener Förderungswerber ausgewiesen, welche Beratung hatten.

Im zweiten Balken wird von diesen 76% die Zufriedenheit der Beratung ausgewiesen.

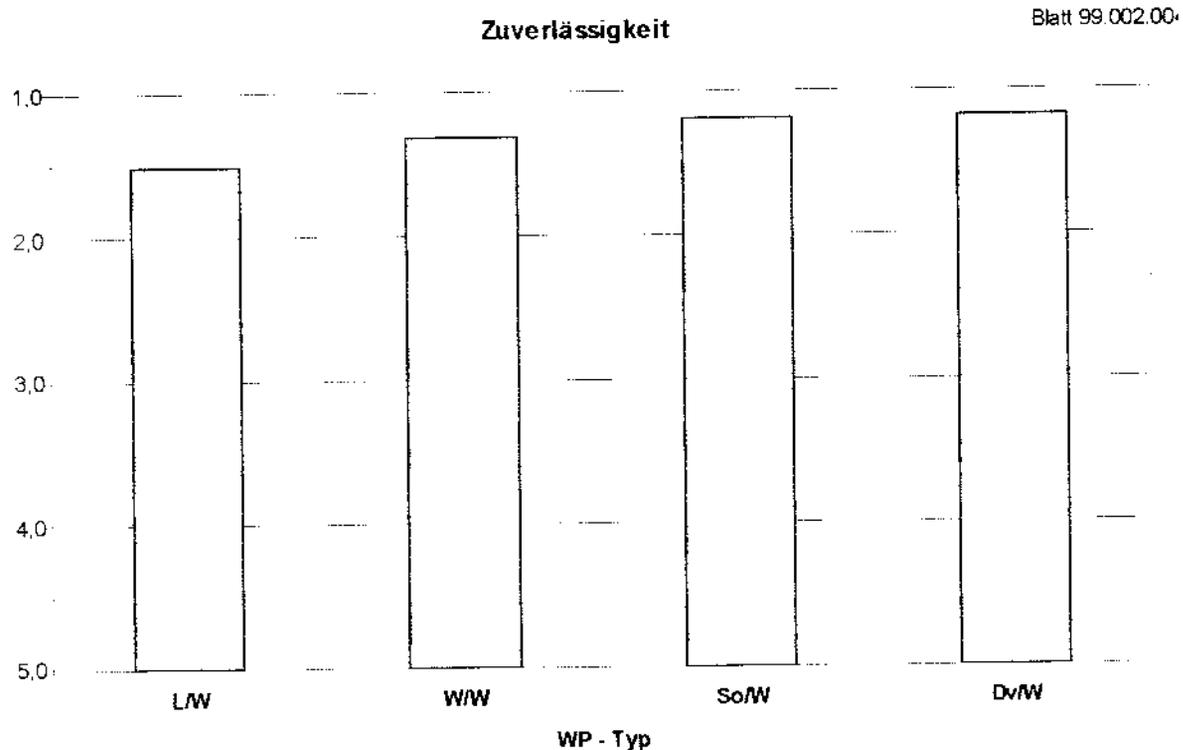
Als dritte Dimension wird die Zufriedenheit mit der Beratung nach dem Schulnotensystem dargestellt.

Beispiel: Wärmepumpensysteme mit Direktverdampfer (Dv/W):

Von den Förderungwerbern hatten 75,92% Beratung. Von diesen haben 87,25% im Fragebogen Angaben gemacht. Note für die Energieberatung beträgt 1,51.

Aus der Sicht der Autoren wird Beratung gerne in Anspruch genommen und man ist im Wesentlichen mit der Beratung zufrieden. Auch hier finden sich die Systeme mit Luft-/Wasser (L/W) am unteren Ende der Skala und Systeme mit Direktverdampfung (Dv/W) am oberen Ende der Zufriedenheitsskala.

Anlagenzuverlässigkeit



Bei dieser Grafik wurde die subjektive Anlagenzuverlässigkeit nach den Kriterien

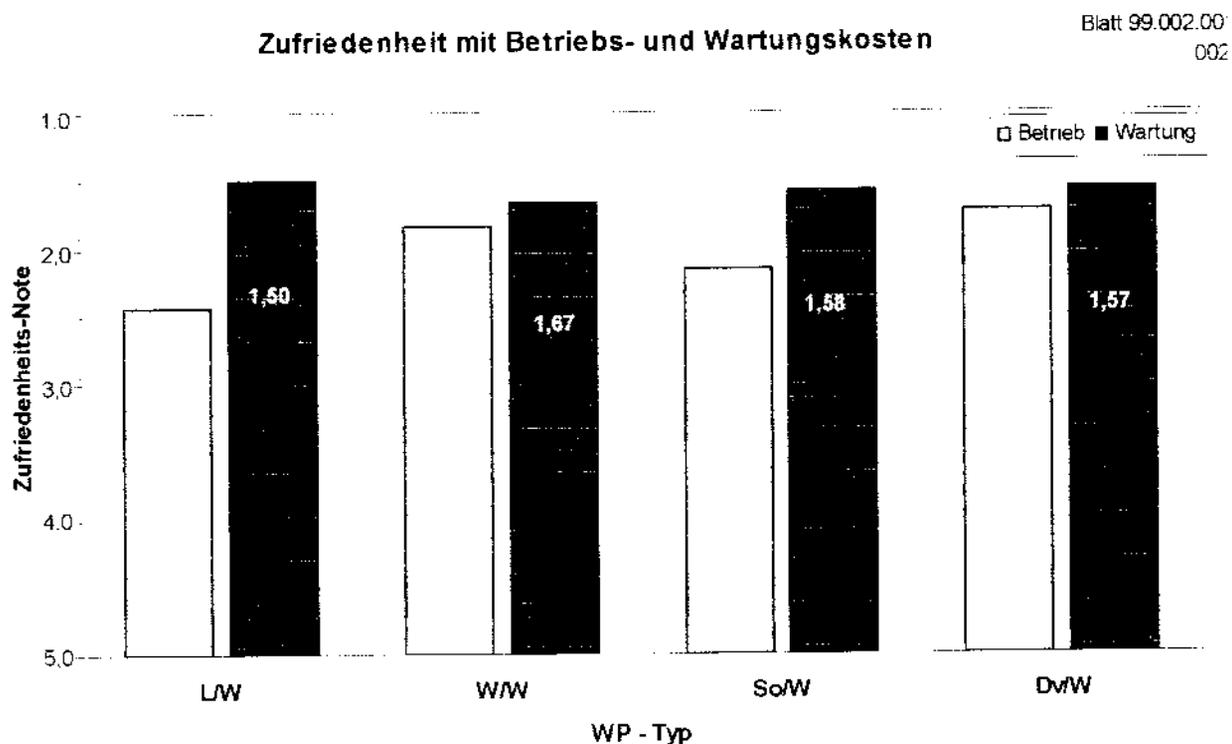
- „niedrig“
- „durchschnittlich“
- „hoch“

analysiert.

Auch hier wurde das in Kapitel 4.2 beschriebene Schulnotensystem für die Auswertung herangezogen.

Die höchste statische Anlagenzuverlässigkeit ist bei Wärmepumpen nach dem Direktverdampfersystem (Dv/W) mit der Note 1,18 und bei Anlagen mit Sole-/Wasser-Wärmepumpen (So/W) mit der Note 1,2 gegeben. Etwas dahinterliegend die Anlagen mit Wasser-/Wasser-Wärmepumpe (W/W). Die Luft-/Wasser-Wärmepumpe (LW) wird mit der Note 1,52 etwas schlechter bewertet.

Zufriedenheit mit Betriebs- und Wartungskosten

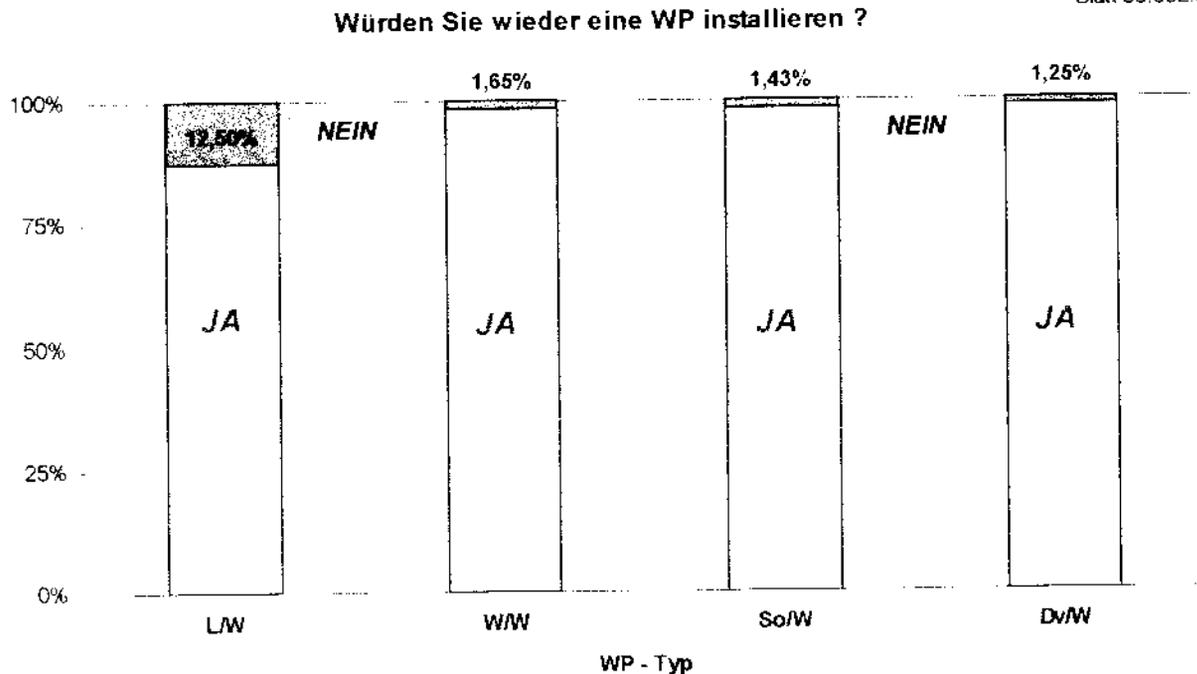


Die Auswertung der Fragebögen ergibt, dass bei der subjektiven Einschätzung der Wartungskosten generell hohe Zufriedenheit festgestellt werden kann. Hinsichtlich der Zufriedenheit mit den Betriebskosten liegt die Luft-Wasser-Wärmepumpe (LW) und die Sole-Wasser-Wärmepumpe (SoW) in der Benotung unter den Werten der Wasser-Wasser-Wärmepumpe (WW) und der Wärmepumpe mit Direktverdampfer (DvW).

Die höchste Zufriedenheit mit den Wartungskosten ist bei der LW-Wärmepumpe gegeben.

Würden Sie wieder eine Wärmepumpe installieren?

Blatt 99.002.016



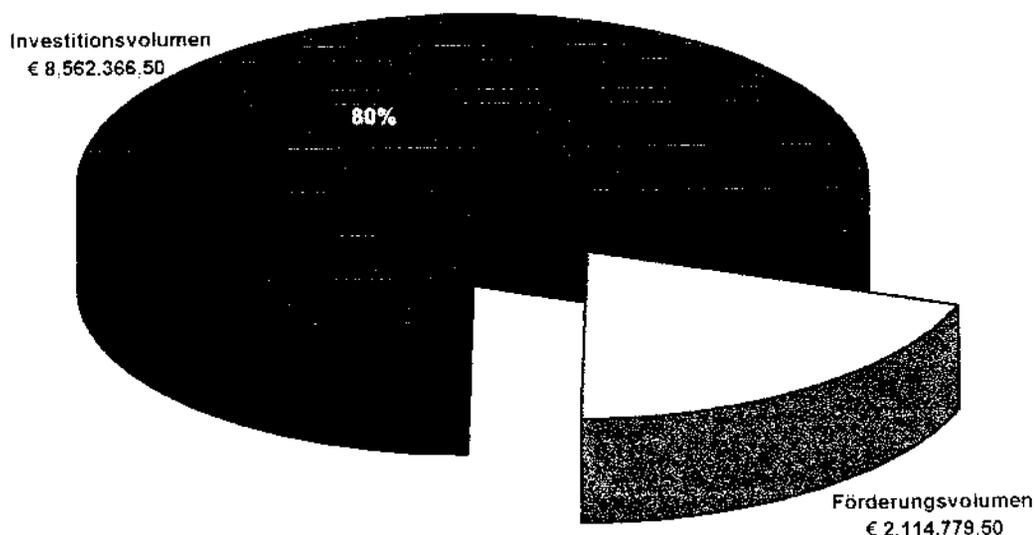
Im Fragebogen wurde auch die Frage gestellt, ob der Förderwerber wieder eine Wärmepumpe installieren würde. Hier ist die signifikante Aussage, dass sämtliche Wärmepumpensysteme sehr gut abschneiden. Insbesondere die Wasser-/Wasser- (W/W), Sole-/Wasser- (So/W) und die Wärmepumpenanlage mit Direktverdampfer (Dv/W) weisen Prozentsätze über 98% für eine Wiederinstallation aus; die Luft-/Wasserwärmepumpe(L/W) immerhin auch respektable 87%. Die Beurteilungsquote für die Reinstallation einer derartigen Anlage geht im übrigen konform mit den eingangs dargestellten Analysen hinsichtlich der Zufriedenheit der Anlage.

Die schlechten Werte der LW-WP korreliert mit den „schlechteren“ Werten im Betrieb.

Generell können die Angaben so zusammengefasst werden, dass die Förderungswerber mit der Zuverlässigkeit und den Betriebs- und Wartungskosten „sehr zufrieden“ sind und mehr als 98% würden wieder eine Wärmepumpe installieren würden.

4.3 Volkswirtschaftliche Aspekte der Förderung

durch die Förderung ausgelöstes Investitionsvolumen



Die Fragebogenauswertung ergab, dass die durchschnittlichen Investitionskosten einer Wärmepumpe (WP+Heizsystem) bei € 11.000,-- (inkl. MWSt.) liegen.

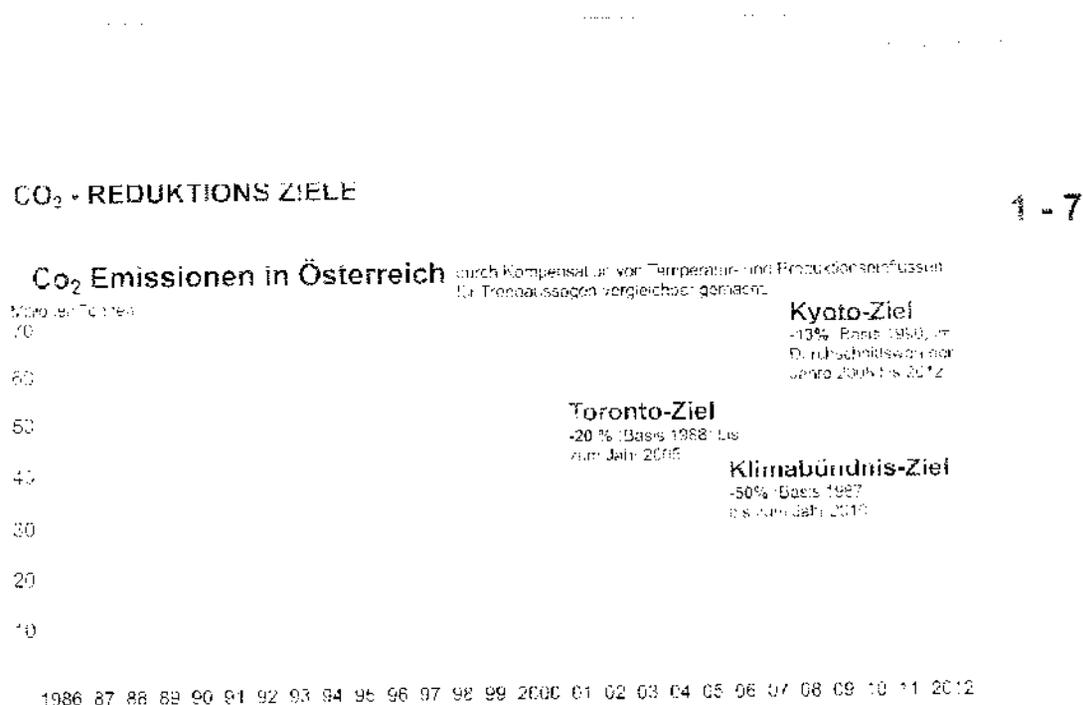
Bezogen auf die im Betrachtungszeitraum geförderten 970 Anlagen bedeutet dies:

Förderungsvolumen (970 Anlagen x € 2.180,--/Anlage):	€ 2.114.779,50	(20%)
durch Förderung zusätzlich ausgelöste Investitionen	€ 8.562.366,50	(80%)
Gesamtinvestitionskosten (970 Anlagen x € 11.000,--/Anlage):	€ 10.677.146,00	(100%)

D.h. bezogen auf die im Betrachtungszeitraum vom Land NÖ geförderten Anlagen wurde mit einem Förderantrag von ca. € 2.114.779,-- ein zusätzliches Investitionsvolumen von ca. € 8.562.000,-- ausgelöst, welches der NÖ – Wirtschaft zugute kam.

5. Co₂ – Emissionsminderung durch Wärmepumpen

5.1 Co₂-Reduktionsziele [5]



QUELLE: Klimabündnis Österreich

Toronto-Ziel

Das Toronto-Ziel sieht bis zum Jahr 2005 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 20 % auf 45,6 Mio.t CO₂ vor (Basisjahr 1988 mit 57,0 Mio.t CO₂).

Klimabündnis-Ziel

Das Klimabündnis-Ziel sieht unter anderem eine 50 %-ige Reduktion der CO₂-Emission bis zum Jahr 2010 (bezogen auf das Jahr 1987) vor.

Kyoto-Ziel

Für die Zielperiode von 2008 bis 2012 wurde ein durchschnittliches Reduktionsziel von -13 % CO₂ in Österreich festgelegt (bezogen auf das Basisjahr 1990). Neben den „alten“ Treibhausgasen Kohlendioxyd (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) wurden auch 3 „neue“ Treibhausgase berücksichtigt: teil- und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKWs, FKWs) und Schwefelhexafluorid (SF₆).

5.2 Allgemeines zu Emissionen und Reduktionspotenzialen

Die in dieser Arbeit ausgewiesenen Reduktionspotentiale sind jährlich CO₂eq.-Reduktionspotentiale und müssen für Berechnungen bestimmter Perioden **kumulativ** betrachtet werden, da beispielsweise ein saniertes Haus nicht nur z.B.: im Jahr 2001 einen Einsparungseffekt aufweist, sondern auch in den darauf folgenden Jahren.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der in diesem Zusammenhang festgehalten werden soll, ist der Rahmen der Emissionsbetrachtungen. In der vorliegenden Studie werden Emissionen innerhalb einer betroffenen Emittentengruppe betrachtet, dh. im Fall der Wohnbauförderung ist es jene der Haushalte.

Durch unterschiedliche Maßnahmen können bei den Haushalten Emissionen eingespart werden, in anderen Bereichen jedoch welche entstehen. Da diese indirekten, oder auch als „grau“ bezeichneten Emissionen überaus vielschichtig sind und in den meisten Fällen kaum bestimmbar sind, finden sie keine Aufnahme in die Reduktionspotential-Bilanz. Als Beispiel sei der vermehrte Stromverbrauch bei Haushalten infolge einer neuen Stromheizung oder einer neuen **Wärmepumpenanlage** angeführt.

Die durch diese Umstellung verursachten zusätzlichen Emissionen in der Emittentengruppe Kraftwerke zur zusätzlichen Stromgewinnung werden in einem hohen Ausmaß vom aktuellen Kraftwerkspark (Wasserkraft, kalorisch oder auch alternative Weise gewonnener Strom, Atomkraftwerk), der zur Stromerzeugung dient, beeinflusst. Diese Zusammensetzung kann wiederum nur durch Annahmen festgelegt werden, da sie sich ständig ändern und regionale Aussagen kaum möglich sind.

Diese der ÖNORM M9470 (Emissionskatasternorm) konforme Vorgangsweise schließt ein, dass die Energieträger Strom oder Fernwärme bei Haushalten als emissionsneutral angesehen werden, da einerseits diese indirekten oder „grauen“ Emissionen nicht in der Emittentengruppe der Haushalte anfallen und andererseits die nötige Qualität einer solchen Abschätzung nicht gegeben ist [6].

Mit diesem Berechnungssatz gehen wir auch mit den Berechnungen von Univ. Prof. Dr. G. Faninger in der beiliegenden Arbeit „Der Wärmepumpenmarkt in NÖ – konform“.

5.3 CO₂-Reduktion durch Direktförderung von Heizungswärmepumpen

Berechnungsmodell

Aus den retournierten Fragebögen wurde differenziert nach den Wärmepumpensystemen ein durchschnittlicher Stromverbrauch [kWh/a] berechnet (Spalte 2).

Die Multiplikation des durchschnittlichen Stromverbrauches mit den tatsächlich geförderten Anlagen ergibt den jährlichen Stromeinsatz für 970 Anlagen (Spalte 3).

Der Stromeinsatz wird nunmehr mit der jeweiligen bei den untersuchten Anlagen messtechnisch ermittelten durchschnittlichen „Jahresarbeitszahl“ multipliziert und somit der Nutzwärmebedarf ermittelt (Spalte 6).

Bringt man einen Kesselnutzungsgrad von 80% zum Ansatz ergibt sich daraus ein theoretischer Primärenergieeinsatz (Heizöl extra leicht HEL) in [kWh/a] oder [TJ/a] (Spalte 7). (Der Primärenergiesatz wird nach dem Berechnungsmodell von Univ. Prof. Dr. Faninger in ein Heizöläquivalent umgerechnet).

Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Emissionsfaktoren (1995) für Zentralheizungen von 75.000 kg CO₂ pro TJ verbrachten Heizöl extra leicht [7] berechnet sich der durch die geförderten Wärmepumpenanlagen vermiedene jährliche CO₂-Ausstoß (Spalte 8).

Über die in Summe aufgewendeten Förderungen von € 2.114.779,- errechnen sich die „spezifischen CO₂ Reduktionskosten“ mit € 274,-/TCO₂ (Spalte 10).

In Summe bewirken die vom Land NÖ durch Direktzuschüsse geförderten Wärmepumpenanlagen die Vermeidung von jährlich rund 2800 Tonnen Heizöl extra leicht und damit ca. 7700 Tonnen CO₂.

Abschätzung des CO₂-Reduktionspotentials durch Direktförderung von WP-Anlagen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
System	Stromeinsatz pro Anlage [kWh/a]	Geförderte Anlagen [Stk]	Stromeinsatz gesamt [kWh/a]	Jahresarbeitszahl	Nutzwärme gesamt [kWh/a]	Primäreinsatz HEL [kWh/a]	Emission CO ₂ 1) [t/a]	Summe 2) [€]	Spez. Reduktion [€/t CO ₂]
-									
DvW	6 612	453	2 995 156	3,25	9 725 059	12 156 323	3 282	987 624	
LW	8 694	56	486 847	3,08	1 500 409	1 875 511	506	122 090	
SoW	8 041	241	1 937 930	2,75	5 337 796	6 672 245	1 801	525 425	
WW	7 174	220	1 578 289	3,98	6 286 191	7 857 739	2 122	479 641	
Summe		970	6 998 222	3,27	22 849 455	28 561 818	7 712	2 114 779	274

Förderung: € 2.180,19

- 1) CO₂-Emission 75.000 kg / TJ Heizöl EL [7]
 2) Förderung: Direktzuschuss € 2.180,00 / Anlage

Nachstehende Grafik zeigt am Beispiel eines typischen Einfamilienhauses, die CO₂-Emissionen bei unterschiedlichen Primärenergieträgern.

CO₂-Emission durch ein Einfamilienhaus (Niedrig-Energie-Haus)

in kg je Heizperiode – nach Joanneum Research, Graz



5.4 Wärmepumpen in Hochwassergebieten

Ausgangssituation

Die Hochwasserkatastrophe hat das Gefahrenpotential, das von verschiedenen Heizanlagen ausgehen kann, besonders dramatisch zu Tage treten lassen.

Das trifft vor allem auf Ölheizungen zu! Die in Kellern untergebrachten Tanks wurden vom Wasser umspült und hochgehoben. Dabei kippten sie, die Anschlussleitungen und Armaturen barsten, wobei es zu massiven Ölaustritten kam. Umweltschäden – in vorläufig noch nicht bekanntem Ausmaß – waren die Folge. Böden, Grundwasser und Hausbrunnen wurden in Mitleidenschaft gezogen und werden auf Jahre hinaus beeinträchtigt sein bzw. überhaupt nicht mehr genutzt werden können.

Im Gegensatz dazu haben sämtliche Wärmepumpen-Anlagen in von den Überschwemmungen betroffenen Gebieten der Belastung standgehalten.

6. Zusammenfassung

Wärmepumpen sind sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht eine interessante Möglichkeit zur Beheizung von Gebäuden.

Die Technik zeichnet sich in Verbindung mit Förderungen durch attraktive Investitions- und Betriebskosten aus.

Die Zufriedenheit der Förderungswerber unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit und der Betriebs- und Wartungskosten ist hoch.

Die Effizienz der Anlagen konnte in den letzten Jahren permanent gesteigert werden. Optimale Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit wird bei Beachtung des Umfeldes der vielfältigen Zusammenhänge erreicht.

Wärmepumpen sind ein Beitrag zum Schutz unserer Umwelt.

Literaturverzeichnis

- [1] Franz Schörghuber
„Energie haushalten“
Leitlinien für einen sparsamen Energieverbrauch
ÖKL-Schriftenreihe, (März 2001)

- [2] Energie AG
„Wärmepumpe-Energie-Ratgeber“
(Ausgabe 2002)

- [3] EVN-AG
„WP-Referenzanlagen“ (19.03.2002)

- [4] „Erdwärmepumpen in Niederösterreich“
Informationsbroschüre
Amt der NÖ – Landesregierung (Dezember 2002)

- [5] NÖ – Energiebericht 2001
Amt der NÖ – Landesregierung
Geschäftsstelle für Energiewirtschaft

- [6] Schörner / Schönstein
Darstellung und Erhebung der CO₂-Emissionsminderung
im Bereich Raumwärme auf Basis eingesetzter Fördermittel
in NÖ – Förderungsevaluierung

- [7] Umweltbundesamt
Neufassung der Emissionsfaktoren Anhang 2 (1995)

- [8] G. Faninger, Univ.-Prof. Dipl.Ing. Dr. mont.
Der Wärmepumpenmarkt in Österreich (2000)

- [9] G. Faninger, Univ.-Prof. Dipl.Ing. Dr. mont.
Der Wärmepumpenmarkt in Niederösterreich (2000)