

WOHNBAUFORSCHUNG
NIEDERÖSTERREICH;
WOHNBAUFORSCHUNGSERFASSUNG
PROJEKTbeschreibung

2010

-

ERFASSUNGSNUMMER: 822157

SIGNATUR: WBF2010 822157

KATALOG: A, INDEX ST. PÖLTEN

STATUS: 22 2

BESTART: E

LIEFERANT: WOHNBAUFORSCHUNG
DOKUMENTATION 2010, WBF2010,
WBFNOE

ERWAR: B

EXEMPLAR: 1

EINDAT: 2010-09-24gs

PROJEKTTITEL: Analyse der Jahresarbeitszahlen von
unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen

TYP: 1

PROJEKTLLEITER: Dipl.-Ing. (FH) Andreas Zottl,
arsenal research – Österreichisches
Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal
GmbH, Geschäftsfeld Nachhaltige
Energiesysteme, jetzt Austrian Institute of
Technology (AIT)

PROJEKTMITARBEITER: Ing.
Heinrich Huber, MSc; Mag. Annemarie
Schneeberger, arsenal research –
Geschäftsfeld Nachhaltige
Energiesysteme; jetzt Austrian Institute of
Technology (AIT)

NEBEN – SACHTITEL:

ZUSÄTZE:

F 2157

BEARBEITERADRESSE: Jetzt
Austrian Institute of Technology (AIT)
Österreichisches Forschungs- und
Prüfzentrum Arsenal GmbH –
arsenal research, Giefinggasse 2,
1210 Wien. T: 0 50550-6353. F: 0
50550-6613; e-mail:
heinrich.huber@arsenal.ac.at

E-Jahr:

Projektdauer 24 Monate

FUSSNOTEN HAUPTGRUPPEN
ABGEKÜRZT:

TEGL

SACHGEBIET(E)/ EINTEILUNG

BMWA:

Bauteile, Energie

ARBEITSBEREICH (EINTEILUNG
NACH F-971, BMWA):

Technik

SW – SACHLICHE (ERGÄNZUNG)

Erdwärme; Forschungsvorhaben;
Heizungstechnik; Wärmetechnik

PERMUTATIONEN:

S1 / S2

BEDEUTUNG FÜR NIEDERÖSTERREICH - BESCHREIBUNG DES
PROJEKTES:

Im NÖ Klimaprogramm 2004-2008 ist festgehalten, dass im geförderten Wohnbau entsprechende Anreize zu schaffen sind, wo u.a. nur Wärmepumpen – Heizungsanlagen und Warmwasserbereitungen mit einer Jahresarbeitszahl größer 4 zu fördern sind.

Gegenstand des Projektes ist eine Untersuchung ausgeführter Wärmepumpenanlagen im Neubau und Altbau, die die Wärmequellen Erdreich, Wasser bzw. Luft nutzen, hinsichtlich Effizienz, CO₂ Reduktion und weiterer ökonomischer, energiewirtschaftlicher und ökologischer Faktoren. Die Auswertung der technischen Faktoren stellt die tatsächlich erreichbare Effizienz von Wärmepumpenanlagen ebenso dar, wie die spezifischen Kostenfaktoren, wie Investitionskosten / kW, Betriebskosten / m², Energiekosten / m², Amortisation.

Endbericht

Analyse der Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen

Projekt F-2157 - „Analyse der Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen“ im Auftrag der Abteilung Wohnbauforschung der NÖ-Landesregierung

Ausgeführt von:

DI (FH) Andreas Zottl
Ing. Heinrich Huber, MSc
Mag. Annemarie Schneeberger

10.02.2010

Exemplar 1

Projektnummer: 2.04.00639.1.0

Kurzfassung

Das Land Niederösterreich beabsichtigt im Rahmen ihrer Förderpolitik die verstärkte Forcierung von Erneuerbaren Energieträgern. Ziel dieser Studie ist es, den potenziellen Beitrag von effizienten Wärmepumpen, die in energieeffizienten Gebäuden integriert sind, zu diskutieren und zu evaluieren, um darauf aufbauend die Anforderungen und Voraussetzungen für die Förderung von Wärmepumpenanlagen zu definieren. Nachdem in Niederösterreich rund 50% der Wohnbauten in den Bereich der Althausanierung fallen, wird besonderes Augenmerk auf die CO₂- und Primärenergie-Einsparpotenziale die sich durch den Ersatz von Ölkessel durch Wärmepumpen ergeben gelegt.

Wie eine Untersuchung des Energieeinsatzes gezeigt hat, bietet der Sektor „private Haushalte“ mit 24%, neben dem Transport, das größte Energieeinsparungspotenzial, wobei der Energieeinsatz vor allem in den Bereichen Raumheizung, Warmwasser, Haushaltsgroßgeräte und Kühl-/Gefriergeräte reduziert werden kann. Das größte Einsparpotenzial hinsichtlich Energieverbrauch sowie CO₂-Emissionen bieten dabei sämtliche Nachkriegsbauten, die in den Jahren 1950 bis 1980 errichtet wurden. Realisiert werden kann dieses Potenzial durch thermische Sanierungen sowie dem Austausch alter Heizkessel. Weitere Einsparpotentiale ergeben sich durch effizienteren Einsatz von Elektrizität im Sinne der Verwendung von energiesparenden Beleuchtungskörpern sowie dem verstärkten Kauf von Produkten, die mit dem Energy Label ausgezeichnet wurden.

Eine genauere Untersuchung unterschiedlicher Heizungssysteme hat gezeigt, dass Wärmepumpen und Pelletskessel sowohl hinsichtlich ihres Primärenergieverbrauchs als auch ihrer CO₂-Emissionen enorme Einsparpotenziale gegenüber Öl- und Gaskessel aufweisen. Die Höhe des CO₂-Emissionsreduktionspotenzials hängt dabei von der Jahresarbeitszahl sowie vom verwendeten Strommix ab. Für die Untersuchung im Rahmen dieser Studie wurden 7 für Niederösterreich idealtypische Anlagen (6 Einfamilienhäuser, 1 Mehrfamilienhaus) ausgewählt. Alle vermessenen Anlagen entsprechen dem Stand der Technik und erreichen die im Zuge dieses Projektes untersuchten Empfehlungen von Jahresarbeitszahlen. Aus den Ergebnissen der Vermessungen ist ersichtlich, dass die Planung des Wärmeabgabesystems und damit die Systemintegration wichtige Beiträge zur Anlageneffizienz leisten. Die im Zuge des Projektes vermessenen Anlagen weisen alle optimale Betriebsbedingungen (Heizungsvorlauftemperaturen zwischen 28,6 °C und 36,9 °C) auf. Die Wärmepumpenanlagen erreichten unter diesen Rahmenbedingungen, je nach Wärmepumpentyp, JAZ zwischen 3,2 und 4,8. So lagen die JAZ der Luft/Wasser-Wärmepumpen zwischen 3,2 und 3,6; jene der Erdreichgekoppelten Wärmepumpen zwischen 4,4 und 4,8, während die Wasser/Wasser Wärmepumpe mit einer JAZ von 4,5 betrieben wurde.

Bei ökologischer Betrachtung der untersuchten Anlagen zeigt sich ein großes CO₂-Einsparungspotential gegenüber Öl- und Gaskessel, wobei das Ausmaß der Emissionsreduktion hauptsächlich von der JAZ und dem verwendeten Strommix für den Betrieb der Wärmepumpenanlage abhängt. So reduzieren die im Projekt untersuchten Wärmepumpenanlagen mit JAZ zwischen 3,2 und 4,8 unter Verwendung eines Ö-Strommixes den CO₂-Ausstoß um 65 % bis 78 % im Vergleich zu Ölkessel.

Der österreichische Wärmepumpenmarkt hat sich in den vergangenen Jahren sehr positiv entwickelt, wobei das Segment der Heizungswärmepumpe besonders stark angestiegen ist. Förderungen waren dabei ein wichtiger stimulierender Faktor. So wurden 2007 51% der installierten Anlagen gefördert, wobei das Land Niederösterreich mit über 3.000 geförderten Wärmepumpenanlagen österreichweit die meisten Anlagen gefördert hat. Die Maßnahmen der niederösterreichischen Wohnbauförderung in den Jahren 1990 bis 2006 können als erfolgreich bezeichnet werden. So verringerte sich der Endenergieverbrauch pro m² trotz steigender Bevölkerungszahl, Zunahme von Hauptwohnsitzen sowie einer größeren durchschnittlichen Wohnnutzfläche. Die CO₂-Emissionen reduzierten sich im betrachteten Zeitraum um 13%. Positive Auswirkungen auf die Emissionen hatten dabei insbesondere der Ausbau der Fernwärme sowie der Wechsel von Kohle und Heizöl zu Erdgas. Niederösterreich liegt damit im Bundesländervergleich der Emissionsreduktion durch Wohnbauförderung mit einer CO₂-Reduktion von 105.000 Tonnen im Jahr 2006 an zweiter Stelle.

Aufgrund des aktuellen Bauzustandes in Niederösterreich - rund 50% der Wohnbauten sind älter als 40 Jahre, fallen damit in den Bereich der Althaussanierung und verlangen nach energietechnischen Sanierungsmaßnahmen sowohl am Baukörper als auch am Heizungssystem – könnten in den nächsten Jahren rund 68.000 Ölkessel durch Wärmepumpen ersetzt werden. Dieser Ersatz würde, unter der Annahme, dass der zusätzliche Strombedarf durch österreichischen Strommix gedeckt wird, zu einer 68%-igen Reduktion der CO₂-Emissionen sowie zu einer Senkung des Primärenergiebedarfs um 70% führen. Im Fall der Verwendung von Importstrom ergeben sich eine CO₂-Reduktion von 59%, sowie eine Einsparung im Primärenergieverbrauch von 41% gegenüber den bestehenden Ölkesselanlagen. In beiden Szenarien können jährlich durch den Einsatz von Wärmepumpen 1.052 GWh Umweltwärme genutzt und somit ein Beitrag zur Nutzung Erneuerbarer Energien geleistet werden.

Bei der Gestaltung der zukünftigen Förderrichtlinien ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von Wärmepumpen nur unter bestimmten Rahmenbedingungen sinnvoll ist. Um den Ersatz von Ölkessel durch Wärmepumpen möglichst effizient zu fördern, müssen Qualitätssichernde Anforderungen und Voraussetzungen geschaffen werden, wobei dabei vor allem die Qualität der Anlage (EU-Cert „Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“) als auch die Qualität der Wärmepumpe (EHPA Gütesiegel) zu berücksichtigen sind. Weitere Bedingungen für einen energieeffizienten Betrieb sind bautechnische Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste und die Auslegung des Heizungssystems auf maximale Vorlauftemperaturen von 50°C.

Inhaltsverzeichnis

1	AUSGANGSSITUATION	6
1.1	ZIELE DES PROJEKTS	6
1.2	PROJEKTIINHALTE.....	6
2	ANALYSE DER SYSTEMBEWERTUNG MIT HILFE VON JAHRESARBEITSZAHLEN	7
2.1	WÄRMEPUMPENSPEZIFISCHE KENNZAHLEN	7
2.1.1	Leistungszahl.....	7
2.1.2	Jahresarbeitszahl.....	7
2.2	SYSTEMGRENZEN	8
2.3	RECHERCHEN NACH BEREITS VORHANDENEN STUDIEN	10
2.3.1	Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen (AEA 2007)	10
2.3.2	EHPA Action Plan.....	11
2.3.3	Energetische Analyse und Kostenvergleich verschiedener Wärmepumpen-systeme im Wohnbau auf Basis dynamischer Simulationen (Hartl 2007)	12
2.3.4	FAWA, Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen	16
2.3.5	Fraunhofer ISE Studie	16
2.4	ENTWICKLUNG RECHENMETHODE ZUR JAZ-ERMITTLUNG VON WÄRMEPUMPEN-SYSTEMEN.....	17
2.4.1	Rechenbeispiel	19
2.4.2	Vergleich Simulation / VDI 4650-1 / Rechenmethode	19
2.5	EMPFEHLUNG VON JAZ	20
2.5.1	Vergleich von Jahresarbeitszahlen.....	20
2.5.2	Fazit Empfehlung von JAZ	21
3	SENSIVITÄTSANALYSE	22
3.1	AUFGABENSTELLUNG	22
3.2	METHODIK	24
3.3	ENERGIEEINSATZ IN WOHNBAUTEN UND CO ₂ -EMISSIONEN	24
3.3.1	Energieeinsatz	24
3.4	TREIBHAUSGAS (THG) – EMISSIONEN.....	27
3.4.1	Einsparungspotential	29
3.5	POSITIONIERUNG WÄRMEPUMPE	31
3.5.1	Energiebilanz Wärmepumpe	31
3.5.2	Bewertung von Heizungssystemen	33
3.5.3	Argumente für die Förderung von Wärmepumpen.....	39
3.5.4	Umsatz, Wertschöpfung und Arbeitsplätze der Wärmepumpenbranche	41
3.5.5	Förderung von Wärmepumpenanlagen.....	42
3.6	WOHNBAUFÖRDERUNG IN NIEDERÖSTERREICH	48
3.6.1	Energiekennzahlen.....	49
3.6.2	CO ₂ -Emissionsreduktion.....	49
3.6.3	CO ₂ -Einsparungskosten am Beispiel Wohnbauförderung	51
3.7	FAZIT SENSIVITÄTSANALYSE	53
4	MONITORING VON WÄRMEPUMPENANLAGEN	54
4.1	KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL DER ANLAGEN	54
4.2	BESCHREIBUNG DER ANLAGEN	55
4.2.1	Anlage Nr. 1 – Weinzierl am Walde.....	55
4.2.2	Anlage Nr. 2 - Lengenfeld.....	55
4.2.3	Anlage Nr. 3 - Behamberg	56
4.2.4	Anlage Nr. 4 – St. Peter i.d. Au	57
4.2.5	Anlage Nr. 5 – Bad Vöslau	58
4.2.6	Anlage Nr. 6 - Kleinmeiseldorf.....	59
4.2.7	Anlage Nr. 7 - Atzenbrugg	60

4.3	DURCHFÜHRUNG DER FELDMESSUNGEN	61
4.3.1	Methodik der Datenerfassung und Auswertung	61
4.3.2	Durchführungszeitraum	61
4.4	AUSWERTUNG DER DATEN	62
4.4.1	Monitoringergebnisse	62
4.4.2	Ökologische Betrachtung	67
4.4.3	Vergleich der Messergebnisse mit vorhandenen Studien	69
5	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	72
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	75
	LITERATURVERZEICHNIS.....	76
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	78
	TABELLENVERZEICHNIS	80
	ANHANG	81

1 Ausgangssituation

Das Land Niederösterreich hat mit dem vom Landtag beschlossenen „NÖ Klimaprogramm 2004 – 2008“ (NÖ Klimaprogramm 2004) einen ersten wesentlichen Schritt zur Erreichung des Kioto Ziels gesetzt. Dazu wurden die notwendigen Umsetzungsmaßnahmen in sechs Einteilungen gegliedert wobei sich ein Teil mit dem Sektor Raumwärme/Kleinverbraucher beschäftigt. Im Maßnahmenbündel M6, welches sich mit dem geförderten Wohnungsbau befasst, sind entsprechende Anreizsysteme zu schaffen, wo unter anderem nur Heizungsanlagen und Warmwasserbereitungen mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) größer 4 zu fördern sind.

Da die Wärmepumpenanlagen aufgrund ihrer abweichenden Quellensysteme, Betriebsweisen, hydraulischer Einbindung und Nutzung Unterschiede in der Effizienz aufweisen können, ist der Ansatz, nur Anlagen mit einer JAZ größer 4 fördern zu wollen, im Rahmen dieser Arbeit näher zu untersuchen.

1.1 Ziele des Projekts

- Interdisziplinärer Beitrag zum „NÖ Klimaprogramm 2004 – 2008“
- Empfehlung von Jahresarbeitszahlen für unterschiedliche Wärmepumpensysteme als Grundlage eines zukünftigen Wärmepumpenfördermodells
- Untersuchung der ökonomischen, energiewirtschaftlichen und ökologischen Faktoren von Wärmepumpenanlagen, wie z.B. Primärenergieverbrauch, CO₂-Reduktionspotenzial, etc.
- Analyse der Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Anlagen und Nutzungsvarianten
- Konstruktiver Beitrag zum Image von Wärmepumpenanlagen
- Interdisziplinäre Erkenntnisse zum Stand der Technik von Wärmepumpenanlagen
- Anregungen für Installateure für weitere Innovationsschritte im Anlagenbau
- Auslösung von Anstößen für zukünftige Entwicklungen bei den Wärmepumpen

1.2 Projektinhalte

Gegenstand des Projektes ist es, ausgeführte Wärmepumpenanlagen mit den Wärmequellen Erdreich, Wasser und Luft zu untersuchen. Dabei soll die Effizienz der Anlagen in Bezug auf Primärenergieverbrauch, CO₂-Reduktionspotenzial sowie weiteren ökonomischen, energiewirtschaftlichen und ökologischen Faktoren untersucht werden. Weiteres soll herausgearbeitet werden, welche Jahresarbeitszahlen unter welchen Randbedingungen mit den unterschiedlichen Wärmepumpensystemen zu erreichen sind.

Die Auswertung der technischen Faktoren soll die tatsächlich erreichbare Effizienz von Wärmepumpenanlagen zeigen und die damit verbundenen Erfahrungswerte für die praktisch erreichbaren Betriebsparameter liefern. Dabei sollen verschiedene Anlagenschaltungen untersucht und wenn möglich in übersichtliche Kategorien eingeteilt werden, um die Basis für eine strukturierte Fördermöglichkeit zu schaffen.

Das Ergebnis der Untersuchungen soll der Niederösterreichischen Wohnbauforschung als eine Entscheidungshilfe für die zukünftige Gestaltung der öffentlichen Förderungsprogramme dienen.

Das Projekt wurde in zwei Phasen abgewickelt. In der ersten Phase, die von März 2007 bis März 2008 dauerte, wurden Empfehlungen für die Jahresarbeitszahlen, welche im Rahmen von Förderprogrammen zur Anwendung kommen können, erarbeitet.

Im, von April 2008 bis März 2009 dauernden, zweiten Projektabschnitt fand die wissenschaftliche Evaluierung der in der ersten Phase - mittels der vorhandenen Daten, Analysen und Studien - festgelegten Jahresarbeitszahlen statt.

2 Analyse der Systembewertung mit Hilfe von Jahresarbeitszahlen

Mit den vorhandenen Daten und Erkenntnissen soll eine Empfehlung für Jahresarbeitszahlen ausgearbeitet werden, die im Förderprogramm zur Anwendung kommen kann

2.1 Wärmepumpenspezifische Kennzahlen

2.1.1 Leistungszahl

Ein Maß für die Effizienz einer elektrischen Kompressionswärmepumpe im stationären Betriebszustand bei bestimmten Temperaturbedingungen ist die Leistungszahl (COP). Sie ist definiert als das Verhältnis zwischen der von der Wärmepumpe gelieferten Heizleistung (Φ) und der zum Antrieb des Verdichters benötigten elektrischen Antriebsleistung (P), also als Verhältnis zwischen gewonnener Heizleistung und aufgewendeter elektrischer Leistung.

$$COP = \frac{\text{Heizleistung}}{\text{elektrische Antriebsleistung}} = \frac{\Phi_c}{P}$$

Es ist zu beachten, dass eine Leistungszahl nur für einen ganz bestimmten Betriebspunkt gültig ist, z.B. B0/W35 (B0 = Soleeintrittstemperatur von 0 °C in die Wärmepumpe, W35 = Heizungsvorlauftemperatur der Wärmepumpe 35 °C). Die Ermittlung von Leistungszahlen erfolgt an Prüfständen gemäß EN14511.

Die nach den EHPA-Wärmepumpen Prüfregelmenen ermittelten Leistungszahlen müssen für das EHPA-Gütesiegel in den Nennprüfpunkten folgende Minimalanforderungen erfüllen (EHPA-Gütesiegel 2008):

- | | | |
|---------------------------------------|---------|-----|
| • Sole/Wasser-Wärmepumpe | B0/W35 | 4.0 |
| • Wasser/Wasser-Wärmepumpe | W10/W35 | 4.5 |
| • Luft/Wasser-Wärmepumpe | A2/W35 | 3.0 |
| • Direktverdampfung/Wasser-Wärmepumpe | E4/W35 | 4.0 |

2.1.2 Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe ist definiert als das Verhältnis zwischen der in einem Jahr von der Wärmepumpe gelieferten Wärme und der zum Antrieb benötigten elektrischen Energie, also als Verhältnis zwischen jährlich gewonnener Nutzwärme und jährlich aufgewendeter Energie. Bei der Berechnung der Jahresarbeitszahl wird

üblicherweise nicht nur der Stromverbrauch des Verdichters berücksichtigt, sondern zusätzlich auch der Stromverbrauch von Hilfsaggregaten (wie Solepumpe, Abtauvorrichtung des Verdampfers, Regel- und Steuerungsgerät usw.).

$$JAZ = \frac{\text{Summe der ans Heizungssystem abgeg. Wärmemenge}}{\text{Summe der aufgenommenen el. Energie}} = \frac{\sum \Phi_c}{\sum E_{el}}$$

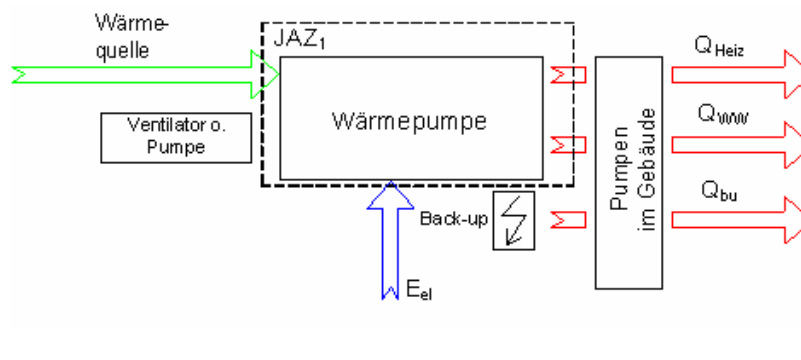
Die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen wird durch eine Vielzahl einzelner Faktoren bestimmt:

- Benutzerverhalten
- Klima - jährlicher Heiz- und Kühlbedarf sowie zu erwartende Spitzenlasten
- Temperaturen von Wärmequelle und Wärmeverteilungsanlage
- Stromverbrauch von Hilfsgeräten (Pumpen, Ventilatoren, Regler usw.)
- Konstruktions- und Fertigungsqualität der Wärmepumpe
- Anlagenplanung - Bemessung der Wärmepumpe im Verhältnis zum Wärmebedarf und die Betriebscharakteristik der Wärmepumpe
- Steuer- und Regelsysteme der Wärmepumpe und des Gebäudes

2.2 Systemgrenzen

Das Ergebnis der JAZ- Berechnung wird von der Wahl der Systemgrenze beeinflusst. Für die Berechnung der Jahresarbeitszahl wurde die Systemgrenze JAZ 2, welche alle Hilfsantriebe - ausgenommen der Heizkreispumpe - verwendet, angenommen. Somit ist ein Vergleich mit herkömmlichen Heizungssystemen wie Gas- und Ölkessel möglich. Sollte beispielsweise eine Sole/Wasser-Wärmepumpe direkt ohne einen Heizungspufferspeicher in das Heizsystem eingebunden sein, so wird von den Hilfsantrieben nur die Sole-Pumpe in der Berechnung berücksichtigt. In Folge werden die unterschiedlichen Systemgrenzen und die Berechnung der JAZ dargestellt.

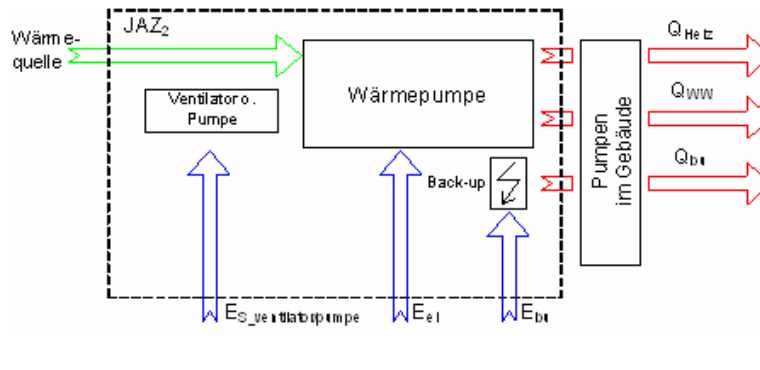
JAZ- Systemgrenze 1: ermöglicht die Berechnung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ohne Hilfsantriebe und stellt die Effizienz des Kältekreislaufes dar.



$$JAZ_1 = \frac{Q_{SH} + Q_{DHW}}{E_{el}}$$

Abbildung 1: Energieflussbild für JAZ 1

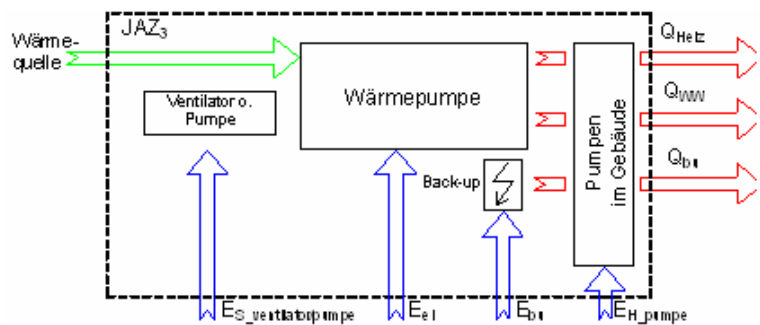
JAZ- Systemgrenze 2: stellt die Jahresarbeitszahl inklusive der Hilfsantriebe für die Erschließung der Wärmequelle und - falls vorhanden - die elektrische Zusatzheizung dar.



$$JAZ_2 = \frac{Q_{SH} + Q_{DHW} + Q_{bu}}{E_{el} + E_{B_pump} + E_{bu}}$$

Abbildung 2: Energieflussbild für JAZ 2

JAZ- Systemgrenze 3: ermöglicht die Berechnung der Jahresarbeitszahl mit der gesamten produzierten thermischen Energie dividiert durch den Energieverbrauch der Wärmepumpe und allen Hilfsantrieben.



$$JAZ_3 = \frac{Q_{SH} + Q_{DHW} + Q_{bu}}{E_{el} + E_{B_pump} + E_{SH_pump} + E_{bu}}$$

Abbildung 3: Energieflussbild für JAZ 3

Legende:		
JAZ	Jahresarbeitszahl	[-]
Q_{Heiz}	Jährliche Wärmeabgabe für Heizung	[kWh]
Q_{WW}	Jährliche Wärmeabgabe für Brauchwasser	[kWh]
Q_{bu}	Jährliche Wärmeabgabe für Back-up	[kWh]
E_{el}	Jährliche elektrische Energie für Kompressor	[kWh]
E_{H_pumpe}	Jährliche elektrische Energie für Heizkreispumpe	[kWh]
$E_{S_ventilator/pumpe}$	Jährliche elektrische Energie für Sole/Brunnen-Pumpe bzw. Ventilator	[kWh]
E_{bu}	Jährliche elektrische Energie für Back-up	[kWh]

SNG – Systemnutzungsgrad: Der Systemnutzungsgrad SNG ermöglicht die energetische Beurteilung des gesamten Haustechniksystems (Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Lüftung). Beim SNG wird die Wärmerückgewinnung (WRG) zur Haustechnik gezählt, da bei vielen Kombigeräten die WRG fest in das Wärmeerzeugungsmodul integriert ist. Bei Systemvergleichen mit dem SNG haben Systeme mit dem größten SNG immer den geringsten Strombedarf (Afjei 2000).

2.3 Recherchen nach bereits vorhandenen Studien

Im Zuge der Projektphase 1 wurde eine Literaturrecherche hinsichtlich relevanter Studien für die Empfehlung von JAZ durchgeführt. Diese Ergebnisse wurden im Zuge der Präsentation „Status-Bericht“ am 24.11.2007 in St. Pölten mit der Abt. NÖ Wohnbauforschung diskutiert. Weiters wurden für die Abschätzung geeigneter Jahresarbeitszahlen Simulationen unterschiedlicher Wärmepumpenanlagen durchgeführt.

Folgende Studien wurden einer genaueren Analyse unterzogen:

- Austrian Energy Agency, Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen (AEA 2007)
- EHPA, European Heat Pump Action Plan, version 1.1, 2008 (EHPA 2008)
- Diplomarbeit Michael Rainer Hartl, Energetische Analyse und Kostenvergleich verschiedener Wärmepumpensysteme im Wohnbau auf Basis dynamischer Simulationen (Hartl 2007)
- Bundesamt für Energie, FAWA - Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen, 1996-2003 (FAWA 2004)
- Fraunhofer ISE - Institut Solare Energiesysteme, Presseinformation - Freiburg, 4. Dezember 2008 Nr. 35/08 (ISE 2008)
- Fraunhofer ISE - Institut Solare Energiesysteme - Renewable Energy World - Sept. - Oct. 2009, page 74-78 (ISE 2009)

2.3.1 Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen (AEA 2007)

In dieser Studie werden Wärmepumpenanlagen für Raumheizung und Warmwasserbereitung mit Jahresarbeitszahlen zwischen 2,0 und 5,0 mit Öl- und Gasheizungen verglichen. In Tabelle 1 werden die JNG der Öl- und Gasheizungssysteme für den Vergleich dargestellt.

Heizungssystem	Jahresnutzungsgrad bzw. Jahresarbeitszahl
Gasbrennwert-Kessel	97 % (H_u)
NT Gas Kessel (mit Gebläse)	92 % (H_u)
Ölbrennwert-Kessel	91 % (H_u)
NT-Ölkessel (HEL) (mit Gebläse)	90 % (H_u)

Tabelle 1: Übersicht der verglichenen Heizungssystem (AEA 2007)

Die Analyse zeigt ein deutliches Emissionsreduktionspotenzial durch den Einsatz von Wärmepumpen gegenüber den fossilen Heizungssystemen mit den Energieträgern Öl und Gas. In den Diagrammen werden die Mindest-JAZ in Abhängigkeit der Stromproduktion für den Betrieb der Wärmepumpe für die einzelnen Schadstoffemissionen dargestellt. Werden Wärmepumpen mit Strom aus einem kalorischen Kraftwerkspark betrieben, müssen diese

Anlagen eine Mindest-JAZ von 2,5 erreichen, damit gegenüber Ölkessel CO₂-Emissionen eingespart werden können. Im Vergleich zu Gaskessel müssen Wärmepumpenanlagen mindestens eine JAZ von 3,0 erreichen, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Allerdings muss das Szenario „Kalorischer Kraftwerkspark“ als ein „worst-case“ Szenario bezeichnet werden; unter Berücksichtigung der anderen Szenarien kann davon ausgegangen werden, dass hinsichtlich der CO₂-Emissionen Wärmepumpen generell geringere Emissionen aufweisen als Gas- bzw. Ölkessel (AEA 2007). Abbildung 4 zeigt die Reduktion der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit der JAZ von Wärmepumpenanlagen betrieben mit Strom aus kalorischem Kraftwerkspark.

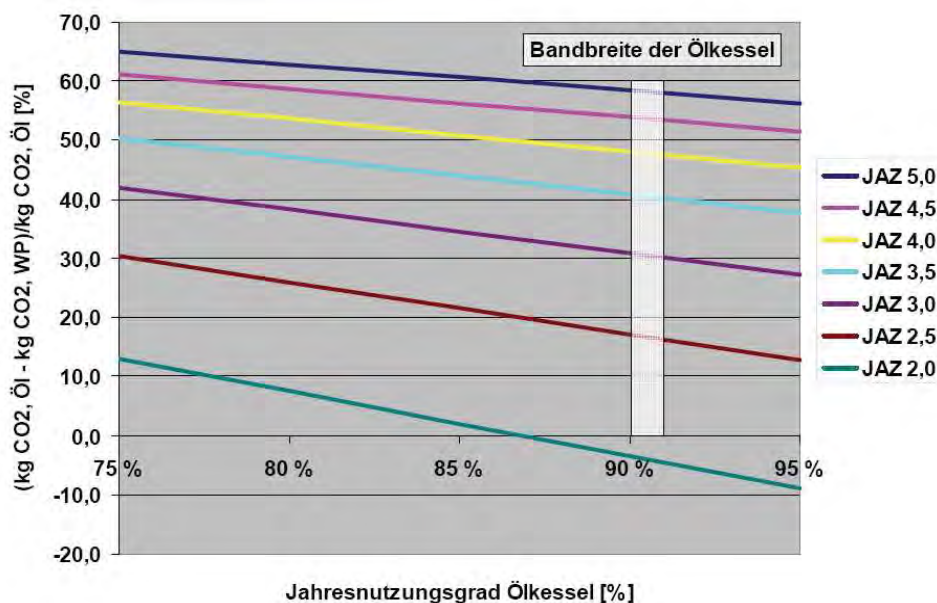


Abbildung 4: Vergleich Ölkessel zu mindest JAZ WP betrieben mit Strom aus dem kalorischen Kraftwerkspark (AEA 2007)

2.3.2 EHPA Action Plan

Im Zuge des EHPA Meeting am 13. September 2006 in Frankfurt/Main wurde ein „EHPA Experts Workshop“ abgehalten, um Empfehlungen von Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit der Wärmequellentemperatur und der maximalen Vorlauftemperatur zu erarbeiten, die von Wärmepumpenanlagen erreicht werden sollten. Diese erarbeiteten Empfehlungen können dem veröffentlichten EHPA Action Plan (EHPA 2008) entnommen werden. In folgender Tabelle 2 sind die laut Experten zu erreichende und energetisch sowie ökologisch sinnvolle Werte dargestellt:

Quelle		Gebäudetyp	Jahres- arbeitszahl	Gebäudetyp	Jahres- arbeitszahl
Erdreich	Sole/Wasser	Neubau	4	Sanierung	3,5
	Dv ^a /Wasser		4,2		3,7
Wasser	Wasser/Wasser		4,5		4
Luft	Luft/Wasser		3,5		3
^a DV... Direktverdampfer					

Tabelle 2: energetisch / ökologisch sinnvolle Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen ohne Brauchwasserbereitung (EHPA 2008)

2.3.3 Energetische Analyse und Kostenvergleich verschiedener Wärmepumpensysteme im Wohnbau auf Basis dynamischer Simulationen (Hartl 2007)

Im Zuge der Diplomarbeit wurden folgende Wärmepumpensysteme für drei Gebäudetypen durch Simulation analysiert:

- (1) Simulationsvarianten Wärmepumpe nur für Raumwärme ohne Brauchwasserbereitung
- (2) Simulationsvarianten Wärmepumpe für Raumwärme und Brauchwasserbereitung

Für die Parameterstudie wurden drei Gebäudetypen definiert, um den Einfluss des Heizwärmeabgabesystems darstellen zu können:

- Altbau (= Variante A)

Die Variante A wird mit einer konventionellen Hochtemperaturheizung betrieben. Die Vorlauftemperatur der Radiatoren beträgt maximal 50°C.

- Sanierung (= Variante B)

Bei der sanierten Variante wird die Heizfläche entsprechend der Variante A belassen. Aufgrund der verringerten Heizlast durch die thermischen Sanierungsmaßnahmen sinkt die erforderliche Vorlauftemperatur auf maximal 40°C.

- Neubau (=Variante C)

Die Variante C wird mit einem Niedertemperaturheizsystem ausgestattet. Diese wird in Form einer Fußbodenheizung im Estrich der Kellerdecke und der Geschoßdecke integriert. Die erforderliche Vorlauftemperatur liegt maximal bei 30°C.

In Tabelle 3 sind die U-Werte der Bauteile je nach Gebäudetyp für die Simulation und die angenommene Luftwechselrate zusammengefasst.

U-Werte und LW-Rate		Typ A - Altbau	Typ B - Sanierung	Typ C - Neubau
Kellerboden erdanliegend	[W/m ² K]	1,17	1,17	0,18
Kellerdecke	[W/m ² K]	0,85	0,27	0,22
Kellerwand erdanliegend	[W/m ² K]	1,08	1,08	0,30
Außenwand	[W/m ² K]	1,02	0,25	0,18
Decke zu unbeheiz. Dach	[W/m ² K]	0,59	0,16	0,14
Fenster	[W/m ² K]	2,80	1,10	1,10
Luftwechselrate n	[1/h]	0,55	0,47	0,40

Tabelle 3: U-Werte der Gebäudetypen (Hartl 2007)

(1) Simulationsvarianten Wärmepumpe nur für Raumwärme ohne Brauchwasserbereitung:

Für den Vergleich von Wärmepumpenanlagen zur reinen Raumwärmebereitstellung wurden drei Anlagen mit unterschiedlichen Standorten, Wärmequellen und Gebäudevarianten simuliert (siehe Tabelle 4).

Standort	Wärmequelle	Gebäudevariante
St. Pölten	Luft (Luft)	A (= Altbau)
Murau	Erdreich Flachkollektor (FK)	B (= Sanierung)
Lunz am See	Erdreich Rohrsonde (RS)	C (= Neubau)
	Grundwasser (GW)	

Tabelle 4: Überblick Simulierte Wärmepumpenanlagen (Hartl 2007)

Abbildung 5 stellt die Abhängigkeit der JAZ der Gebäudevariante und der Wärmequelle am Standort St. Pölten dar. Zur Abdeckung des Heizwärmebedarfes wird beim Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen für die Gebäudevarianten Altbau und Sanierung eine elektrische Zusatzheizung benötigt, wodurch sich die Jahresarbeitszahlen verschlechtern. Je nach Gebäudetyp liegen die JAZ zum Beispiel für Luft/Wasser-Wärmepumpen laut Simulation zwischen 2,7 und 3,4 und bei Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonde zwischen 3,7 und 5,0.

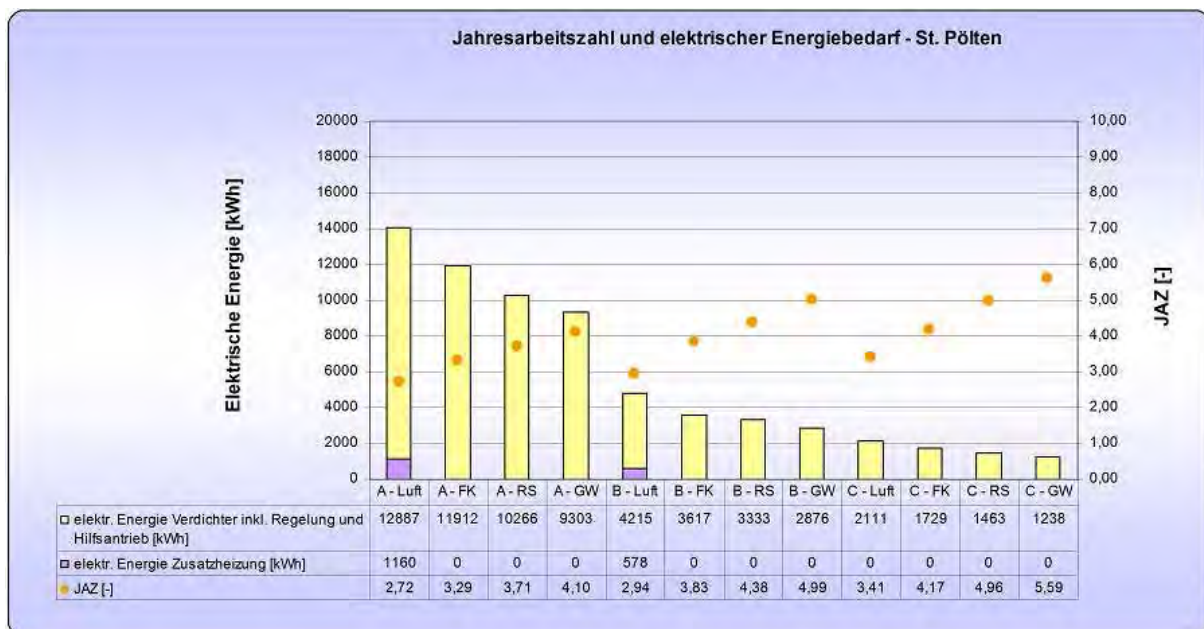


Abbildung 5: JAZ und elektrischer Energiebedarf am Standort St. Pölten (Hartl 2007)

(2) Simulationsvarianten Wärmepumpe für Raumwärme und Brauchwasserbereitung:

Für den Vergleich von Wärmepumpenanlagen zur Bereitstellung von Raumwärme und Brauchwasserbereitung wurden Anlagen mit unterschiedlichen Warmwasserbereitungs-

varianten und Vorlauftemperaturen im Heizungskreis am Standort St. Pölten mit der Wärmequelle Erdreich (Flachkollektor) simuliert (siehe Tabelle 5).

Standort	Wärmequelle	Warmwasserbereitung	Vorlauftemperatur im Heizungskreis
St. Pölten	Erdreich Flachkollektor (FK)	- Elektroboiler	max. 30°C
		- Wärmepumpe ohne Heißgasenthitzer + elektrische Zusatzheizung	max. 40°C
		- Wärmepumpe mit Heißgasenthitzer	max. 50°C

Tabelle 5: Überblick simulierter Kombianlagen zu Raumheizung und Brauchwasserbereitung (Hartl 2007)

Für die Berechnung des Brauchwasserbedarfs wurde dabei die Annahme getroffen, dass 4 Personen 35 Liter Brauchwasser pro Person und Tag mit einer Temperatur von 55°C Warmwasser benötigen. Die folgenden Abbildungen, Abbildung 6 bis Abbildung 8, zeigen die JAZ, den SNG und den elektrischen Energiebedarf der Varianten mit maximal 30 °C, 40 °C und 50 °C Vorlauftemperatur.

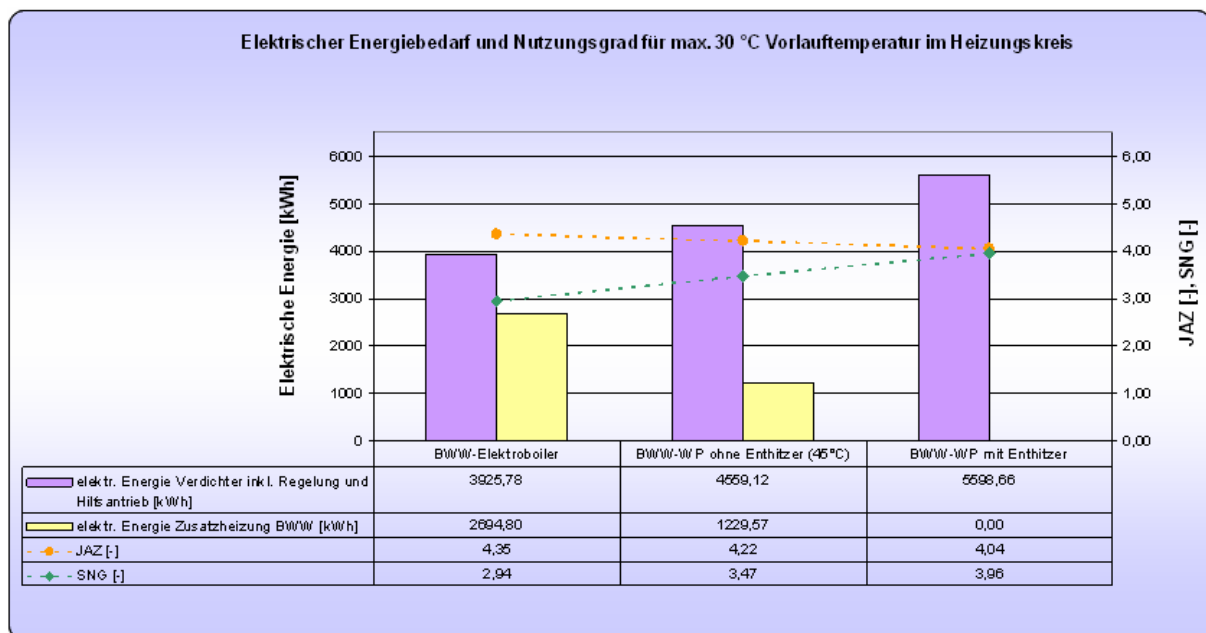


Abbildung 6: Elektrischer Energiebedarf bei 30 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)

Die Wärmepumpe ohne Brauchwarmwasserbereitung (BWW) mit BWW-Elektroboiler erreicht die höchste JAZ. Wird zusätzlich zur Heizenergie auch das Brauchwarmwasser bereitet, sinkt die Jahresarbeitszahl aufgrund der höheren Vorlauftemperaturen im Brauchwasservorrang Betrieb, von 4,35 auf 4,22 ab (Abbildung 6). Der SNG steigt hingegen von 2,94 auf 3,47. Dabei sinkt der erforderliche Energiebedarf der elektrischen Zusatzheizung um rund 50 %. Erwartungsgemäß erhöht sich die elektrische Energie für den Verdichter, da einerseits mehr Energie von der Wärmepumpe bereitgestellt wird und andererseits die JAZ gegenüber der Variante mit Elektroboiler sinkt. Die Wärmepumpenanlage mit Heißgasenthitzer hat insgesamt die niedrigste JAZ. Der SNG ist

bei dieser Anlage jedoch deutlich höher als bei der Variante ohne Heißgasenthitzer und liegt bei rund 4. Eine elektrische Zusatzheizung ist hierbei nicht mehr notwendig, da über den Heißgasenthitzer ein Massenstrom mit 55°C kontinuierlich bereitgestellt wird.

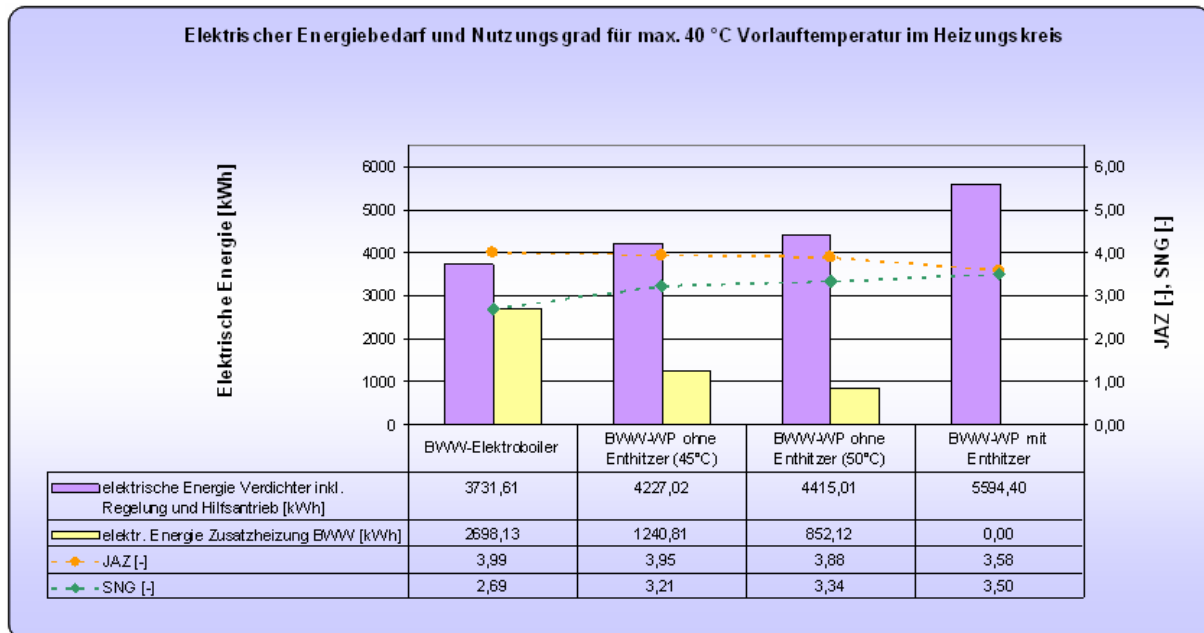


Abbildung 7: Elektrischer Energiebedarf bei 40 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)

Bei einer Vorlauftemperatur im Heizungskreis von maximal 40°C bzw. 50°C (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8) sinkt die JAZ der Wärmepumpe mit BWW ohne Enthitzer, im Unterschied zur JAZ der Wärmepumpe im Heizungsnormalbetrieb der Variante BWW-Elektroboiler, kaum. Der Grund dafür liegt im Betrieb der Wärmepumpe auf einem bereits höheren Temperaturniveau.

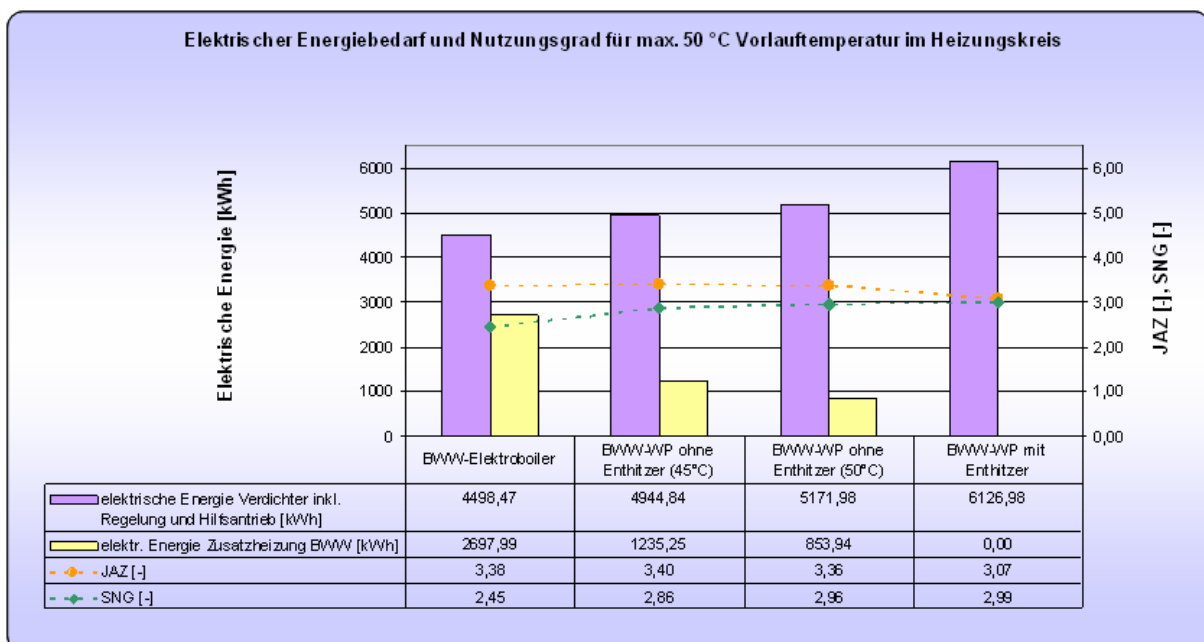


Abbildung 8: Elektrischer Energiebedarf bei 50 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)

2.3.4 FAWA, Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen

Ziel der Schweizer FAWA - Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen - Studie (FAWA 2004) war es, die energetische Effizienz von Kleinwärmepumpen bis 20 kWth im Feld mit statistischen Methoden zu dokumentieren und Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Das FAWA Projekt wurde 1996 vom Bundesamt für Energie als Begleitmaßnahme zur Wärmepumpenförderstrategie gestartet. Diese Studie beschreibt und analysiert die real durchgeführten Feldversuche und liefert dadurch Hinweise für die Planung von Wärmepumpenanlagen. Insgesamt liegen von 221 Anlagen Jahresarbeitszahlen vor, wobei die Jahrgänge 94/95 nachträglich im Bericht aufgenommen wurden. Luft/Wasser- und Sole/Wasser- Anlagen nehmen je 45% der gesamt ausgewerteten Anlagen ein. Den Rest bilden Wasser/Wasser- Systeme und Erdregisteranlagen, über welche aber keine statistisch gesicherten Aussagen gemacht werden können. Die durchgeführten JAZ- Berechnungen basieren auf Ablesungen der installierten Elektro- und Wärmezähler durch die Anlagenbesitzer. Neben den Energiemengen wurde die Hälfte der Anlagen auch bezüglich der Systemtemperaturen untersucht.

Rund 40% der in FAWA untersuchten Wärmepumpen sind Sanierungs- Anlagen, d.h. sie befinden sich in Sanierungsobjekten. Bei Sanierungsanlagen liegen die Vorlauftemperaturen um 5K höher als bei Neubauanlagen, somit ist deren JAZ entsprechend um 9% tiefer. Dies lässt den Schluss zu, dass sich Neubau- und Sanierungs- Anlagen bezüglich der JAZ nur bei den Vorlauftemperaturen unterscheiden. Am Auslegungspunkt stimmen Planungs- und Messwerte der Vorlauftemperatur gut überein. Ob die Planungswerte hingegen dem realen Bedarf entsprechen, kann nicht schlüssig beurteilt werden. Hier wurden zwei starke Optimierungsmöglichkeiten betreffend Wärmepumpenplanung gefunden.

Es wurde festgestellt, dass die Energiekennzahlen (EKZ) der Objekte nicht mit den jeweiligen Vorlauftemperaturen korrelieren. Eine tiefe EKZ würde aber häufig tiefere Vorlauftemperaturen ermöglichen, was in der Planung kaum berücksichtigt wird. Weiter hat sich gezeigt, dass die am Regler eingestellten Vorlauftemperaturen (Heizkurven) zwar gut den Planungswerten entsprechen, diese aber häufig über dem real notwendigen Wert liegen, was energetisch nachteilig ist. Da die Vorlauftemperatur einen erheblichen Einfluss auf die energetische Effizienz der Anlage hat, sollte sie so niedrig wie möglich geplant werden. Somit könnte bei vielen der untersuchten Anlagen, durch eine entsprechende Regeleinstellung, eine energetische Verbesserung erzielt werden.

Die Sole/Wasser- Anlagen (S/W) liegen mit einer mittleren JAZ von 3.5 um 32% über dem Wert von Luft/Wasser- Anlagen (L/W) mit 2.7. Festgestellt wurde auch, dass wegen der sehr unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Erdwärmesonden die JAZ von S/W- Anlagen eine viel größere Streuung aufweisen als jene der L/W- Anlagen. Bezüglich der JAZ- Verbesserung seit 1994/95 liegen die beiden Gruppen bei ca. 15%. Die am Schweizer WPZ geprüften Maschinen zeigen bei L/W und S/W ab 1999 im Mittel gleich bleibende COP Werte. Dieser Verlauf zeigt sich auch im Feld, aber mit ca. einem Jahr Verzögerung.

2.3.5 Fraunhofer ISE Studie

Das Fraunhofer- Institut für Solare Energiesysteme ISE (ISE 2008) hat erste umfangreiche Auswertungen eines großen Feldtests von Wärmepumpen für Einfamilienhäuser vorgelegt. Dabei wurde zwischen 2 Projekten Neubau (WP-Effizienz) und Standard (WP im Bestand) unterschieden. Durch die Zusammenarbeit mit sieben Herstellern und zwei

Energieversorgern werden Daten von knapp 70 Anlagen erfasst – weitere 40 Anlagen sollen dazukommen.

Für den Zeitraum Jänner bis Dezember 2008 liegt der Mittelwert der Arbeitszahlen für folgende Wärmepumpen bei (ISE 2009):

	<u>Neubau</u>	<u>Standard</u>
• Erdreich	3,8	3,3
• Luft	3,0	2,6
• Grundwasser	3,5	---

Es handelt sich dabei um 43 Erdreich-, 6 Luft-, und 4 Wasserwärmepumpenanlagen, für die ausreichend Messdaten vorgelegen haben. Alle gemessenen Wärmepumpen liefern Wärme sowohl für Heizung als auch Warmwasser. Für den reinen Heizbetrieb der Erdreichwärmepumpenanlagen liegt der Mittelwert der Arbeitszahlen für Neubauten bei 4,1. Um die Aussagekraft der zurzeit unterrepräsentierten Luftwärmepumpen zu erhöhen, werden diese in der zweiten Phase des ISE- Projektes stärker berücksichtigt.

Das Projekt WP-Effizienz läuft noch bis Sommer 2010. Die beteiligten Wärmepumpen-Hersteller sind Alpha Innotec, Bosch Thermotechnik, Hautech, NIBE, Stiebel Eltron, Vaillant und Viessmann. Die Energieversorger EnBW Energie AG und E.ON Energie AG unterstützen das Vorhaben. Das Bundeswirtschaftsministerium finanziert 50 % der Gesamtkosten des Projekts.

2.4 Entwicklung Rechenmethode zur JAZ-Ermittlung von Wärmepumpen-Systemen

Mit Hilfe dieser im Zuge des Projekts entwickelten Rechenmethode können JAZ von Wärmepumpenanlagen bereits in der Planungsphase ermittelt werden, um so eine Grundlage für Förderungskriterien zu schaffen. Diese Rechenmethode soll, anders als bisherige Verfahren, gänzlich ohne eine Miteinbeziehung von Vorlauftemperaturen auskommen, um so Manipulationen seitens der Planer von vornherein zu eliminieren.

Die Rechenmethode ist - anders als die VDI 4650-1 (VDI 4650 2003) Methode - von folgenden vorgegebenen Einflussfaktoren abhängig:

- Wärmequelle
- Leistungszahl
- Speicher
- Warmwasserbereitung
- Klima
- Gebäudestandard

Die Basis für die Entwicklung der Rechenmethode bilden Monitoringdaten von rund 20 Wärmepumpenanlagen über die Zeitspanne von jeweils einem Jahr sowie die Simulationsergebnisse von rund 30 Wärmepumpenanlagen. Bei der Auswertung der Daten wird darauf geachtet, dass die in dieser Studie berücksichtigten Einflüsse in ihrer Quantität schon im Planungsprozess für eine konkrete Wärmepumpenanlage bekannt sind, sodass man schon in diesem Stadium auf die Ergebnisse der Studie zurückgreifen kann, um die Wärmepumpenanlage schon im Vorfeld einer ökonomischen Prüfung unterziehen zu können. Für die Differenzierung wurden prinzipiell fünf verschiedene Quellen zur Untersuchung herangezogen: Luft, Erdreich Flachkollektor, Erdreich Rohrsonde,

Direktverdampfer und Grundwasser. Ein entscheidender Faktor für die JAZ einer Wärmepumpenanlage ist auch der geographische Standort der Anlage, der sich direkt auf die Quellentemperatur auswirkt. In diese Studie wurden die nach OIB verwendeten Klimazonen für das Land Niederösterreich miteinbezogen. Weitere Faktoren, die sich auf die JAZ auswirken, sind die herstellerbezogene Leistungszahl (COP) der Wärmepumpenanlage selbst, sowie die Kopplung der Anlage für die Brauchwarmwasserbereitstellung und die Einbindung eines Speichers in das System. Zusätzlich dazu muss noch auf die thermische Isolierung und Art des Gebäudes Rücksicht genommen werden. In dieser Studie wurden die untersuchten Wärmepumpenanlagen nachträglich einer Gebäudekategorie A bis G zugeordnet, die den Kriterien des Gebäudepasses entsprechen. Damit sollen unter Berücksichtigung aller genannten Einflüsse die Effekte auf die JAZ abgeschätzt werden, um Prognosen für zukünftige Anlagen machen zu können und die Förderungswürdigkeit einer Wärmepumpenanlage einer differenzierten Betrachtung zu unterziehen. Ausgangspunkt der Berechnung ist die Leistungszahl beim Standardbetriebspunkt. Durch weitere Korrekturfaktoren kann die JAZ von Wärmepumpenanlagen an unterschiedlichen Standorten in unterschiedlichen Gebäuden ermittelt werden. In Abbildung 9 ist die Rechenmethode schematisch dargestellt.

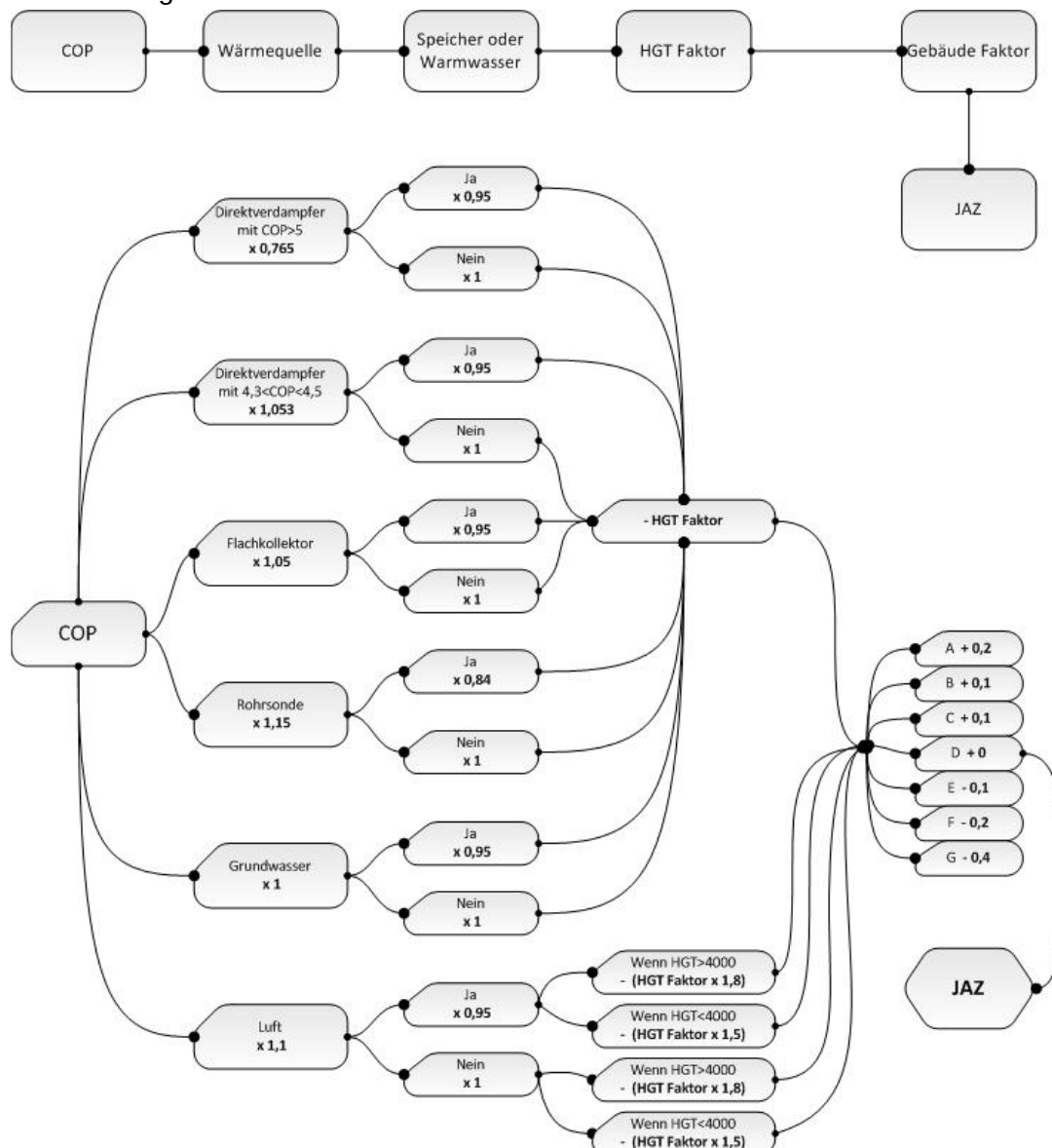


Abbildung 9: Schematische Erläuterung zur Berechnung der Jahresarbeitszahl

2.4.1 Rechenbeispiel

Am niederösterreichischen Standort Gablitz (HGT = 3671) soll ein Gebäude der Kategorie C mit einer Erdwärmepumpe (Leistungszahl COP = 5,3) errichtet werden. Die Warmwasserbereitung soll ebenfalls durch die Wärmepumpe erfolgen, jedoch ist kein Speicher vorgesehen.

Die zu erwartende Jahresarbeitszahl errechnet sich folgendermaßen:

$$JAZ = 5,3 \cdot 1,15 \cdot 0,84 - 0,3671 + 0,1 = 4,85$$

2.4.2 Vergleich Simulation / VDI 4650-1 / Rechenmethode

Um einen Überblick der Berechnungsmethoden der JAZ zu bekommen wurden zum Vergleich die Simulationsergebnisse sowohl mit der Rechenmethode (Anlagenmatrix) als auch mit der VDI 4650-1 Methode nachgerechnet. Folgende Eigenschaften müssen beim Vergleich berücksichtigt werden:

- der vorliegende Vergleich ist durch Simulation unabhängig vom Nutzerverhalten
- das Nutzerverhalten kann in Berechnungen nicht berücksichtigt werden
- VDI 4650-1 berechnet JAZ nur für Raumwärme, keine Brauchwasserbereitung

Die Abweichung der berechneten zur ermittelten JAZ mit Hilfe der Simulation beträgt:

- Berechnet mit VDI 4650-1: max. 0,8 (19%)
- Berechnet mit Rechenmethode: max. 0,5 (15%)

Die folgende Abbildung 10 zeigt die Gegenüberstellung der JAZ in Abhängigkeit der Berechnungsmethode und der Gebäudevariante am Beispiel von erdreichgeköpften Wärmepumpenanlagen ohne Brauchwasserbereitung mit Flachkollektor.

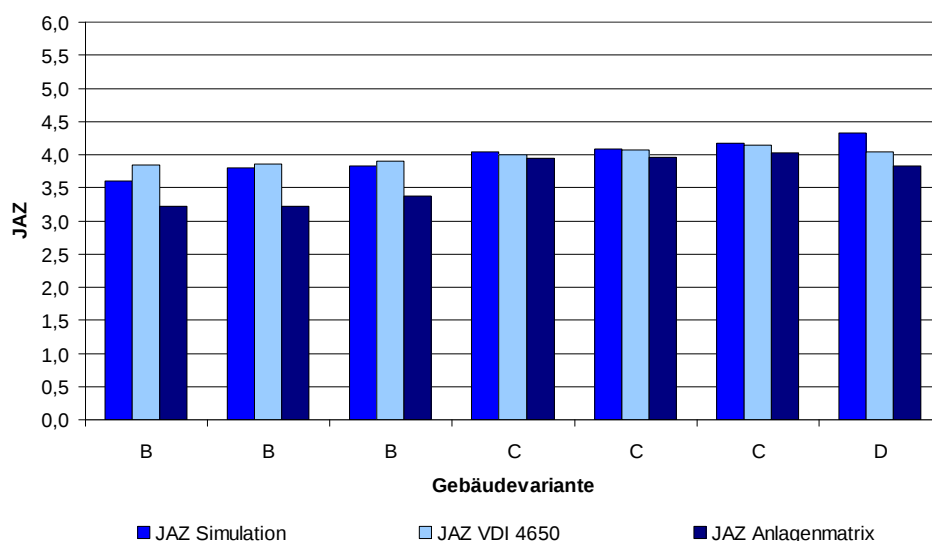


Abbildung 10: Gegenüberstellung der JAZ in Abhängigkeit der Berechnungsmethode und der Gebäudevariante

2.5 Empfehlung von JAZ

Aus den untersuchten Studien und Feldmessungen in Kapitel 2.3 werden die Ergebnisse der Jahresarbeitszahlen gegenübergestellt um in weiterer Folge Empfehlungen für mindest JAZ der einzelnen Wärmepumpensysteme abgeben zu können.

2.5.1 Vergleich von Jahresarbeitszahlen

Ein direkter Vergleich der JAZ-Ergebnisse der untersuchten Studien ist nur bedingt möglich, da nicht die gleichen Systemgrenzen für die Berechnung der JAZ verwendet wurden. In der Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA (FAWA 2004) beinhaltet die Systemgrenze JAZ₂ den elektrischen Energiebedarf der Wärmepumpe, die Hilfsaggregate wie Sole- und Pufferladepumpe, jedoch ohne Heizkreispumpe (siehe Abbildung 11). In dieser Systemgrenze werden die Speicherverluste des Systems berücksichtigt.

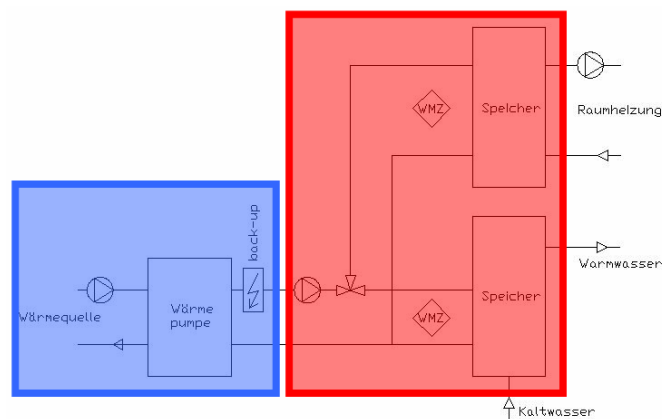


Abbildung 11: Systemgrenze FAWA

Die Studie des Fraunhofer ISE-Instituts (ISE 2009) berechnet die JAZ₂ unter Berücksichtigung des elektrischen Energiebedarfs der Wärmepumpe und der Hilfsaggregate (siehe Abbildung 12); jedoch ohne Heizkreispumpe und Speicherverluste. Die Systemgrenze JAZ₂ in der vom AIT durchgeführten Analyse der Feldmessungen entspricht der gleichen Definition.

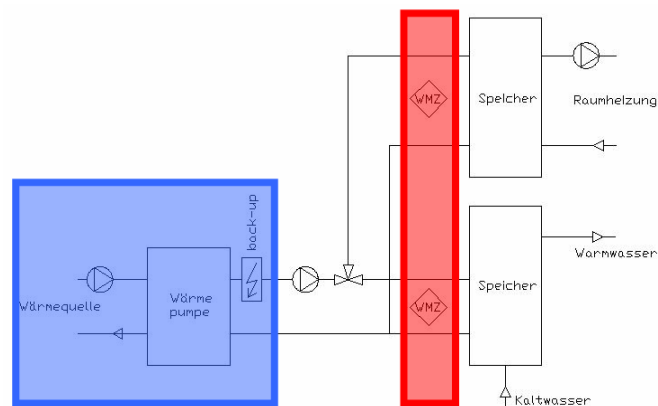


Abbildung 12: Systemgrenze ISE, AIT

In der nachfolgenden Tabelle 6 werden die recherchierten empfohlenen, gemessenen und berechneten Jahresarbeitszahlen gegenübergestellt.

		EHPA		ISE		FAWA		Hartl (Simulation)		AIT Feldmessungen	
		Neubau	Sanierung	Neubau	Sanierung	Neubau	Sanierung	Neubau	Sanierung	JAZ	Anzahl
Erdreich	Sole/Wasser	4,0	3,5	3,8	3,3	3,5	3,2	4,2* / 5,0**	3,3* / 3,7**	4,0	9
	DV/Wasser	4,2	3,7	---	---	---	---	---	---	4,5	13
Wasser	Wasser/Wasser	4,5	4,0	3,0	2,6	---	---	5,6	4,1	4,3	1
Luft	Luft/Wasser	3,5	3,0	3,5	---	2,7	2,5	3,4	2,7	3,2	5

* Flachkollektor

** Erdwärmesonde

Tabelle 6: Auflistung der JAZ aus verschiedenen Studien und der AIT Feldmessung

Der Vergleich in Abbildung 13 der gemessenen JAZ der FAWA-Studie, der ISE-Feldmessungen und der Monitorings von AIT zeigt, dass alle Systeme die mindest JAZ von 2,5 (rot punktierte Linie im Diagramm) im „worst case“-Szenario, Wärmepumpen betrieben mit Strom aus dem kalorischen Kraftwerkspark (AEA 2007), erreichen um CO₂-Einsparung gegenüber Ölkessel zu gewährleisten.

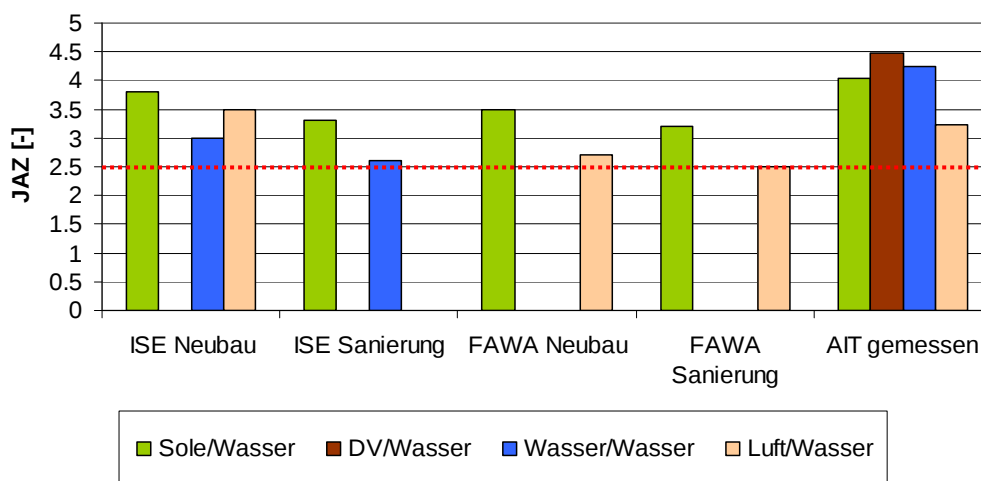


Abbildung 13: Jahresarbeitszahl unterschiedlicher Feldmessungsprojekte

2.5.2 Fazit Empfehlung von JAZ

Nach der Präsentation der ersten Ergebnisse der Projektphase 1 am 24.11.2007 in St. Pölten wurde mit den Teilnehmern an der Besprechung seitens der niederösterreichischen Landesregierung WHR Mag. Helmut Frank, Mag. Bernhard Plessner und Ing. Michael Reisel über die Ergebnisse der Literaturstudie und über zu empfehlenden Jahresarbeitszahlen diskutiert.

Die einstimmige Meinung der Teilnehmer war, die Förderung von Wärmepumpenanlagen nicht an mindest Jahresarbeitszahlen zu koppeln. Viel mehr soll die Förderung von Wärmepumpenanlagen auf qualitätssichernden Maßnahmen, wie dem bereits vorhandenen EHPA/DACH-Gütesiegel und noch zu erarbeitenden Checklisten/Planungsempfehlungen, aufgebaut werden. Aus diesem Grund wurde die weitere Ausarbeitung der Anlagenmatrix eingestellt. Die Ergebnisse dieser Besprechung mit der anschließenden Diskussion bildeten in weiterer Folge die Basis für die zu erstellende Sensitivitätsanalyse in Projektphase 2.

3 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse basiert auf dem Konzept „Wohnbauförderung als Instrument zur Umsetzung Energiepolitischer Ziele“, welches im Rahmen einer, von der NÖ-Landesakademie organisierten Besprechung, am 13.03.2008 in St. Pölten vom Austrian Institute of Technology (vormals arsenal research) sowie Herrn Prof. Ing. Dr. Gerhard Faninger von der Alpen-Adria Universität Klagenfurt, erstellt und präsentiert wurde sowie den zahlreichen Inputs der anwesenden Stakeholder (Details bezüglich teilnehmender Personen sowie Institutionen siehe Anhang).

3.1 Aufgabenstellung

Österreich ist im Rahmen des Kyoto-Protokolls die rechtlich verbindliche Verpflichtung eingegangen, die Emissionen von Treibhausgasen im Zeitraum 2008 - 2012 um 13 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Diese Reduktion soll durch eine Forcierung der drei Säulen „Nutzung von Reduktionspotenzialen“, „Förderung der Entwicklung neuer Technologien“ und „Nutzung der flexiblen Instrumente“ erreicht werden. Ein wichtiger Teil kommt dabei der Steigerung der Energieeffizienz im Sektor Raumwärme zu (BMLFUW 2007).

Die gegenwärtige Energienutzung ist geprägt durch die Dominanz fossiler Energieträger, kontinuierliche Steigerung des Energiebedarfs sowie Verknappung vorhandener Ressourcen und den daraus resultierenden Folgen für den Klimawandel. Ziel einer nachhaltigen Energiewirtschaft muss es deshalb sein, effiziente Formen erneuerbarer Energieträger zu verwenden, um so den steigenden Energieverbrauch und die damit in Verbindung stehenden Folgen zu reduzieren.

Die Europäische Union brachte dieses Ziel mit der Verabschiedung der so genannten „20-20-20-Ziele“ in ihrer Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen klar zum Ausdruck (EU, 2009):

- Verbindlicher Anteil von 20 % erneuerbarer Energieträger am EU-Energieverbrauch bis 2020
- Einsparung von 20 % des EU-Energieverbrauchs gemessen an den Prognosen für 2020

Die durch die Technologie der Wärmepumpe genutzte Umweltwärme verfügt über ein entscheidendes Potenzial, diese Ziele zu unterstützen und ist deshalb auch fester Bestandteil der europäischen Energiepolitik. Die nachhaltige Nutzung der Umweltwärme trägt sowohl zu ökologischen als auch zu ökonomischen Zielsetzungen bei. Damit diese Vorteile aber vollends zur Entfaltung kommen können, besteht die Notwendigkeit (Lutz 2007):

- einer aktiven Informationsarbeit über Potenziale und Möglichkeiten,
- ambitionierte Zielsetzungen in Bezug auf die Nutzung der Umweltwärme in Österreich im Kontext zu anderen Energieträgern zu formulieren,
- der Aufnahme der Wärmepumpe in die nationalen Energieeffizienzprogramme,
- entsprechende einheitliche Förderprogramme für Energietechnologien in Abhängigkeit von deren CO₂-Reduktionspotenzial zu entwickeln.

Obige energiepolitische Ziele können nur erreicht werden, wenn auf Energieversorgungstechnologien gesetzt wird, die dauerhaft verfügbar und nachhaltig verträglich für Umwelt und Lebewesen sind, konkret durch den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern. Es gilt, die laufend von der Sonne eingestrahlte Energie zu nutzen: entweder direkt als Sonnenenergie oder indirekt über Biomasse, Wasserkraft oder Umweltwärmesysteme. Regenerative Energien wirken sich positiv auf die CO₂ und sonstigen Schadstoff-Emissions-Bilanz aus und beeinflussen den Gesamtenergiehaushalt in positiver Weise. Daher kann einzig die massive Anwendung der erneuerbaren Energien die Zukunft der Energiebereitstellung sein. Energieeffizienz ist die wesentliche Voraussetzung, um einen solchen Energieträgerwechsel zu schaffen. Die Wärmepumpe ist dabei eine der Schlüsseltechnologien.

Der Energieverbrauch kann unter Ausnutzung erneuerbarer Energiequellen, wie Sonnenenergie sowie Erd- und Umweltenergie ohne zusätzlichen Einsatz fossiler Energieträger stark reduziert werden. Um diese Umweltentlastung ohne Einschränkung der Lebensqualität zu realisieren, muss der Gesetzgeber mit entsprechenden Umweltgesetzen und Förderungen die Rahmenbedingungen für den Einsatz alternativer Energiesysteme verbessern und die Wirtschaft - Industrie, Handel und Gewerbe – muss von den gebotenen Möglichkeiten für das Einsparen von Energie in viel stärkerem Umfang als bisher Gebrauch machen. Wesentlich beschleunigt werden könnte die Umsetzung von Konzepten für alternative Energieversorgung durch eine Umstellung der Förderungen und Vergaberichtlinien. Hier kommt der öffentlichen Hand eine Führungsrolle zu. Das Grundprinzip bestünde darin, nicht die Anlage, sondern die zu erzielende Einsparung an Energie als Grundlage der Förderung zu nehmen.

Das Land Niederösterreich setzt bereits verstärkt auf den Einsatz Erneuerbarer Energien und hat als Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energie am Gesamtenergieverbrauch bis 2020 von derzeit 25 Prozent auf 50 Prozent zu verdoppeln (NÖ Energiebericht, 2007). Die Energiepolitik des Landes Niederösterreich orientiert sich dabei an den vier im Energiekonzept festgelegten Grundsätzen:

- Vollzug eines umfassenden Klima- und Umweltschutzes
- Sparsame Nutzung von Ressourcen
- Sicherung der Lebens- und Wirtschaftsgrundlage
- Erreichung einer breiten Partizipation und Kooperation.

Diese Herangehensweise stellt die Basis für die Zielerreichung einer ökologisch orientierten Wohnbauförderung dar. Das übergeordnete energiepolitische Ziel heißt daher klimagerechtes Bauen und Heizen.

In diesem Zusammenhang ist im Rahmen dieser Studie der potenzielle Beitrag von, in energieeffizienten Gebäuden integrierten effizienten Wärmepumpen, zu diskutieren und zu evaluieren, um darauf aufbauend die Anforderungen und Voraussetzungen für die Förderung von Wärmepumpenanlagen zu definieren. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die CO₂-Emissions- und Primärenergieverbrauchs-Einsparpotenziale beim Ersatz von Ölkessel durch Wärmepumpen im Rahmen der Althausanierung gelegt.

3.2 Methodik

Das Konzept „Wohnbauförderung als Instrument zur Umsetzung Energiepolitischer Ziele“ wurde ergänzt um umfangreiche Literaturrecherchen, statistische Analysen, Simulationsergebnisse sowie Berechnungen, die mit Hilfe des Ökobilanzierungsprogramms Gemis Österreich 4.42, durchgeführt wurden.

Die Erstellung wurde methodisch wie folgt angelegt: In einem ersten Schritt werden in Kapitel 3 die Hauptenergieverbraucher und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen analysiert sowie mögliche Einsparpotentiale ermittelt. Danach konzentriert man sich in Kapitel 4 auf die Berechnung von Jahresnutzungsgraden und Jahresarbeitszahlen für die unterschiedlichen Systemvarianten um darauf aufbauend Heizungssysteme zu bewerten, unterschiedliche Wärmebereitstellungssysteme zu vergleichen sowie ein potenzielles Förderprojekt im Althausanierungsbereich zu berechnen. Die ökologische Analyse der Systeme wird mit Hilfe von GEMIS Österreich durchgeführt, wobei damit die ökologischen Kennzahlen „Primärenergiefaktor“ und „CO₂-Emissionsfaktor“ berechnet werden. Zusätzlich werden mögliche Förderkriterien für die Förderung von Wärmepumpen ausgearbeitet. Abschließend wird in Kapitel 5 die niederösterreichische Wohnbauförderung dargestellt und mit den in den vorhergehenden Kapiteln ermittelten Kennzahlen die CO₂-Einsparungskosten am Beispiel der Wohnbauförderungen berechnet.

3.3 Energieeinsatz in Wohnbauten und CO₂-Emissionen

Die Hauptanteile am Energieverbrauch und an den CO₂-Emissionen entfallen auf die Nutzerkategorien Verkehr und Raumwärme. In den folgenden Kapiteln werden Verbräuche und Emissionen analysiert und auf mögliche Reduktionspotenziale hingewiesen.

3.3.1 Energieeinsatz

Der Gesamtenergieverbrauch in Österreich im Jahr 2007 betrug 1.082.621 TJ. Die größten Anteile am energetischen Endverbrauch haben die Nutzerkategorien Verkehr mit 37,2 % und Raumheizung mit 27,9 % (Abbildung 14). Daher liegen die größten Energieeinsparungspotenziale in diesen Nutzerkategorien (ÖSTAT 2008a).

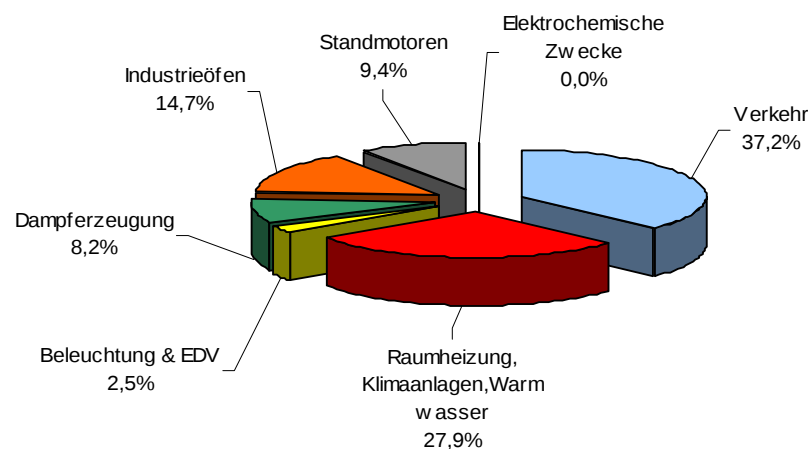


Abbildung 14: Anteile der Nutzerkategorien am Gesamtenergieverbrauch (ÖSTAT 2008a)

Der Gesamtenergieverbrauch nach Sektoren zeigt, dass 24 % des österreichischen Energieverbrauchs auf private Haushalte entfallen (Abbildung 15). Auf den Sektor Transport entfällt mit 36 % der größte Anteil am Energieverbrauch (ÖSTAT 2008a).

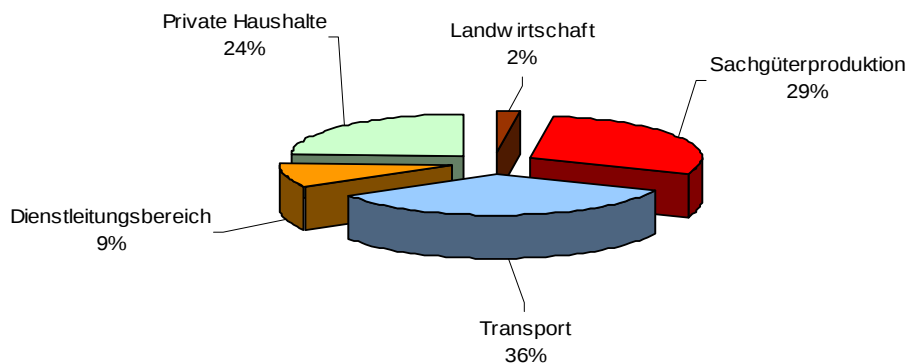


Abbildung 15: Anteile der Sektoren am Gesamtenergieverbrauch (ÖSTAT 2008a)

Werden die Sektoren auf die Nutzerkategorien aufgeteilt, wird ersichtlich, dass den größten Verbraucher, der Nutzerkategorie Raumwärme, der Sektor private Haushalte darstellt (Abbildung 16). Durch Energieeinsparung in diesem Sektor kann daher gleichzeitig der Energiebedarf der Nutzerkategorie Raumwärme reduziert werden.

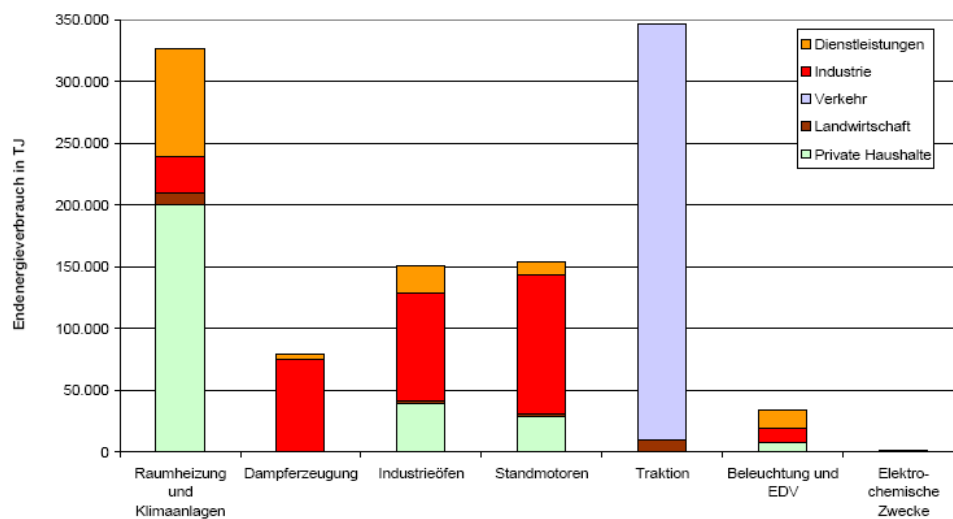


Abbildung 16: Gegenüberstellung der Nutzerkategorien (EE-Pot 2008)

Im Bereich Raumheizung dominiert Öl (Anteil 28,3 %), gefolgt von Gas (24,4 %) und den erneuerbaren Energien mit knapp 23 %. Die Fernwärme weist mit einem Anteil von über 16 % bereits einen beachtlichen Stellenwert auf (BMWA 2008).

Im 10-Jahresvergleich der Heizperioden 1994 und 2004 (Abbildung 17) zeigt sich ein deutlicher Rückgang der mit Kohle beheizten Wohnungen um über 77 %. Auch bei elektrischer Energie (- 19,7 %) war ein Rückgang zu verzeichnen. Bei den Holz,- Hackschnitzel- und Pelletsheizungen hat nach Jahren des Rückganges seit 2003 ein Boom eingesetzt, so dass nun gegenüber dem Jahr 1994 wieder ein leichter Zuwachs von knapp 3 % zu verzeichnen ist. Dem gegenüber nahm die Bedeutung von Öl (+ 7,8 %) und vor allem von Gas (+ 34 %) und insbesondere Fernwärme (+ 88 %) beträchtlich zu. Gas ist seit der

Heizperiode 1999/2000 der anteilmäßig wichtigste Energieträger in diesem Segment. Die erneuerbaren Energien nehmen auch in diesem Bereich eine wichtige Rolle ein, da zu den rd. 590.000 Holzheizungen und den rd. 27.000 Wohnungen, die mit Solarenergie bzw. Wärmepumpen beheizt werden, auch noch rd. 220.000 mit Fernwärme beheizte Wohnungen hinzugezählt werden müssen, da etwa ein Drittel der in Österreich erzeugten Fernwärme aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Somit werden in Österreich rd. ein Viertel der Wohnungen mit erneuerbaren Energien beheizt (BWWA 2008).

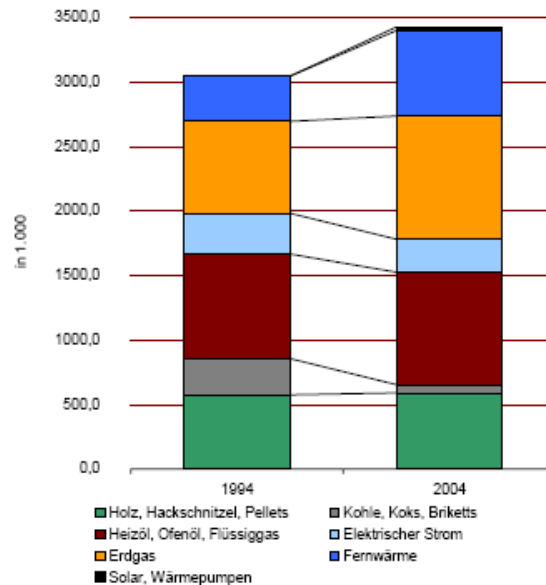


Abbildung 17: Beheizung des Wohnbestandes (BWWA 2008)

Am gesamten energetischen Endverbrauch der Nutzungskategorie Raumwärme beträgt der Stromanteil 10 %. Im Jahr 2008 lag der durchschnittliche Stromverbrauch der Haushalte bei 4417 kWh. In Abbildung 18 sind die Verbrauchskategorien des Stromverbrauchs dargestellt. Bedeutend sind die elektrische Warmwasserbereitung mit 17,1 % und der Stromverbrauch für die Heizung: 5,4% des gesamten Stroms im Haushaltsbereich wird für Umwälzpumpen und für Heizen inklusive Hilfsenergie werden 15,2 % benötigt. Heizung und Warmwasserbereitung sowie Haushaltsgroßgeräte und Kühl-/Gefriergeräte konsumieren gemeinsam beinahe 70 % des Stromverbrauchs (ÖSTAT 2009).

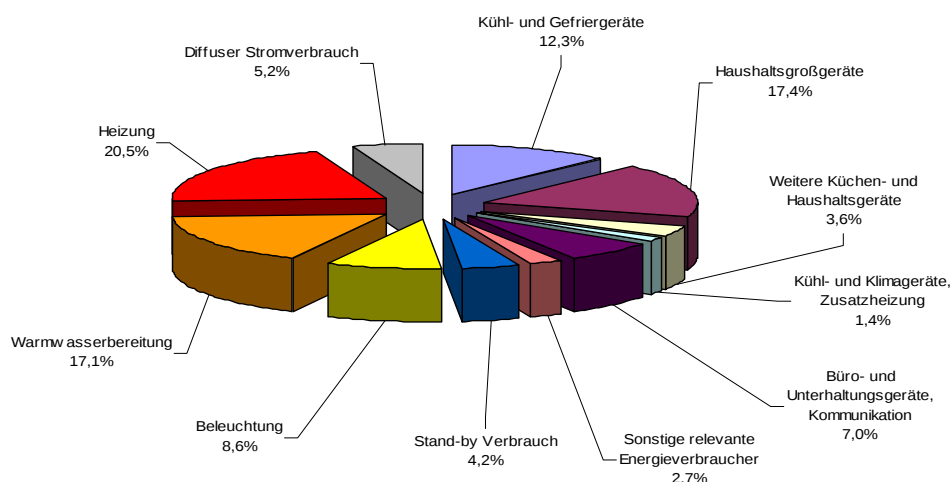


Abbildung 18: Verbrauchsanteile am Stromverbrauch der Haushalte (ÖSTAT 2009)

3.4 Treibhausgas (THG) – Emissionen

Im Jahr 2006 wurden in Österreich 91,1 Mio. Tonnen Treibhausgase (THG) emittiert. Seit 1990 sind die Emissionen um 15,1 % gestiegen. Damit lagen die THG-Emissionen im Jahr 2006 um 22,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente über dem Kyoto-Ziel Österreichs (Abbildung 19) (UBA 2008a).

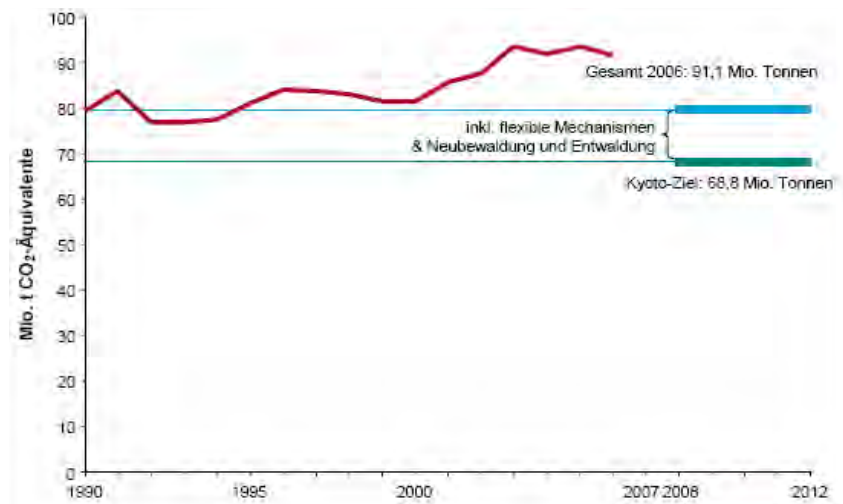


Abbildung 19: Verlauf der österreichischen THG-Emissionen (UBA 2008a)

Österreich liegt bezüglich der Erreichung der Kyoto-Ziele bzw. der Abweichungen von den Zielen im Vergleich zu den anderen europäischen Mitgliedsstaaten (EU 15) an zweitletzter Stelle (Abbildung 20). Gründe für das schlechte Abschneiden sind, dass sich Österreich einerseits zu einem ambitionierten Reduktionsziel von – 13 % verpflichtet hat und andererseits einen stark steigenden Emissionstrend aufweist (UBA 2008a).

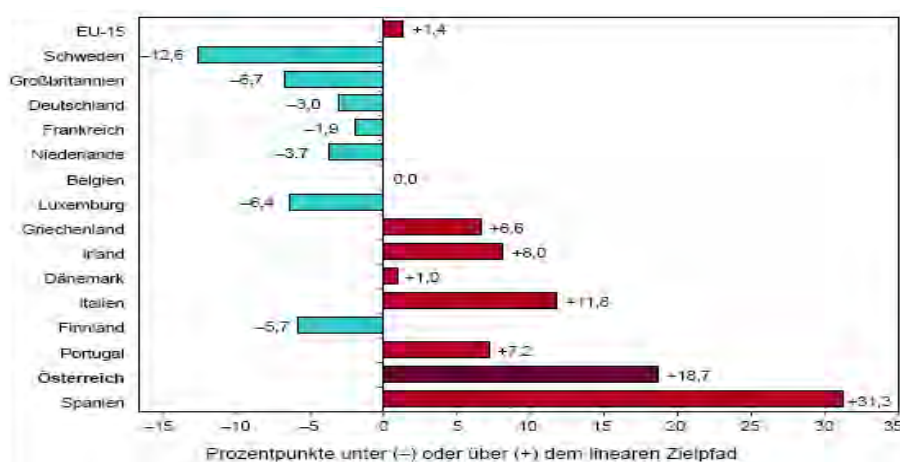


Abbildung 20: Abweichungen vom Kyoto-Zielpfad (UBA 2008)

Mit rund 95 % der THG-Emissionen waren im Jahr 2006 die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe (27,8 %), Verkehr (25,5 %), Energieaufbringung (17,0 %), Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch (15,6 %) sowie Landwirtschaft (8,7 %) die wesentlichen Verursacher der österreichischen Treibhausgasemissionen (Abbildung 21).

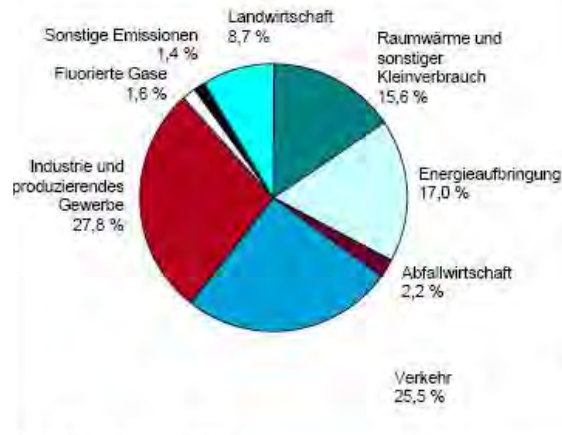


Abbildung 21: Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen (UBA 2008a)

Den stärksten Anstieg der THG-Emissionen seit 1990 verzeichnet der Sektor Verkehr mit einem plus von 10,6 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente bzw. 83,0 % (Abbildung 22).

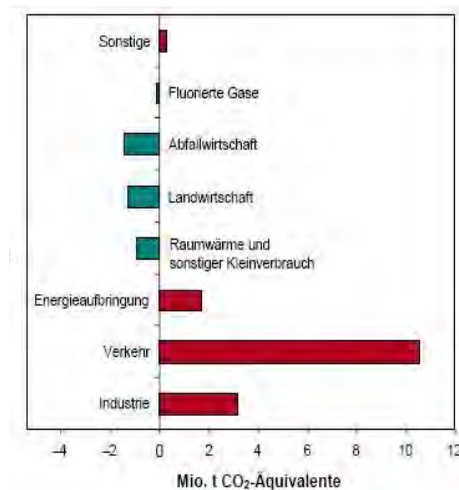


Abbildung 22: Änderung der THG-Emissionen in den Sektoren 1990 – 2006 (UBA 2008a)

Im Sektor Raumwärme sind die THG-Emissionen seit 1990 leicht rückläufig (–6,0 %) (Abbildung 23). Die wichtigsten Verursacher von THG-Emissionen in diesem Sektor sind die privaten Haushalte sowie der öffentliche und private Dienstleistungssektor.

Wesentliche Faktoren, die zu einer Minderung der Emissionen geführt haben, waren thermisch-energetische Sanierungen, der Wechsel zu kohlenstoffärmeren Brennstoffen und die Verlagerung der Emissionen in den Sektor Energieaufbringung (überwiegend aufgrund des steigenden Fernwärmebezugs). Einen Anstieg der Emissionen bewirkten der Bevölkerungszuwachs, der Trend zu mehr und zu größeren Wohnungen sowie steigende Komfortansprüche mit mehr Warmwasserbedarf pro Person und höheren Raumtemperaturen (UBA 2008a).

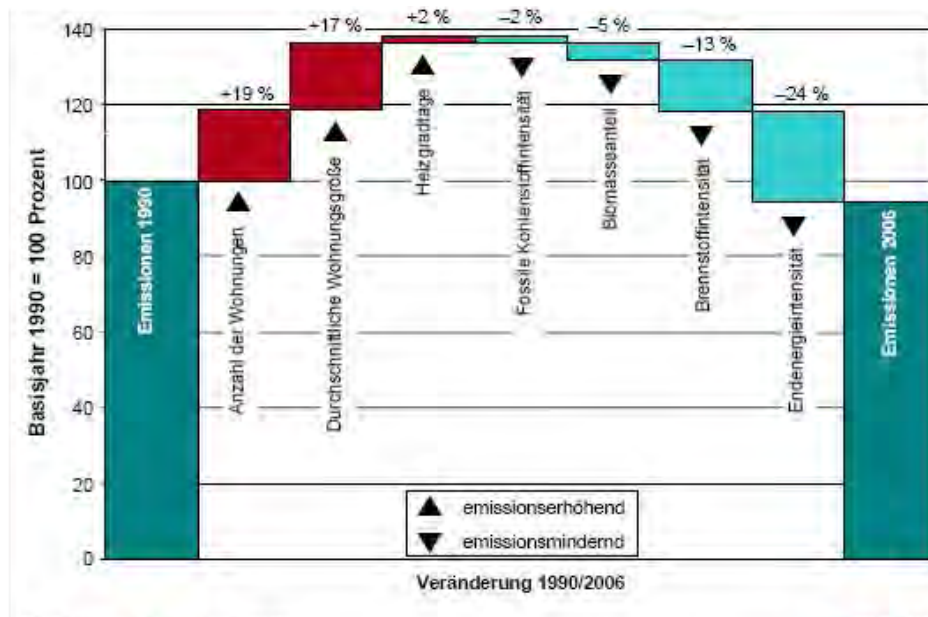


Abbildung 23: Emissionstrends im Bereich Privathaushalte (UBA, 2008a)

3.4.1 Einsparungspotential

Die Raumwärmebereitstellung der Haushalte (Hauptwohnsitze) hatte im Jahr 2006 einen Anteil von 18 % am gesamten Endenergieverbrauch. Durch die Steigerung der Sanierungsrate und der thermischen Qualität der Sanierungen können Energieeinsparungen beim Gebäudebestand erzielt werden. Auch beim Neubau von Wohnungen kann durch den Einsatz von Passivhaus- und Niedrigenergiehaustechnologie Energie eingespart werden. Daher finden sich im Regierungsprogramm drei konkrete Maßnahmen für den energieeffizienten Wohnbau (EE-Pot 2008):

- Steigerung der Sanierungsrate im Wohnbau: dadurch soll die thermische Sanierung sämtlicher Nachkriegsbauten (1950 – 1980) bis 2020 ermöglicht werden
- Für 50 % des Neubaus wird ein klima:aktiv Standard angestrebt.
- Ab 2015 sollen im Bereich der Wohnbauförderung nur mehr Häuser und Bauten im großvolumigen Wohnbau gefördert werden, die dem „klima:aktiv–Passivhaus-standard“ entsprechen.

Durch die Steigerung der Sanierungsrate im Wohnbau soll die thermische Sanierung sämtlicher Nachkriegsbauten (1950–1980) bis 2020 ermöglicht werden. In diesen Gebäuden befinden sich rund 44 % der gesamten österreichischen Wohnnutzfläche der Wohnungen mit Hauptwohnsitz. Durch diese Maßnahmen können neben den Energieverbräuchen in diesem Sektor auch die CO₂-Emissionen reduziert werden, da - wie in Abbildung 24 ersichtlich - die größten CO₂-Emissionen durch Gebäude der Bauperiode 1950-1980 verursacht werden.

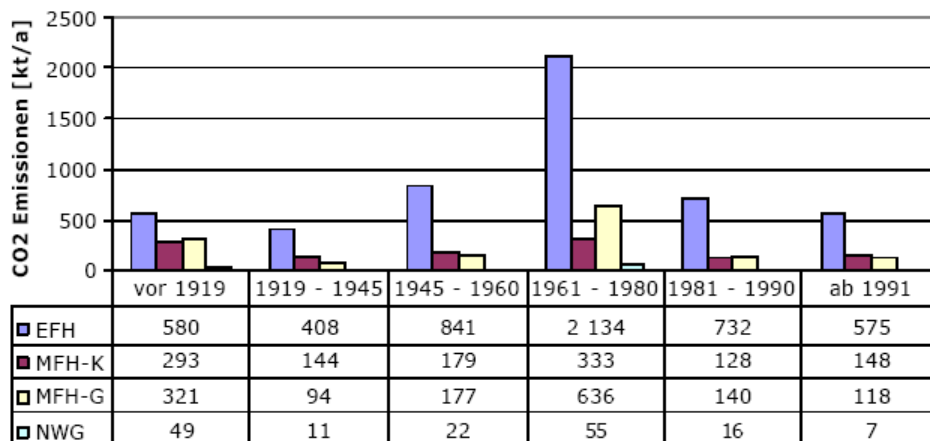


Abbildung 24: CO₂-Emissionen durch Beheizung von Wohnungen (Innovation & Klima, 2008)

Weiters bietet im Bereich der Raumwärmebereitstellung der Austausch alter Heizkessel (Heizkessel älter als 20 Jahre) Energieeinsparungspotenzial. Jährlich werden rund 100.000 neue Heizkessel verkauft. Dies lässt auf eine Kesseltauschrates von rund 3 % des Gesamtbestandes und eine durchschnittliche Nutzungsdauer von rund 30 Jahren schließen. Eine Erhöhung der Kesseltauschrates auf insgesamt 5 % und der Einsatz hocheffizienter Neugeräte (Brennwertgeräte und hocheffiziente atmosphärische Heizkessel) würde eine Endenergieeinsparung in Höhe von 4,8 PJ im Jahr 2020 mit sich bringen (EE-Pot 2008).

Für den Stromverbrauch im Sektor Raumwärme kann Einsparungspotenzial im Sinne eines effizienteren Einsatzes von Elektrizität erwartet werden. Anreize dazu sollen etwa die Energieverbrauchs-Kennzeichnungen der Großgeräte und für Umwälzpumpen mittels "Energy Label" bzw. Energieklasse liefern. In Abbildung 25 ist die Effizienzzunahme der in den Haushalten eingesetzten Haushaltsgeräte am Beispiel von Kühlgeräten dargestellt, durch das Energylabel konnten im Zeitraum 1996 bis 2004 die Verkaufsanteile der Geräte mittlerer Effizienz in Richtung hoch effiziente Geräte verschoben werden. Auch bei der Beleuchtung (8,6% des Stromverbrauchs) sind Einsparungspotenziale durch den Ersatz der Glühbirne durch effizientere Beleuchtungskörper zu erwarten. Derzeit dominiert mit 51 % der vorhandenen Beleuchtungskörper noch immer die Glühbirne, nur 7 % der Beleuchtungskörper sind Energiesparlampen (ÖSTAT, 2009).

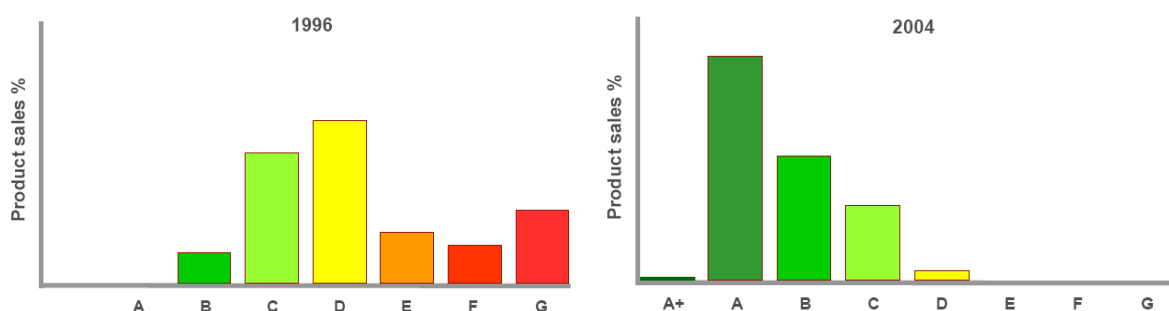


Abbildung 25: Auswirkung des Energylabels auf Haushaltsgeräte (EUP 2007)

Weitere von der E-Control empfohlene Schwerpunktsetzungen sind (e-control, 2008):

- Zeitnahe Messung der Stromverbräuche mit daraus abgeleiteten Einsparungsempfehlungen für die Konsumenten und der Gewerbe
- Einsatz energieeffizienter Wärmepumpen, die mit 1 kWh Strom mehr als 3 - 4 kWh Wärme erzeugen
- Vermeidung und möglichst Ersatz bestehender Stromheizungen

3.5 Positionierung Wärmepumpe

3.5.1 Energiebilanz Wärmepumpe

Die Energiebilanz der Wärmepumpe setzt sich zusammen aus:

$$\text{Umweltwärme} + \text{elektrische Energie} = \text{Heizwärme.}$$

Wärmepumpen können Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau (Umweltwärme) mit Hilfe von Antriebsenergie auf einem höheren Temperaturniveau nutzbar machen. Damit eignet sich eine Wärmepumpe für die Nutzung von Luft, Wasser und oberflächennaher Geothermie zu Heizzwecken und zur Warmwasserbereitung. Wärme wird z.B. aus dem Erdreich bei Temperaturen von etwa -5 °C bis $+10\text{ °C}$ entzogen und mit ca. 35 °C – 55 °C an die Heizung oder einen Warmwasserspeicher abgegeben. Je niedriger dabei der Temperaturhub zwischen der Wärmequelle und dem Heizungssystem ist (z.B. 0 °C auf 35 °C), desto weniger Antriebsenergie wird benötigt und umso effizienter wird das System betrieben. Mit steigender Anlageneffizienz nimmt die Nutzung der lokal verfügbaren und erneuerbaren Energiequelle zu.

Das übergeordnete Ziel für die Planung und Errichtung einer Wärmepumpenanlage ist die optimale Systemintegration einer energieeffizienten Wärmepumpe in einem energieeffizienten Gebäude. Die Effizienz der Wärmepumpe bzw. der Wärmepumpenanlage kann durch die Leistungszahl bzw. die Jahresarbeitszahl gekennzeichnet werden.

3.5.1.1 Regelungsstrategien und Betriebsarten

Das Regelungskonzept muss so ausgelegt werden, dass das Energiesparpotenzial der Wärmepumpe maximiert werden kann. Dabei soll die Wärmepumpe in solchen Betriebszuständen arbeiten, in denen es zu keiner negativen Beeinflussung der Lebensdauer der Wärmepumpe kommt.

Eine Voraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung ist, dass das Wärmeabgabesystem so weit wie möglich an die Anforderungen der Wärmepumpen angepasst werden kann; z.B. ein Wärmeabgabesystem mit großen Heizflächen, um die erforderliche Vorlauftemperatur so gering wie möglich zu halten (z.B. Fußboden oder Wandheizung). Abhängig von der Auswahl der Wärmequelle, der Leistung der Wärmepumpe, der Gebäudeheizlast, der Art des Heizungssystems und der Aufgabe, die die Wärmepumpe zu erfüllen hat, kann das Wärmepumpensystem für den Betrieb unter den verschiedenen Betriebsarten ausgelegt werden:

Monovalenter Betrieb

Die Wärmepumpe deckt 100 % des Wärmebedarfs. Monovalent betriebene Wärmepumpen sind wirtschaftlich, wenn die Wärmepumpe in ein Niedertemperaturheizungssystem integriert ist und eine Wärmequelle mit hohem Temperaturniveau genutzt werden kann, z.B. erdreichgekoppelte Systeme mit Fußbodenheizung

Bivalenter Betrieb

In bivalenten Anlagen wird die Wärme von zwei verschiedenen Energiequellen geliefert, d.h. die Wärmepumpe arbeitet zusammen mit einem zusätzlichen Wärmebereitstellungssystem. Der so genannte Umschalt- oder Bivalenzpunkt ist die niedrigste Außentemperatur, bei der die Wärmepumpe die Heizlast vollständig abdecken kann. Bei Temperaturen, die niedriger sind als der Bivalenzpunkt, wird das zusätzliche Wärmebereitstellungssystem automatisch zugeschaltet.

3.5.1.2 Systemspezifische Merkmale einer Wärmepumpe

Im Vergleich mit Elektro-, Öl- oder Biomassekesseln fällt die Wärmepumpe durch einige Besonderheiten auf, die man bei einer Gegenüberstellung berücksichtigen muss:

- Eine Wärmepumpe erreicht eine höhere Leistungszahl (Effizienz), wenn die Vorlauftemperatur des Heizmediums niedrig ist.
- Eine Wärmepumpe erreicht eine höhere Heizleistung und eine höhere Leistungszahl, wenn die Wärmequellentemperatur hoch ist.
- Je kleiner die Differenz zwischen der Vorlauftemperatur des Heizsystems und der Temperatur der Wärmequelle ist, desto kleiner ist das Druckverhältnis, das der Verdichter überwinden muss. Dadurch wird der Verdichter weniger belastet, was zu einer Verlängerung der Lebensdauer führt. Zusätzlich sinkt die notwendige Antriebsenergie bei abnehmendem Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Wärmesenke.
- Konventionelle Heizungssysteme sind oft mit großen Sicherheitsspannen ausgelegt, da die Leistung dieser Systeme einfach zu regulieren ist und sich der Betrieb im Teillastbereich nicht negativ auf das System auswirkt. Weiters sind die Investitionskosten für einen größeren Kessel nur unerheblich höher. Wärmepumpensysteme erfordern eine exakte Systemauslegung, da eine Überdimensionierung zu einer deutlichen Erhöhung der Investitions- und Betriebskosten führt und sich negativ auf die Lebensdauer der Wärmepumpe auswirkt.
- Wärmepumpen sind sehr wartungsarme Systeme, es fallen keine laufenden Wartungskosten wie z.B. für den Rauchfangkehrer an.

3.5.2 Bewertung von Heizungssystemen

3.5.2.1 Kriterien zur Bewertung von Heizungssystemen im Wohnbereich

Bei der Auswahl des Heizungssystems sollten künftige Betreiber auf die folgenden Kriterien zur Bewertung von Heizungssystemen im Wohnbereich achten:

- Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu am Standort verfügbaren Alternativen. Vorrangig betriebswirtschaftliche Aspekte (Investitionskosten, jährliche Betriebskosten, Wartungs- und Erneuerungskosten).
- Betriebssicherheit
- Verfügbarkeit des Energieträgers
- Trend der Preisentwicklung des Energieträgers
- Bedienungskomfort
- Raumkomfort/Behaglichkeit
- Raumbedarf für Wärmeerzeuger, Brennstofflagerung und Wärmespeicher
- Lärm- und Geruchsbelästigung
- Persönliche Aspekte, wie z.B. größere Unabhängigkeit, Umweltverträglichkeit u.a.

Aus der Sicht von Förderungsstellen liegt das Hauptaugenmerk auf Kriterien zur Reduktion des Brennstoffeinsatzes, der CO₂-Emissionen und des Primärenergieeinsatzes bei der Wärmeversorgung von Wohnbauten zur Raumheizung und Warmwasserbereitung.

3.5.2.2 Energetische und ökologische Bewertung

Für die energetische und umweltbezogene Bewertung von Heizungssystemen werden für die Vergleichsberechnungen folgenden Faktoren verwendet:

- Jahresnutzungsgrad (JNG) bzw. Jahresarbeitszahl (JAZ)
- Primärenergiefaktor (PEF)
- CO₂-Emissionen (CO₂ Äquivalent g/kWh Endenergie)

In Abbildung 26 ist der Ablauf der Bewertung der Heizungssysteme dargestellt.

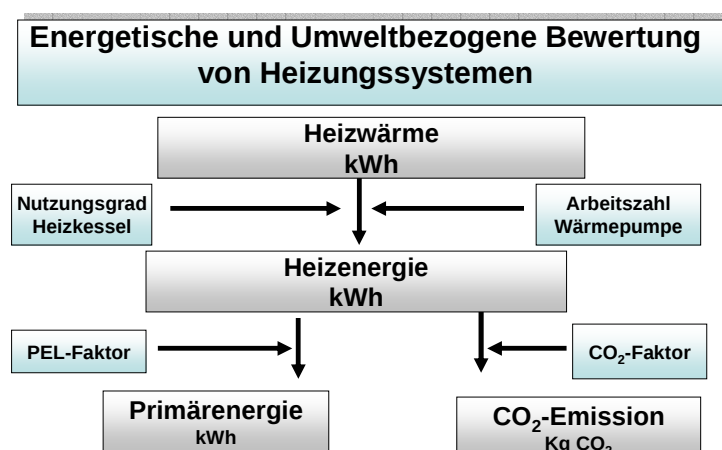


Abbildung 26: energetische und umweltbezogene Bewertung (Faninger, 2007)

Für die Analyse der Wärmebereitstellungssysteme muss die Effizienz der einzelnen Systemvarianten ermittelt werden. Dazu werden für die Systemvarianten Öl-, Gas-, und Pelletskessel die Kennzahl Jahresnutzungsgrad (JNG) und für Wärmepumpen die Kenngröße Jahresarbeitszahl (JAZ) gewählt. Der JNG und die JAZ charakterisieren die Anlageneffizienz über einen Betrachtungszeitraum von einem Jahr.

Für die Heiztechnik gibt es spezifische Kenngrößen, die zur Beurteilung der Leistung und der Effizienz herangezogen werden. Diese Kennzahlen sind jedoch von Betriebsbedingungen und Nutzerverhalten abhängig und haben dadurch oft eine große Schwankungsbreite. Für die Beurteilung von Kesselanlagen werden Jahresnutzungsgrade JNG herangezogen.

$$\eta_{JNG} = \frac{\Sigma \text{ Nutzwärme}}{\Sigma \text{ zugeführte Energie}}$$

Die Arbeitszahl von elektrisch angetriebenen Wärmepumpen ist wie in Kapitel 2.1.2 definiert.

In Tabelle 7 werden JNG bzw. JAZ der Heizungssysteme für die energetische und ökologische Bewertung zusammengestellt.

System	JNG / JAZ	Quelle
NT-Ölkessel (HEL) (mit Gebläse)	90% (Hu)	Simader, 2007
Gas-Brennwertkessel	97 % (Hu)	Simader, 2007
Pellets	80%	Neubarth, 2002
Wärmepumpe A*	450 % bzw. 4,5	EHPA, 2006
Wärmepumpe B*	300 % bzw. 3,0	EHPA, 2006

* Wärmepumpe A und B repräsentieren die höchste und niedrigste JAZ laut EHPA (EHPA, 2008)

Tabelle 7: Jahresnutzungsgrade (JNG) und Jahresarbeitszahlen (JAZ) unterschiedlicher Heizungssysteme

Für den ökologischen Vergleich der Systemvarianten werden der Primärenergiefaktor (PEF) und für die Beurteilung der Treibhausgasemissionen die CO₂-Emissionen (CO₂ _{Äquivalent} g/kWh_{Endenergie}) verwendet.

Primärenergie und Primärenergiefaktor

Mit dem Primärenergieeinsatz werden die Energieträger nicht nur hinsichtlich Erneuerbarkeit bewertet, es wird außerdem der Energieeinsatz zur Förderung, Bearbeitung und Transport berücksichtigt. Die Primärenergiefaktoren (PEF) hängen vom Brennstoff bzw. im Falle des Sekundärenergieträgers Strom von der Umwandlung ab. Zu den Primärenergieträgern zählen die fossilen Brennstoffe Kohle, Erdgas und Erdöl sowie die nuklearen Spaltmaterialien. Weiters zählen auch die Sonnenenergie als solare Strahlungsenergie sowie die Windenergie zu den Primärenergieträgern (Baehr, 2006).

Um von der Nutzenergie oder vom Heizwärmebedarf auf die dazu notwendige Primärenergie schließen zu können, müssen die Verluste in der Prozesskette berücksichtigt werden. Mit dieser Berechnung ist es in weiterer Folge möglich, die verschiedenen Heizungsvarianten untereinander zu vergleichen und deren Primärenergieeinsparung zu bewerten. Der Primärenergiefaktor (PEF) ist definiert durch das Verhältnis von Primärenergie (kWh_{primär}) zu

Endenergie (kWh_{end}). Für die weiteren Berechnungen kommen folgende Primärenergiefaktoren zum Einsatz (Tabelle 8).

Energieträger	PEF [-]	Quelle
Heizöl extraleicht	1.13	Faninger ₁ 2007
Gas	1.14	Faninger ₁ 2007
Pellets	0.15	Gemis Österreich 4.5 (Xtra-Rest\Holz-Pellet-A-V6)
Österreichischer Jahresmix	1.26	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)
UCTE-Mix	2.49	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-EU-25-2000)
Ökostrom	0.0199	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A-ökostrom-2007)

Tabelle 8: Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger

CO₂-Emissionen

Kohlendioxid (CO₂) ist das bekannteste treibhauswirksame Gas, das bei Verbrennungsvorgängen von fossilen Brennstoffen, aber auch bei unserer Atmung, entsteht. Es kann nicht direkt als Emission gemessen, sondern nur über die chemische Umsetzung (Verbrennungsrechnung) mathematisch berechnet werden. Wasserdampf und andere Gase, z.B. Methan, Ozon und fluoridierte Kohlenwasserstoffe tragen unterschiedlich stark zum Treibhauseffekt bei. Damit auch das Treibhauspotenzial dieser Gase erfasst werden kann, wird deren Potenzial in eine äquivalente CO₂-Menge umgerechnet.

Dieses (relative) Treibhauspotenzial oder CO₂-Äquivalent gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt. Dieser Wert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen Zeitraum von üblicherweise 100 Jahren. Beispielsweise beträgt das CO₂-Äquivalent für Methan bei einem Zeithorizont von 100 Jahren 25. Das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan 25-mal stärker zum Treibhauseffekt beiträgt als ein Kilogramm CO₂. Mit dieser Methode können - bei bekannten Emissionsmengen - die unterschiedlichen Beiträge einzelner Treibhausgase verglichen werden (IPCC, 2007). Für die weiteren Vergleiche werden die Emissionswerte in Tabelle 9 verwendet.

Energieträger	CO ₂ Äquivalent	Quelle
-	g CO ₂ Äquivalent / kWh _{Endenergie}	-
Heizöl extraleicht	311	Faninger, 2007
Gas	247	Faninger, 2007
Pellets	25	WKÖ, 2007
Österreichischer Jahresmix	370	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)
UCTE-Mix	480	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-EU-25-2000)
Ökostrom	19	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A-ökostrom-2007)

Tabelle 9: CO₂ Äquivalent-Emissionsfaktoren der Energieträger

3.5.2.3 Vergleich unterschiedlicher Heizungssysteme

Für den Vergleich unterschiedlicher Heizungssysteme hinsichtlich Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen wird der durchschnittliche jährliche Wärmebedarf für Raumheizung und Brauchwasserbereitung definiert.

Der durchschnittliche Heizwärmebedarf für ein Einfamilien-Wohnhaus mit etwa 140 m² Wohnnutzfläche wird zwischen 12.000 und 15.000 kWh/a geschätzt (Faninger, 2007). Nach den Berechnungen gemäß „Gebäudeausweis“ ergibt sich für Wohnhäuser in Niedrigenergie-Bauweise ein spezifischer Heizwärmebedarf von 50 kWh/m² a, was bei 140 m² Wohnfläche etwa 7.000 kWh/a entspricht. Der aus Praxisdaten abgeleitete höhere Heizwärmebedarf ist darin begründet, dass die Raumtemperatur häufig nicht auf 20 °C begrenzt wird, sondern Raumtemperaturen bis zu 23 °C üblich sind (Faninger, 2007).

Für die Berechnung der Heizenergie, der Primärenergie und der CO₂-Emissionen wird mit einem Heizwärmebedarf von 12.000 kWh/a für Raumheizung und 3.000 kWh/a für Warmwasser gerechnet.

Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen unterschiedlicher Heizungssysteme

In Abbildung 27 werden die Primärenergieverbräuche unterschiedlicher Heizungssysteme für die Deckung des jährlichen Heizwärmebedarfs von 12.000 kWh/a für Raumheizung und 3.000 kWh/a für Warmwasser dargestellt. Dazu werden die Systeme Ölkessel, Gaskessel, Pelletskessel, Wärmepumpe A und Wärmepumpe B mit den im Kapitel 3.5.2.2 beschriebenen Faktoren berechnet. Die Wärmepumpenvarianten A und B werden zusätzlich mit UCTE-Strommix (UCTE), Österreich-Strommix (Ö-Mix) und Ökostrom (Öko) berechnet. Hier ist deutlich zu erkennen, dass das Primärenergiereduktionspotenzial der Wärmepumpe stark vom verwendeten Strommix abhängt.

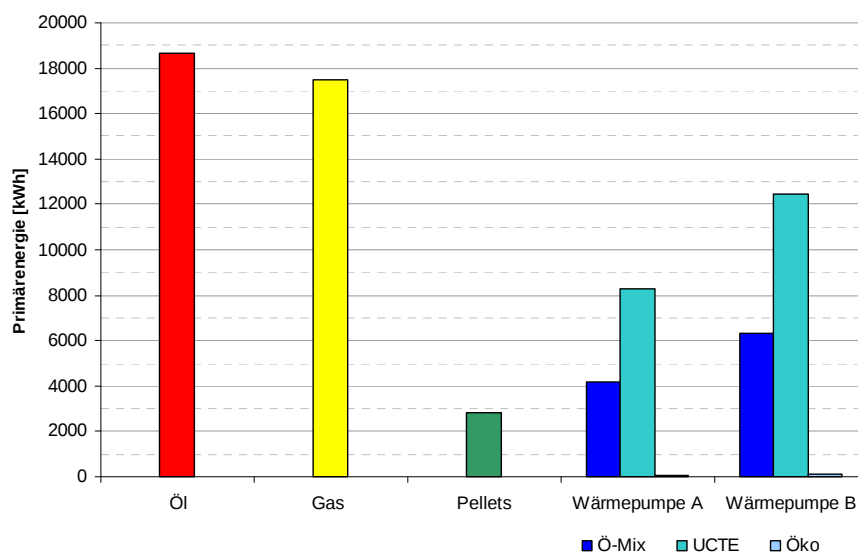


Abbildung 27: Primärenergiebedarf unterschiedlicher Heizungssysteme, (eigene Darstellung)

Die Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen in Abbildung 28 zeigt ein ähnliches Bild wie der Vergleich der Systeme hinsichtlich der Primärenergieverbräuche. Die Vergleichskategorien

Primärenergieeinsatz und CO₂-Emissionen zeigen, dass Pelletskessel und Wärmepumpen große Einsparungspotenziale mit sich bringen.

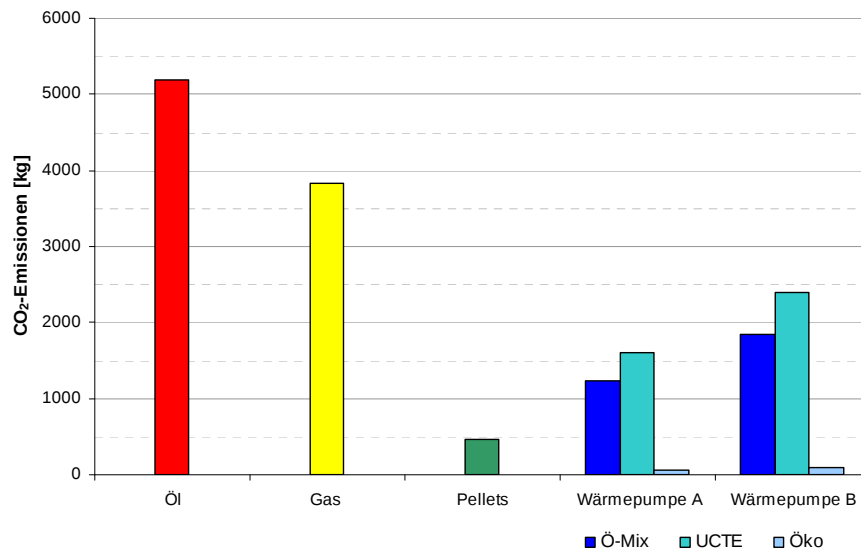


Abbildung 28: CO₂-Emissionen unterschiedlicher Heizungssysteme, (eigene Darstellung)

CO₂-Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Ölkessel

Im folgenden Abschnitt werden die Systeme Pellets und Wärmepumpen mit Öl- und Gaskessel hinsichtlich CO₂-Emissionsreduktion verglichen. Dazu wird für die Wärmepumpe die Jahresarbeitszahl von 2 bis 5 variiert und das CO₂-Emissionsreduktionspotenzial in Abhängigkeit des Strommixes und der Jahresarbeitszahl dargestellt. Für Pelletskessel wird ein Jahresnutzungsgrad zwischen 65 % und 95 % für den Vergleich angenommen.

Die Gegenüberstellung des CO₂-Emissionsreduktionspotenzials von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Ölkessel (Abbildung 29) zeigt, dass durch den Einsatz von Pelletskessel über den gesamten Bereich für die angenommenen Jahresnutzungsgrade das Einsparungspotenzial bei ca. 90 % liegt. Das CO₂-Emissionsreduktionspotenzial durch den Einsatz von Wärmepumpen wird hauptsächlich durch den verwendeten Strommix beeinflusst. Wird eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 2 mit UCTE-Strommix betrieben, können selbst unter diesen Bedingungen 30 % CO₂-Emissionen gegenüber dem Ölkessel eingespart werden. Beim Betrieb der Wärmepumpe mit Ökostrom liegt das CO₂-Einsparungspotenzial abhängig von den Jahresarbeitszahlen zwischen 97 % und 99 %.

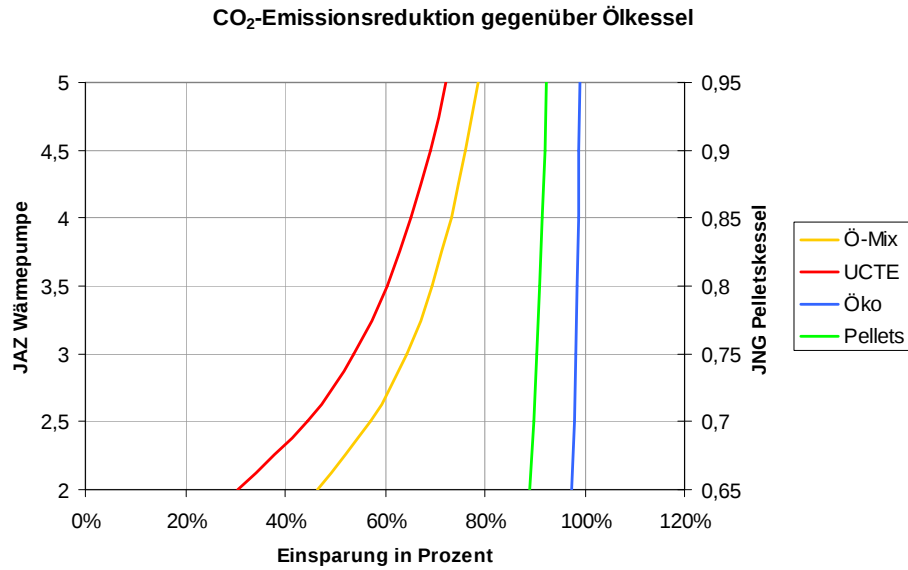


Abbildung 29: CO₂-Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Ölkessel, (eigene Darstellung)

Der Vergleich der CO₂-Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Gaskessel zeigt, dass die Systeme Wärmepumpe und Pellets höhere Jahresarbeitszahlen bzw. Jahresnutzungsgrade aufweisen müssen, damit die gleichen Emissionsreduktion wie gegenüber dem Ölkessel erreicht werden. Wird die Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 2 und UCTE-Strommix betrieben, sinkt die CO₂-Emissionsreduktion von 30 % gegenüber dem Ölkessel und auf 6 % gegenüber dem Gaskessel. Beim Betrieb der Wärmepumpe mit Ökostrom können die CO₂-Emissionen verglichen mit dem Gaskessel abhängig von der Jahresarbeitszahl um 96 bis 99 % reduziert werden.

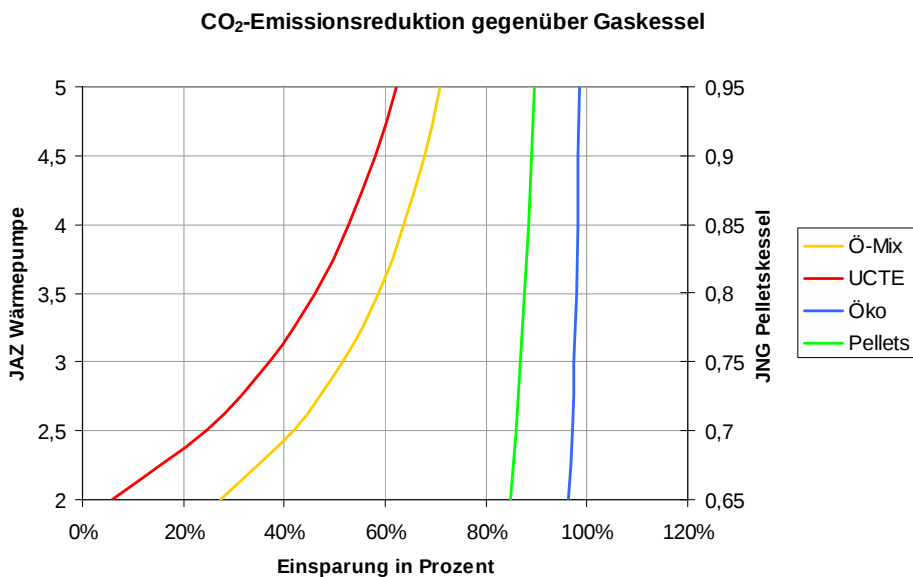


Abbildung 30: CO₂-Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Gaskessel, (eigene Darstellung)

3.5.3 Argumente für die Förderung von Wärmepumpen

3.5.3.1 Marktentwicklung

Der österreichische Wärmepumpenmarkt ist durch eine positive Marktentwicklung der vergangenen Jahre geprägt. Der gesamte Wärmepumpen-Inlandsmarkt ist bezüglich der verkauften Stückzahlen vom Jahr 2006 mit 13.259 Stk. auf das Jahr 2007 mit 15.241 Stk. um 14,9 % gewachsen. Das Wachstum des Inlandsmarktes ist vor allem auf ein besonders starkes Wachstum bei den Heizungswärmepumpen zurückzuführen (Abbildung 31). Hier ist ein Anstieg der Verkaufszahlen im Inlandsmarkt von 22,1 % zu beobachten. Das Segment der Brauchwasserwärmepumpen zeigt ein Wachstum von 8,2 % (BMVIT, 2008).

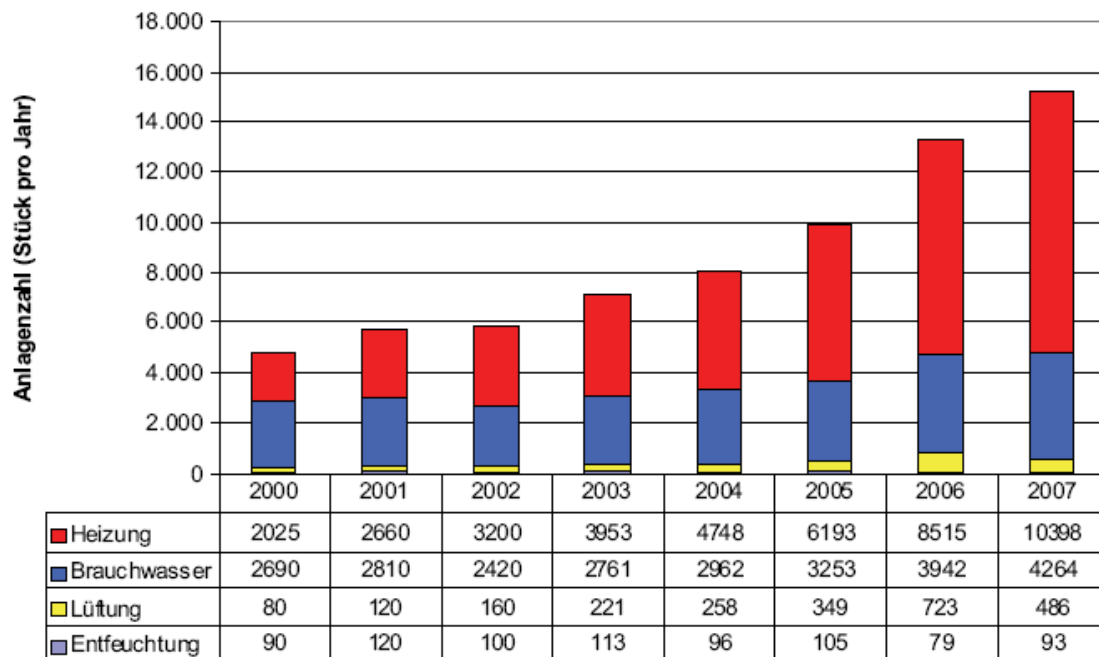


Abbildung 31: jährliche Wärmepumpenverkaufszahlen (BMVIT, 2008)

In Tabelle 10 werden die im Jahr 2007 von den Förderungsstellen der Länder bzw. von Energieversorgern geförderten Wärmepumpenanlagen dargestellt. Das Land Niederösterreich stellt mit 3.237 geförderten Anlagen den 1. Platz im Bundesländervergleich. Im Jahr 2007 wurden insgesamt 7.731 Wärmepumpen in Österreich gefördert, dies entspricht 51 % aller 2007 installierten Anlagen.

Land	Anzahl	Bemerkungen
Burgenland	828	136 Anlagen per Direkt-Zuschuss des Landes, 692 Anlagen via Wohnbauförderung gefördert.
Kärnten	136	Direkt-Zuschuss des Landes.
Niederösterreich	3237	Direkt-Zuschuss des Landes (2772 Anlagen in Einfamilienhäusern, 465 Anlagen in Mehrfamilienhäusern).
Oberösterreich	2046 + 756	Direkt-Zuschuss des Landes (2046 Heizungsärmepumpen, 756 Brauchwasserärmepumpen).
Salzburg	17	Im Rahmen der Wohnbauförderung.
Steiermark	-	Keine Landesförderung von Ärmepumpen; Direkt-Zuschüsse in unbekannter Anzahl über die Energieversorger.
Tirol	211	Direkt-Zuschuss durch den Energieversorger.
Vorarlberg	371	Direkt-Zuschuss des Landes.
Wien	114 + 15	Direkt-Zuschuss des Landes (114 Heizungsärmepumpen, 15 Brauchwasserärmepumpen)

Tabelle 10: geförderte Ärmepumpenanlagen je Bundesland (BMVIT 2008)

3.5.3.2 Beitrag zur Nutzung erneuerbarer Energien

Im Jahr 2007 waren 146.057 Ärmepumpen in Betrieb, die 1.002 GWh Umweltwärme nutzten, um 1.470 GWh Nutzwärme bereitstellen zu können. Damit leisten Ärmepumpen einen wichtigen Beitrag zur Nutzung erneuerbarer Energien. In Tabelle 11 wird das CO₂-Emissionsreduktionspotenzial gegenüber Ölkesselanlagen dargestellt (BMVIT, 2008). Dazu wird die Annahme getroffen, dass Ärmepumpen mit Strom aus dem Österreichischen-Strommix betrieben werden. Die Nettoeinsparung durch den Betrieb der Ärmepumpe beträgt 446.904 Tonnen CO₂.

Merkmal	Einheit	Mittlere Werte des österr. Anlagenbestandes			
		BW-WP	HZ-WP	LU-WP	Summen
WP in Betrieb 2007	Stk.	86.721	56.939	2.397	146.057
Mittleres Alter der WP	Baujahr	1996	2002	2005	
Mittlere Volllaststunden	h/a	1423	1800	1500	
Thermische Jahresarbeit pro WP	kWh _{th} /WP, a	3.600	20.160	4.000	
Elektrische Jahresarbeit pro WP	kWh _{el} /WP, a	1.565	5.760	1.600	
Umweltwärme pro WP	kWh _{th} /WP, a	2.035	14.400	2.400	
Mittlere Jahresarbeitszahl	1	2,3	3,5	2,5	
Thermische Leistung pro WP	kW _{th} /WP	2,53	11,2	2,67	
Elektrische Leistung pro WP	kW _{el} /WP	1,1	3,2	1,07	
Umweltwärmeleistung pro WP	kW _{th} /WP	1,43	8	1,60	
Thermische Jahresarbeit Total	GWh _{th}	312	1.148	10	1.470
Elektrische Jahresarbeit Total	GWh _{el}	136	328	4	468
Umweltwärme Total	GWh _{th}	176	820	6	1.002
Thermische Leistung Total	MW _{th}	219	638	6	864
Elektrische Leistung Total	MW _{el}	95	182	3	280
Umweltwärmeleistung Total	MW _{th}	124	456	4	583
Jahresnutzungsgrad Substitution	1	0,6	0,72	0,72	
Emissionskoeffizient Substitution	kg CO ₂ /kWh _{EE}	0,27	0,27	0,27	
Bruttoeinsparung	t CO ₂	140.488	430.459	3.596	574.542
Emissionskoeffizient Strom	kg CO ₂ /kWh _{EE}	0,273	0,273	0,273	
Emission aus Stromverbrauch	t CO ₂	37.056	89.535	1.047	127.639
Nettoeinsparung	t CO₂	103.432	340.923	2.548	446.904

Abkürzungen: th..thermisch, el..elektrisch, EE..Endenergie, WP..Ärmepumpe

Tabelle 11: Berechnung der CO₂-Einsparungen durch Ärmepumpenanlagen (BMVIT, 2008)

Die Beträge zum österreichischen Energieaufkommen der Technologien Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen zur Nutzung von erneuerbaren Energien ergaben im Jahr 2007 2.636,7 GWh. In Abbildung 32 sind die Beiträge der einzelnen Technologien dargestellt.

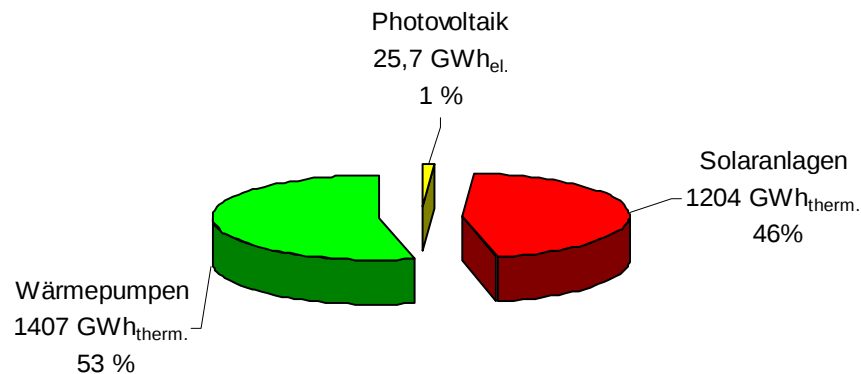


Abbildung 32: Beiträge der Solar- und Wärmepumpenanlagen zum Energieaufkommen (BMVIT, 2008)

Anhand der Beiträge dieser Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien zum Energieaufkommen können die CO₂-Emissionsreduktionen berechnet werden. Im Jahr 2007 konnten durch den Einsatz der Technologien Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen 962.303 Tonnen CO₂ gegenüber fossilen Energieträgern eingespart werden (BMVIT, 2008). Die Aufteilung der CO₂-Emissionsreduktionen nach Technologien ist in Abbildung 33 dargestellt.

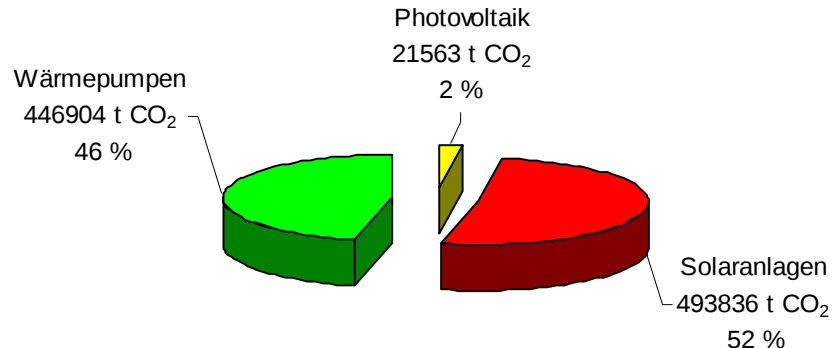


Abbildung 33: CO₂-Einsparungen der Solar- und Wärmepumpenanlagen (BMVIT 2008)

Aus Abbildung 32 und Abbildung 33 ist ersichtlich, dass die Technologien Wärmepumpen und Solarthermie ähnliche Beiträge zum Energieaufkommen und zur CO₂-Emissionsreduktion liefern. Die 146.057 laut BMVIT (2008) im Jahr 2007 betriebenen Wärmepumpen nutzten 1.002 GWh Umweltwärme zur Bereitstellung von 1.407 GWh Nutzwärme bei einer CO₂-Emissionsreduktion von 446.904 Tonnen CO₂.

3.5.4 Umsatz, Wertschöpfung und Arbeitsplätze der Wärmepumpenbranche

Die österreichische Wärmepumpenbranche leistete im Jahr 2007 einen primären Umsatz von 169 Mio. Euro. Inklusive der sekundären Effekte beträgt der volkswirtschaftlich relevante Gesamtumsatz mit 220 Mio. Euro. Dieser Gesamtumsatz entspricht einer nationalen Gesamtwertschöpfung von 163 Mio. Euro. In der Wärmepumpenbranche existierten im Jahr 2007 1.359 Vollzeit-Arbeitsplätze. Unter Berücksichtigung der sekundär induzierten Arbeitsplätze, z.B. durch zusätzliche Beschäftigungseffekte im Bereich der Stromerzeugung,

können der gesamten Wärmepumpenbranche in Österreich 1.973 Vollzeit-Arbeitsplätze zugewiesen werden (BMVIT, 2008).

In Abbildung 34 sind die strukturellen Veränderungen der Wärmepumpenbranche der Jahre 2004 und 2007 gegenübergestellt. Es kann eine deutliche Verlagerung der Technologiebereitstellung zur verstärkten Eigenproduktion in Österreich beobachtet werden. Bei einem Vergleich der Produktions- und Importzahlen der Jahre 2004 und 2007 ist dieser strukturelle Wandel gut zu erkennen. Die nationalen Produktionskapazitäten in diesen Jahren stiegen um das 2,5-Fache. Die Struktur des Vertriebs ist hingegen weitestgehend gleich geblieben, wobei sowohl die Größe des Inlandsmarkts als auch des Exportmarkts annähernd verdoppelt wurde.

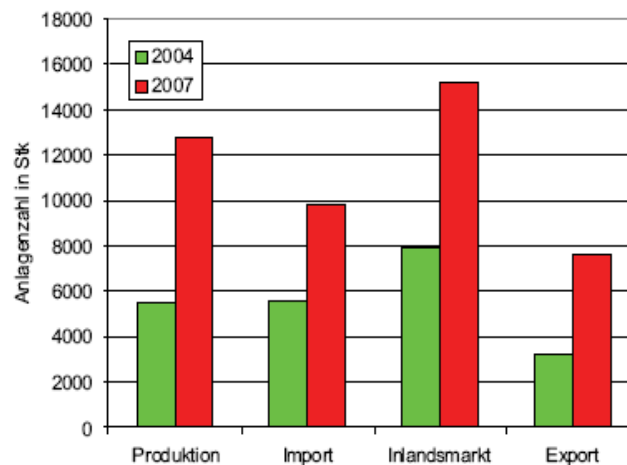


Abbildung 34: strukturelle Veränderung des Wärmepumpenmarktes (BMVIT, 2008)

Die österreichische Wärmepumpenbranche liefert einen wichtigen Beitrag zur nationalen Wertschöpfung. Durch die strukturelle Entwicklung des österreichischen Wärmepumpenmarktes kann davon ausgegangen werden, dass durch die Erhöhung der Produktionskapazitäten zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden. Dies wird durch den anhaltenden Trend der weiter ansteigenden Verkaufszahlen positiv beeinflusst.

3.5.5 Förderung von Wärmepumpenanlagen

Die Effizienz von Wärmepumpenanlagen ist hauptsächlich von den Betriebsbedingungen, der Wärmepumpe selbst und der Systemintegration abhängig. In diesem Kapitel werden die Voraussetzungen für den effizienten Einsatz von Wärmepumpen und ein mögliches Förderprojekt zum Austausch von Ölkesselanlagen beschrieben.

3.5.5.1 Wärmepumpen-Förderung - Anforderungen und Voraussetzungen

Damit Fördermittel effizient eingesetzt werden, müssen Qualitätssichernde Anforderungen und Voraussetzungen geschaffen werden. Die Förderung von Wärmepumpenanlagen sollte nicht an Mindestjahresarbeitszahlen gekoppelt werden, vielmehr müsste die Förderung von Wärmepumpenanlagen auf Qualitätssichernde Maßnahmen aufgebaut werden. Die Qualität von Wärmepumpenanlagen, lässt sich im Wesentlichen auf zwei Teilbereiche zurückführen. Zunächst muss das Gerät bestimmten Leistungskriterien genügen und in zweiter Line ist die

Planung, Dimensionierung und Ausführung der gesamten Anlage wesentlich für die Errichtung einer energieeffizienten Anlage. Daher sollte die Förderung von Wärmepumpenanlagen basierend auf den folgenden Qualitätssichernden Maßnahmen erarbeitet werden:

- EHPA/DACH-Gütesiegel (Qualität der Wärmepumpe)
- EU-Cert. „Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“ (Qualität der Anlage)
- Checklisten/Planungsempfehlungen



Abbildung 35: EU-CERT-HP „Europäischer Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“ und EHPA/DACH-Gütesiegel (EHPA, 2008)

Zusätzlich müssen die nachstehenden Anforderungen eingehalten werden, um einen energieeffizienten Wärmepumpenbetrieb garantiert zu können:

- Anforderungen an den Wärmeschutz des Gebäudes:
 - Niedrigenergie-Baustandard und besser (ausgewiesen über Heizwärmebedarf mit „Gebäudeausweis“, z.B. $\leq 50 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$), berechnet ohne Wärmehückgewinnung)
- Anforderungen an die Heizungsauslegung:
 - Niedertemperatur-Heizungsauslegung:
 - $\leq 35 \text{ }^\circ\text{C}$ im Neubau
 - $\leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$ im Altbau
- Umweltgerechte Planung und Ausführung der Wärmepumpen-Anlage
 - o Sicherstellung der Wärmeregenerierung des Erdreiches bei Erdreich-Wärmepumpen
 - o Wasserrechtliche Genehmigung bei Grundwasser-Wärmepumpen
 - o Wärmepumpe mit EHPA/DACH Gütesiegel
 - o Abnahme der Wärmepumpe durch das ausführende Unternehmen (nach vorgegebener Checkliste, z.B. herausgegeben vom Bundesverband Wärmepumpe oder Leistungsgemeinschaft Wärmepumpe)

Zur Ermittlung der Förderwürdigkeit einer Wärmepumpenanlage könnte folgendes Wärmepumpendatenblatt verwendet werden, das auf die Anlagenparameter und das verwendete Wärmepumpensystem eingeht (Abbildung 36).

Wohnbauförderung Niederösterreich					
Datenblatt WÄRMEPUMPE					
Gebäudetyp	Einfamilien Wohnhaus ☐		Zweifamilien Wohnhaus ☐	Mehrfamilien-Wohnhaus ☐	
Beheizte Wohnfläche, m²				Wohnungen ☐	
Eigentümer					
Name, Adresse, Telefon, E-Mail					
Bewohner					
Name, Adresse, Telefon, E-Mail					
Angaben zum Gebäude					
Heizwärmebedarf		Heizlast		Ermittlung der Gebäudedaten	
kWh/Jahr	kWh/(m², Jahr)	W	W/m²	Gebäudeausweis ☐	
				Schätzung ☐ , Sonstiges ☐ (Beilage)	
Angaben zum Heizungssystem					
Wärmepumpe	Luft/Wasser ☐	Wasser/Wasser ☐	Sole/Wasser ☐	Direktverdampfer/Wasser ☐	Sonstige ☐
Installierte Heizleistung, kW					
Hersteller/Typ					
Betriebsweise	monovalent ☐	bivalent ☐	parallel ☐	Sonstige ☐	
Regelung	Außentemperatur ☐	Raumtemperatur ☐	Zonierung ☐	Sonstige ☐	
Pufferspeicher	ja ☐	Liter:	nein ☐		
Heizwärmeverteilung	Radiatoren ☐	Fußbodenheizung ☐	Wandheizung ☐	Sonstige ☐	
Auslegungstemperatur	50°C/40°C ☐	40°C/30°C ☐	35°C/25°C ☐		
Warmwasserbereitung	Mit Raumheizung ☐	Getrennt von Raumheizung ☐			
		BW-Wärmepumpe ☐	E-Boiler ☐	Solaranlage ☐	Sonstige ☐
EHPA / DACH Gütesiegel	JA - Nein				
zertifizierter Installateur	JA - Nein				
Angaben zur Wärmequellenanlage von Erdreich-Wärmepumpen					
Wärmequellenanlage	Flachkollektor ☐	Erdreich-Sonden ☐	Graben-Kollektor ☐	Sonstige ☐	
Erdreich-Tiefe, m					
Erdreich-Fläche, m²					
Sonden-Abstand, m					
Wärmetauscher-Rohre, m					
Ausführendes Unternehmen Name, Adresse, Telefon, E-Mail					
Abnahme der betriebsbereiten Wärmepumpen-Anlage durch das ausführende Unternehmen (gemäß Abnahmeprotokoll, Beilage)					Ja ☐ Nein ☐
Bestätigung durch das ausführende Unternehmen Ort, Datum, Stempel, Unterschrift					
☐ Zutreffendes bitte ankreuzen					

Abbildung 36: Wärmepumpen Datenblatt (eigene Darstellung)

3.5.5.2 Abwicklung des Förderungsprojektes Wärmepumpen in der Althausanierung

Für den Einsatz der Wärmepumpen-Technik bei der Heizungssanierung in bestehenden Gebäuden müssen zunächst die wesentlichen Bedingungen für einen energieeffizienten Betrieb einer Wärmepumpe geschaffen werden:

- Bautechnische Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste und
- Auslegung des Heizungssystems auf maximale Vorlauftemperaturen von 50 °C. Diese Forderungen können auch mit einer Radiatorheizung realisiert werden.

Der aktuelle Bauzustand in Niederösterreich verlangt nach energietechnischen Sanierungsmaßnahmen, sowohl am Baukörper als auch am Heizungssystem. In Abbildung 37 werden die von der Statistik Austria erhobenen Daten des Mikrozensus 2007 dargestellt. Von den insgesamt ca. 650.000 Hauptwohnsitzen im Jahr 2007 in Niederösterreich wurden 49,8 % vor 1970 errichtet. Erfahrungsgemäß sind Wohnbauten mit einem Baualter über 40 Jahren sanierungsbedürftig. Dies bedeutet, dass 49,8 % der Wohnbauten in den Bereich der Althausanierung entfallen.

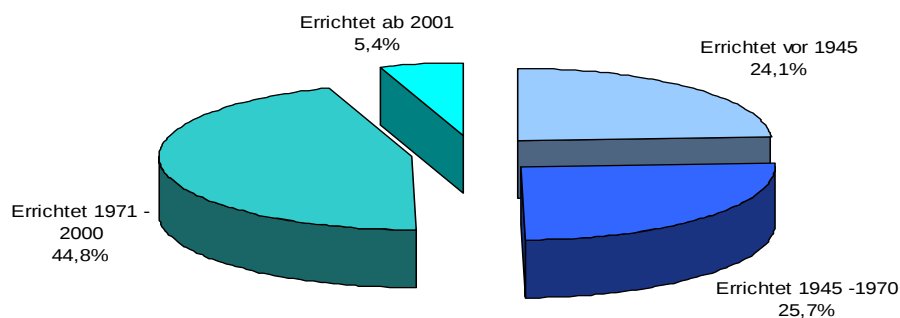


Abbildung 37: Hauptwohnsitze in Niederösterreich nach Bauperioden (Statistik Austria, 2007)

In den niederösterreichischen Gebäuden werden zum größten Teil die Energieträger Erdgas (39,5 %), Holz (26,1 %) und Heizöl (19,3%) eingesetzt (Abbildung 38).

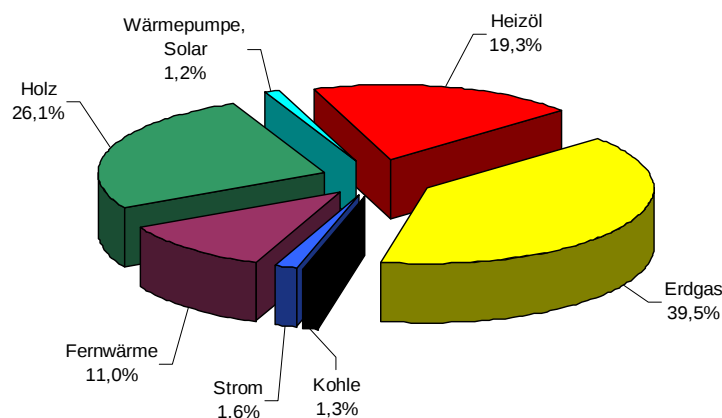


Abbildung 38: Wärmeversorgung der Hauptwohnsitze in Niederösterreich (Statistik Austria, 2007)

Zusammen mit wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle bieten sich auch Wärmepumpen für heizungstechnische Sanierungen an. Als Beispiel soll in Niederösterreich der Ersatz von veralteten Ölkesseln durch Wärmepumpen die Möglichkeiten zur Reduktion des Primärenergie-Einsatzes und der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Wohngebäuden aufzeigen. In Abbildung 39 wird der Ölkesselbestand in Niederösterreich anhand der Mikrozensusdaten der Statistik Austria dargestellt. 49 % der betriebenen Ölkessel wurden vor 1970 installiert und weisen somit ein Baualter von über 25 Jahren auf. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 68.000 Ölkesseln, die durch Wärmepumpen ersetzt werden könnten.

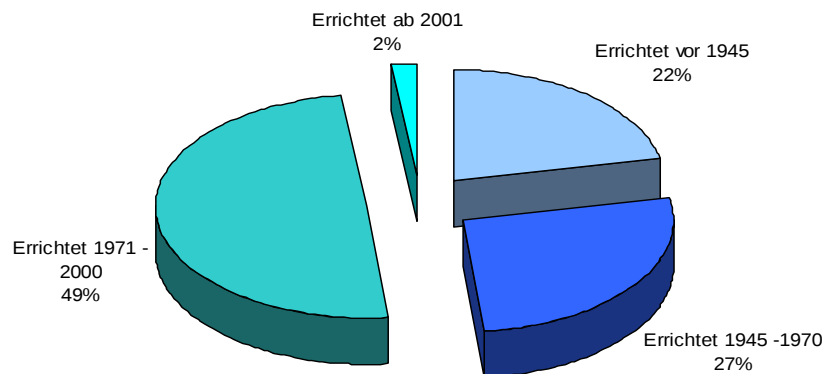


Abbildung 39: Ölkesselbestand nach Baualter in Niederösterreich (Statistik Austria, 2007)

Für die Abschätzung des Reduktionspotenzials hinsichtlich CO₂-Emissionen und Primärenergieeinsatz durch den Ersatz der Ölkessel durch Wärmepumpen werden die Daten der Statistik Austria (Statistik Austria, 2007) herangezogen. Der energetische Endverbrauch in Österreich für den Energieträger Öl betrug im Jahr 2007 447.793 TJ, davon entfallen 23 % auf das Bundesland Niederösterreich. Der Anteil des energetischen Endverbrauchs des Energieträgers Öl beträgt 14 % am gesamten Energieverbrauch der Nutzenergiekategorie „Raumheizung und Klimaanlage“. Mit dem ermittelten Ölkesselbestand (älter 25 Jahre) von 68.000 Anlagen (49 % des Gesamtbestandes) errechnet sich ein mittlerer Ölverbrauch der zu tauschenden Anlagen von 2.900 l/a. Dies entspricht einem jährlichen Heizwärmebedarf von 23.200 kWh bei einem Jahresnutzungsgrad des Ölkessels von 80 %. In Tabelle 12 werden die Vergleichsparameter für Berechnung des Reduktionspotenzials zusammengestellt. Die durch die Austauschaktion installierten Wärmepumpen verursachen einen zusätzlichen Strombedarf, der durch die folgenden Szenarien gedeckt wird:

- Szenario 1: der zusätzliche Strombedarf kann durch den Österreichischen Strommix gedeckt werden
- Szenario 2: der zusätzliche Strombedarf wird durch Stromimporte (UCTE-Strommix) gedeckt

Vergleichsparameter			Quelle
Anlagen älter als 25 Jahre	Stk.	68000	Mikrozensus 2007
Heizwärmebedarf d. Anlagen	kWh/a	23200	Annahme
Jahresnutzungsgrad Ölkessel	%	80	EEG 2006
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	-	3,0	EHPA 2006
CO ₂ Emissionsfaktor Heizöl	g/kWh	311	Faninger 2007
Primärenergiefaktor Heizöl	-	1,13	Faninger 2007
CO ₂ Emissionsfaktor Ö-Strommix	g/kWh	370	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)
Primärenergiefaktor Ö-Strommix	-	1,26	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)
CO ₂ Emissionsfaktor UCTE-Strommix	g/kWh	480	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-EU-25-2000)
Primärenergiefaktor UCTE-Strommix	-	2,49	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-EU-25-2000)

Tabelle 12: Vergleichsparameter für den Ökesseltausch

Für den Betrieb der Wärmepumpen in sanierten Gebäuden wurde eine Arbeitszahl von 3,0 angenommen, dies entspricht der erreichbaren Jahresarbeitszahl von Luft/Wasser-Wärmepumpen in Kombination mit einem Radiatorenheizungssystem (siehe Kapitel 2.1.2) laut EHPA Experten.

Für das Szenario 1 kann ein Reduktionspotenzial für die CO₂-Emissionen von 68 % und für den Primärenergieeinsatz von 70 % gegenüber den bestehenden Ökesselanlagen ermittelt werden, siehe Tabelle 13.

		Ökessel	Wärmepumpen	Reduktion absolut	Reduktion relativ
Ergebnisse: Wärmepumpe betrieben mit Ö-Strommix					
Heizwärmebedarf (Nutzenergie)	GWh/a	1578	1578	-	-
Heizenergiebedarf (Endenergie)	GWh/a	1972	526	1446	73%
CO ₂ Emissionen	t/a	613292	194571	418721	68%
Primärenergieeinsatz	GWh/a	2228	663	1566	70%
Genutzte Umweltwärme	GWh/a	-	1052	-	-

Tabelle 13: Reduktionspotenzial – Wärmepumpen betrieben mit Ö-Strommix (eigene Darstellung)

Durch den Betrieb der Wärmepumpen mit Importstrom (UCTE-Strommix), wie in Szenario 2 beschrieben, errechnet sich ein Reduktionspotenzial für die CO₂-Emissionen von 59 % und für den Primärenergieeinsatz von 41 % gegenüber den bestehenden Ökesselanlagen, siehe Tabelle 14.

		Ökessel	Wärmepumpen	Reduktion absolut	Reduktion relativ
Ergebnisse: Wärmepumpe betrieben mit UCTE-Strommix					
Heizwärmebedarf (Nutzenergie)	GWh/a	1578	1578	-	-
Heizenergiebedarf (Endenergie)	GWh/a	1972	526	1446	73%
CO ₂ Emissionen	t/a	613292	252416	360876	59%
Primärenergieeinsatz	GWh/a	2228	1309	919	41%
Genutzte Umweltwärme	GWh/a	-	1052	-	-

Tabelle 14: Reduktionspotenzial – Wärmepumpen betrieben mit UCTE-Strommix (eigene Darstellung)

In beiden Szenarien können jährlich durch den Einsatz von Wärmepumpen 1.052 GWh Umweltwärme genutzt werden und somit ein Betrag zur Nutzung Erneuerbarer Energien geleistet werden. Der zusätzliche jährliche Strombedarf von 526 GWh bedeutet einen Anstieg des energetischen Endverbrauches des Energieträgers Strom in Niederösterreich von 5 % bei einer gleichzeitigen Reduktion des Primärenergiebedarfes von 70 % in Szenario 1 und 41 % in Szenario 2.

3.6 Wohnbauförderung in Niederösterreich

Die NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien sind am 1. Jänner 2006 in Kraft getreten. Für alle Förderungssektoren sind energetische Mindeststandards mit der Intention, die Emission von Treibhausgasen signifikant zu reduzieren, festgelegt. Die energetische Ausführung bzw. Sanierung des Gebäudes (Energiekennzahl) bleibt ein wesentliches Kriterium zur Bemessung der Förderung. Im Sinne einer Gesamtenergieeffizienz, eines nachhaltigen Wohnbaus und im Interesse der Schonung von Ressourcen werden verstärkt ökologische Aspekte berücksichtigt. Die Förderungsausrichtung bewirkt einen gesteigerten Einsatz erneuerbarer Energieträger. Die NÖ Wohnungsförderung setzt ihren Schwerpunkt im Bereich der Sanierung. Sanierung und Neubau stehen einander in einem Verhältnis von 2 zu 1 gegenüber. Die Neubauförderung darf jedoch nicht vernachlässigt werden da der Neubau die Schadstoffemissionen von morgen bewirkt (NÖ-Energiebericht 2007).

Anhand der von der niederösterreichischen Wohnbauförderung zur Verfügung gestellten Daten können die in den letzten Jahren geförderten Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) und die installierten Wärmepumpenanlagen ermittelt werden. Wie in Abbildung 40 dargestellt, stieg die Anzahl geförderter Wärmepumpenanlagen in den vergangenen Jahren in den Bereichen Neubau und Sanierung kontinuierlich.

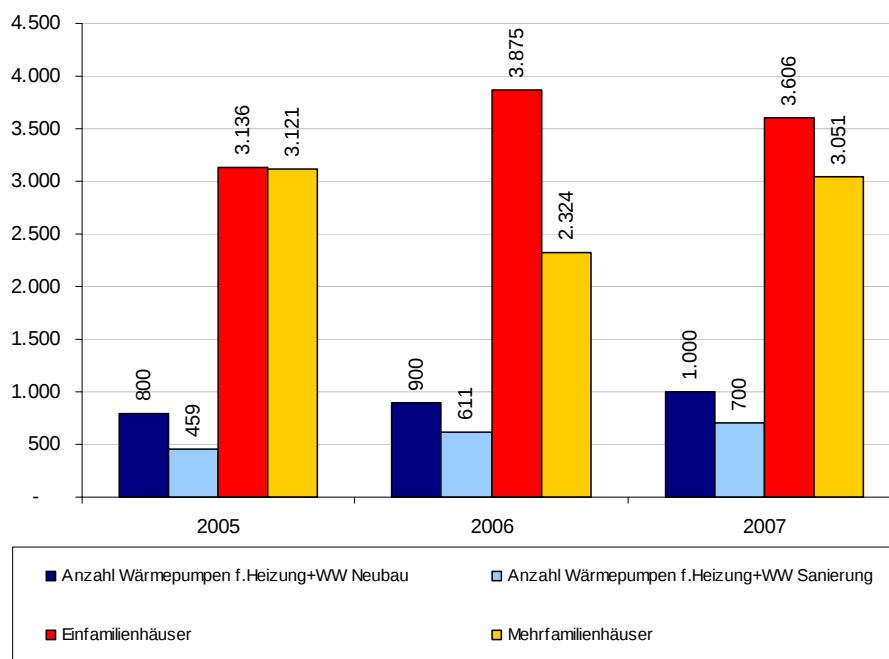


Abbildung 40: Geförderte EFH, MFH und Wärmepumpenanlagen (NÖ-Energiebericht 2007)

3.6.1 Energiekennzahlen

Im Jahr 2007 wurden in Niederösterreich 3.606 Einfamilienhäuser gefördert. Die durchschnittliche Energiekennzahl, die im Zuge der Förderung ermittelt wurde, lag bei 41 kWh/m² a. Auffällig ist die Verteilung der im Jahr 2007 geförderten Bauvorhaben, da der Großteil der Einfamilienhäuser (45,9 %) eine Energiekennzahl zwischen 46 und 50 kWh/m² a erreichen (Abbildung 41). Die Grenze für die Förderung liegt bei einer maximalen Energiekennzahl von 50 kWh/m² a (NÖ-Energiebericht 2007).

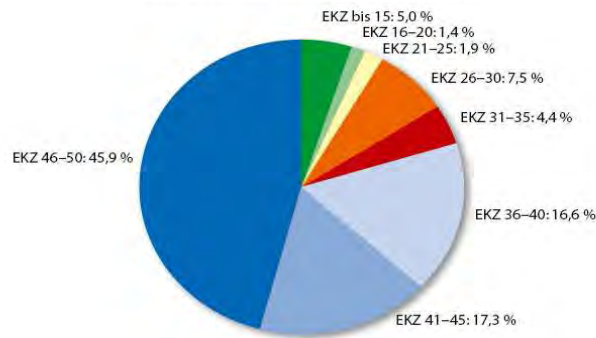


Abbildung 41: Verteilung der Energiekennzahlen für EFH (NÖ-Energiebericht 2007)

Im Bereich der Mehrfamilienhäuser wurden im Jahr 2007 3.051 Wohneinheiten gefördert. Der durchschnittliche standortbezogene Heizwärmebedarf im geförderten Wohnungsbau beträgt 23,29 kWh/m² a (Abbildung 42). Die niedrigeren Energiekennzahlen im Mehrfamilienhausbereich können durch ein günstigeres Außenfläche zu Volumen-(A/V)-Verhältnis erklärt werden.

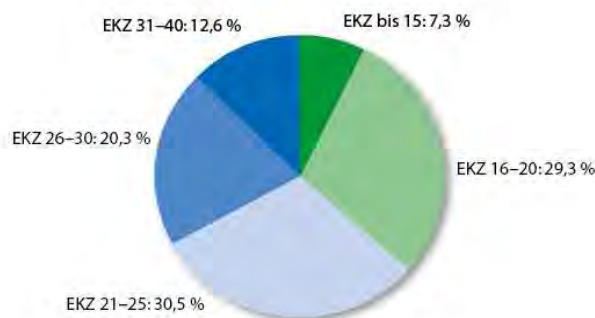


Abbildung 42: Verteilung der Energiekennzahlen für Wohnbau (NÖ-Energiebericht 2007)

3.6.2 CO₂-Emissionsreduktion

Aus den Datenerhebungen der Bundesländer-Luftschadstoffinventur 1990 – 2006 des Umweltbundesamtes geht hervor, dass die Maßnahmen der Wohnbauförderung in Niederösterreich positive Ergebnisse erzielt haben. Bei steigender Bevölkerungsanzahl, Zunahme von Hauptwohnsitzen und größerer durchschnittlicher Wohnnutzfläche konnten die CO₂-Emissionen reduziert werden (Abbildung 43).

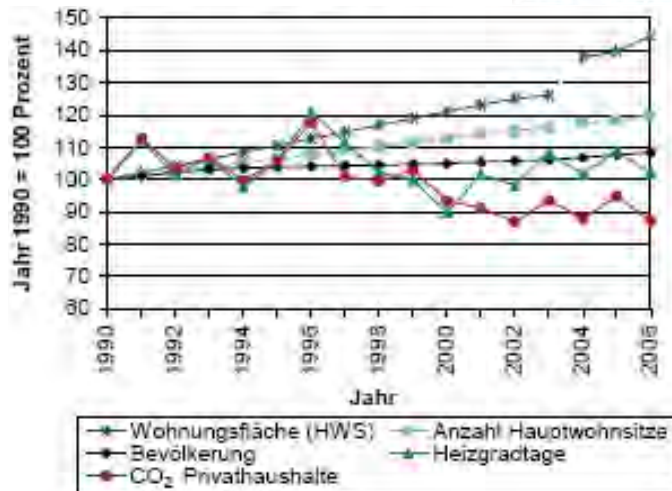


Abbildung 43: Trend der CO₂-Emissionen niederösterreichischer Haushalte (UBA, 2008b)

Abbildung 44 zeigt, dass die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2006 um 13 % gesunken sind. Der Endenergieverbrauch pro m² verringerte sich trotz steigender Zahl der Haushalte und durchschnittlicher Wohnungsgröße. Außerdem hatten der Wechsel von Kohle und Heizöl zu Erdgas sowie der Ausbau der Fernwärme positive Auswirkungen auf die Emissionen (UBA, 2008b).

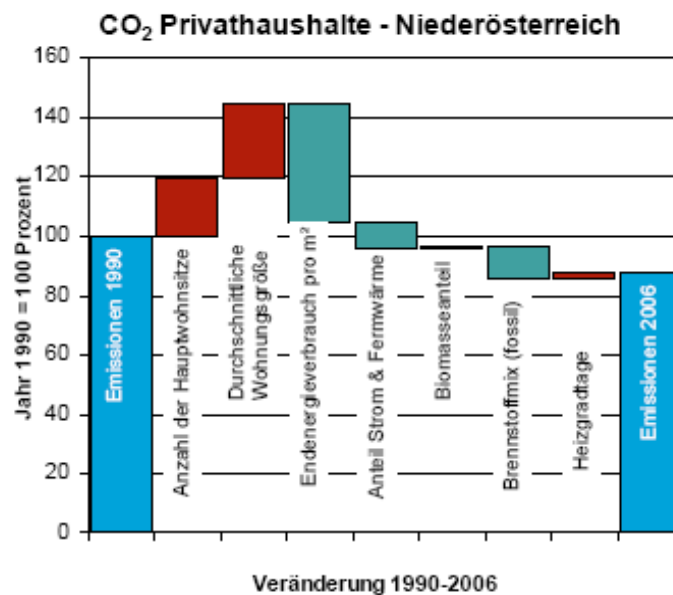


Abbildung 44: Komponentenzersetzung der CO₂-Emissionen (UBA 2008b)

Im Bundesländervergleich bezüglich der Emissionsreduktion durch die Wohnbauförderung liegt Niederösterreich mit einer CO₂-Reduktion von 105.000 Tonnen gemäß Klimaschutzbericht 2008 des Umweltbundesamtes im Jahr 2006 an 2. Stelle. Dies entspricht einem Anteil von 26 % an der gesamten CO₂-Reduktion im Jahr 2006 (Tabelle 15).

	Bgl	Ktn	NÖ	OÖ	Sbg	Stmk	T	Vbg	W	Ö
gesamte CO ₂ -Reduktion in kt	5	50	105	125	30	20	20	10	40	406
Anteil an der gesamten CO ₂ -Red.	1%	12%	26%	31%	7%	5%	5%	2%	10%	100%

Tabelle 15: Emissionsreduktion durch Wohnbauförderung (UBA 2008a)

Das Land Niederösterreich hat sich folgende Ziele zur weiteren Verfolgung der Klimastrategie und zur weiteren Emissionsreduktion mittels der Wohnbauförderung gesetzt (NÖ-Energiebericht 2007):

- Absenkung und somit Verbesserung der durchschnittlich erreichten Energiekennzahl
- Verstärkung ökologischer Effekte im Sinne der angestrebten Nachhaltigkeit (umweltschonende Heizsysteme)
- etwaige erforderliche Adaptierung der Förderung auf Grund der EU-Gebäuderichtlinie

3.6.3 CO₂-Einsparungskosten am Beispiel Wohnbauförderung

In diesem Kapitel werden Wärmepumpen und Pelletskesseln hinsichtlich ihrer CO₂-Einsparungskosten verglichen. Als Basis für den Vergleich werden die in Kapitel 3.5.2.2 definierten Parameter bezüglich Jahresarbeitszahl, Jahresnutzungsgrad und Heizwärmebedarf herangezogen.

In Niederösterreich erfolgt die Förderung für die Errichtung eines neuen Einfamilienhauses über ein Punktesystem. Im Zuge dieses Systems werden für die Installation von Pelletskesseln 25 Punkte und für die Errichtung einer Wärmepumpenanlage 12 Punkte vergeben. Für jeden Punkt erhält der Förderwerber 300 € Darlehen, wodurch für Pelletsanlagen 7500 € und für Wärmepumpen 3600 € an Förderkosten für die Förderstelle entfallen. In Tabelle 16 werden die im Zuge der Wohnbauförderung für die Errichtung von Einfamilienhäusern geförderten Anlagen für Biomasse und für Wärmepumpen bzw. Fernwärme dargestellt.

Geförderte Wohneinheiten			
Maßnahmen:		2007	2008
1.	Heizungsanlage mit erneuerbarer Energie bzw. biogene Fernwärme	932	944
2.	Monovalente Wärmepumpe oder Anschluss an Fernwärme aus Kraftwärmekoppelungsanlagen	981	911
3.	Raumlufunabhängiger Kachelofen	78	65
4.	Kontrollierte Wohnraumlüftung	1.041	1.128
5.	Solaranlage oder Wärmepumpenanlage für Warmwasser *)	21	21
6.	Ökologische Baustoffe	3.252	3.210
7.	Beratung, Berechnung	3.501	3.297
8.	Regenwassernutzung	497	495
9.	Begrüntes Dach	109	113
10.	Garten-, Freiraumgestaltung	2.837	2.739

*) Dieses Förderungsangebot betrifft Eigenheime, die in Geschoßwohnbauweise errichtet werden. Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungen in Eigenheimen werden sonstigenfalls nach den gesonderten Bestimmungen durch Zuschüsse gefördert.

Tabelle 16: Energie- und umweltrelevante Förderungskomponenten (Hofbauer, 2008)

Für die im Jahr 2008 in Niederösterreich geförderten 944 Pelletsanlagen und 911 Wärmepumpenanlagen wurden vom Fördergeber, dem Land Niederösterreich, für die Pelletsanlagen 7.080.000 €, für die Förderung von Wärmepumpen 3.279.600 € in Form von Darlehen im Zuge des Punktesystems bereitgestellt.

Als Vergleichsbasis für die nachfolgend dargestellte CO₂-Einsparung werden Ölkessel herangezogen. Bei einem Betrieb von Pelletskesseln mit einem Jahresnutzungsgrad von 80% können die CO₂-Emissionen gegenüber Ölkesseln um 91 % reduziert werden. Die CO₂-Einsparung durch Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 4 beträgt je nach verwendetem Strommix zwischen 65 % und 99 %.

In Abbildung 45 werden die gesamten Förderkosten des Jahres 2008 für Pelletsanlagen sowie Wärmepumpen der erzielten CO₂ Einsparung gegenübergestellt, wobei in der ersten Säule die Anteile der Systeme an den Förderkosten und in den Säulen zwei bis vier die Anteile an der CO₂-Emissionsreduktion dargestellt werden.

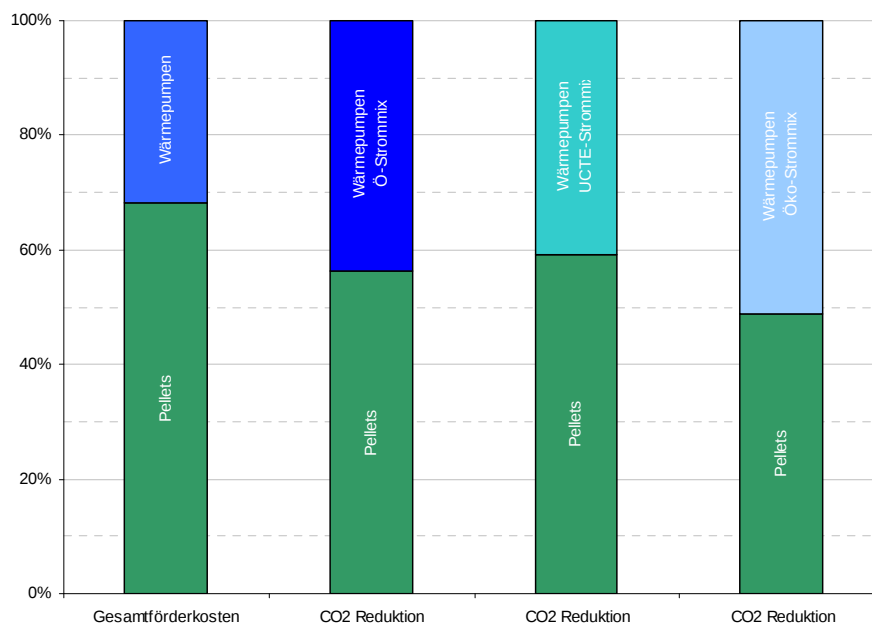


Abbildung 45: Anteil der Pelletsanlagen und Wärmepumpenanlagen an den Förderkosten und der CO₂-Reduktion (eigene Darstellung)

Es zeigt sich, dass Wärmepumpensysteme mit einem Anteil von 32% an den Gesamtkosten der geförderten Heizungssysteme, je nach Strommix, einen Beitrag von 41% bis 51% an der CO₂-Emissionsreduktion aufweisen.

3.7 Fazit Sensitivitätsanalyse

Die Maßnahmen der niederösterreichischen Wohnbauförderung können als erfolgreich bezeichnet werden. So lag Niederösterreich im Jahr 2006 mit einer CO₂-Reduktion von 105.000 Tonnen österreichweit an zweiter Stelle. Zurückzuführen ist dieser Erfolg vor allem auf den Wechsel von Kohle und Heizöl zu Erdgas sowie den Ausbau der Fernwärme. Auch Wärmepumpen lieferten einen maßgeblichen Beitrag. So lag ihr Beitrag an der CO₂-Emissionsreduktion im Jahr 2008 mit einem Anteil von 32% an den Gesamtkosten der geförderten Heizungssysteme, je nach Strommix, im schlechtesten Fall bei 41% (Ö-Strom-Mix), im günstigsten Fall (Öko-Strom-Mix) bei 51%.

Nachdem Niederösterreich 2007 über einen Bestand von 68.000 Ölkessel verfügt, die älter als 25 Jahre sind, und damit in den nächsten Jahren ersetzt werden müssen, besteht im Heizungssegment ein enormes Einsparpotenzial. Wie Analysen im Rahmen dieser Studie gezeigt haben, führt der Ersatz von Öl- und Gaskessel durch Wärmepumpen bzw. Pelletskessel zu hohen Einsparungen sowohl hinsichtlich Primärenergiebedarf als auch CO₂ Emissionen. So können in Niederösterreich, je nach Stromart, zwischen 68 und 59% Einsparung bei den CO₂-Emissionen, sowie zwischen 41 und 70% Reduktion beim Primärenergieverbrauch gegenüber bestehenden Kesselanlagen erzielt werden. In beiden Szenarien können jährlich durch den Einsatz der Wärmepumpe 1.052 GWh Umweltwärme genutzt werden und somit ein wesentlicher Beitrag zur Nutzung Erneuerbarer Energien geleistet werden.

Bei der Gestaltung der zukünftigen Förderrichtlinien ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von Wärmepumpen im Sanierungsbereich nur unter bestimmten Rahmenbedingungen sinnvoll ist. So müssen Qualitätssichernde Anforderungen und Voraussetzungen geschaffen werden, wobei dabei vor allem die Qualität der Anlage (EU-Cert „Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“) als auch die Qualität der Wärmepumpe (EHPA Gütesiegel) zu berücksichtigen sind. Weitere Bedingungen für einen energieeffizienten Betrieb sind bautechnische Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste und die Auslegung des Heizungssystems auf maximale Vorlauftemperaturen von 50°C.

4 Monitoring von Wärmepumpenanlagen

Im Zuge des Projektes wurden Feldmessungen an Wärmepumpenanlagen in Niederösterreich durchgeführt um empfohlene JAZ und bereits durchgeführte Feldmessungen überprüfen zu können.

4.1 Kriterien für die Auswahl der Anlagen

Die Auswahl der Anlagen erfolgte nach dem Standort, Gebäudegröße, Gebäudetype, Anzahl der Bewohner und Wärmequellentyp, damit die untersuchten Anlagen den Förderkriterien der NÖ-Wohnbauförderung entsprechen. Zusätzlich wurde ein Augenmerk auf die Fertigstellung der Anlagen gelegt, so konnte verhindert werden, dass die Messergebnisse durch unfertige Gebäude und untypische Benutzerverhalten beeinflusst werden.

Für die Feldmessungen wurden 6 Einfamilienhäuser sowie ein Mehrfamilienhaus ausgewählt. Dabei handelt es sich um für Niederösterreich typische Anlagen:

- 3 Luft/Wasser Wärmepumpenanlagen
- 3 Sole/Wasser Wärmepumpenanlagen
- 1 Wasser/Wasser Wärmepumpenanlage

Nachfolgende Abbildung 46 veranschaulicht die geografische Lage der ausgewählten Wärmepumpenanlagen.



Abbildung 46: Übersicht der Anlagen in Niederösterreich

4.2 Beschreibung der Anlagen

Nachfolgend werden die ausgewählten und untersuchten Wärmepumpenanlagen charakterisiert

4.2.1 Anlage Nr. 1 – Weinzierl am Walde

Angaben zum Einfamilienhaus

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 295 m². Die Anlage wurde im September 2004 in Betrieb genommen.

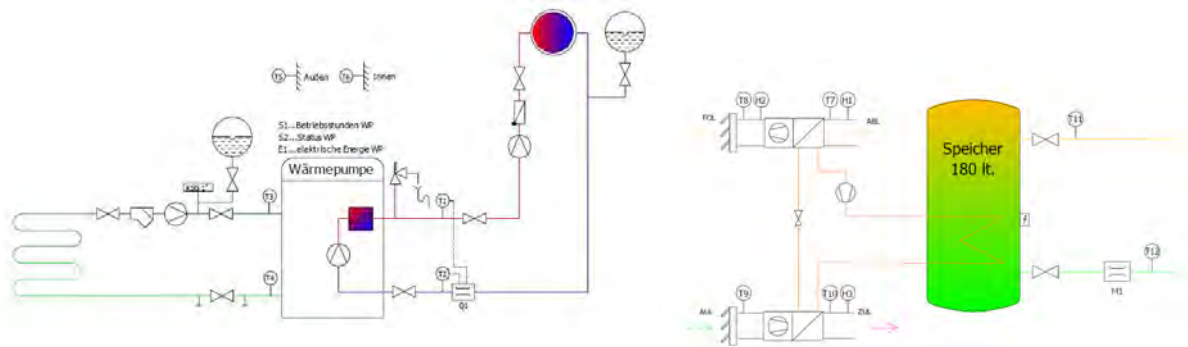


Abbildung 47: Anlagenplan, Weinzierl am Walde

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine Erdreich- Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 2,35 kg des Kältemittels R407C betrieben und arbeitet mit einem Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt B0/W35, bei einer Spreizung von 5 K in der WNA, eine Heizleistung von 11,8 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und ist ohne Puffer in das Heizsystem eingebunden. In der WNA wird eine Umwälzpumpe mit einer elektrischen Leistung von 67 W verwendet.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die WQA ist als Flachkollektor ausgeführt. Auf der Kollektorfläche von 380 m² sind 16 parallel geschaltete Kollektorkreise zu je 75 m Rohrlänge in einer Tiefe von 1,4 m unter der Geländeoberkante verlegt. Der Rohrdurchmesser der Kollektorkreise beträgt 20 mm. Die geplante spezifische Entzugsleistung aus dem Kollektor beträgt 25 W/m². Zur Umwälzung der Sole wurde eine Umwälzpumpe mit einer Elektrischen Leistung von 115 W eingesetzt.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird in Kombination mit der kontrollierten Wohnraumlüftung bereit. Dazu wird ein Wohnraumlüftungsgerät aktiver Wärmerückgewinnung eingesetzt. Das Gerät ist mit einem Warmwasser-Speichervolumen von 180 Liter und einer 1 kW elektrischen Zusatzheizung ausgestattet. Die eingestellte Warmwassertemperatur betrug 55 °C.

4.2.2 Anlage Nr. 2 - Lengenfeld

Angaben zum Einfamilienhaus

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 210 m². Die Anlage wurde im Dezember 2006 in Betrieb genommen.

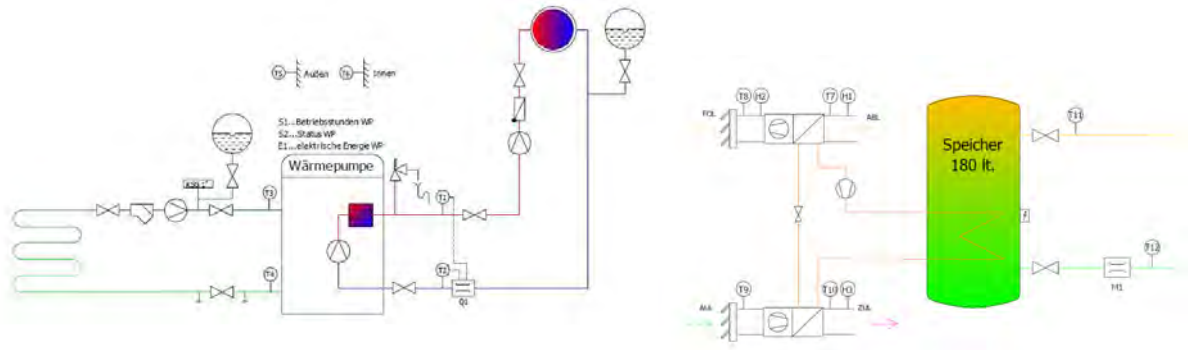


Abbildung 48: Anlagenplan, Lengenfeld

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine Erdschicht-Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 2,35 kg des Kältemittels R407C betrieben und arbeitet mit einem Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt B0/W35, bei einer Spreizung von 5 K in der WNA, eine Heizleistung von 11,8 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und ist ohne Puffer in das Heizsystem eingebunden. In der WNA wird eine Umwälzpumpe mit einer elektrischen Leistung von 93 W verwendet.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die WQA ist als Einfach-U-Tiefensonde ausgeführt. Es wurden 2 Tiefensonden mit einer Tiefe von jeweils 76 m installiert. Der Rohrdurchmesser der Tiefensonde beträgt 40mm. Die geplante spezifische Entzugsleistung aus den Sonden beträgt 61 W/m. Zur Umwälzung der Sole wurde eine Umwälzpumpe der Type Wilo Stratos 30/1-8 mit einer elektrischen Leistung von 130 W eingesetzt.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird in Kombination mit der kontrollierten Wohnraumlüftung bereit. Dazu wird ein Wohnraumlüftungsgerät aktiver Wärmerückgewinnung eingesetzt. Das Gerät ist mit einem Warmwasser-Speichervolumen von 180 Liter und einer 1 kW elektrischen Zusatzheizung ausgestattet. Die eingestellte Warmwassertemperatur betrug 55 °C.

4.2.3 Anlage Nr. 3 - Behamberg

Angaben zum Einfamilienhaus

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 190 m². Die Anlage wurde im Juni 2004 in Betrieb genommen.

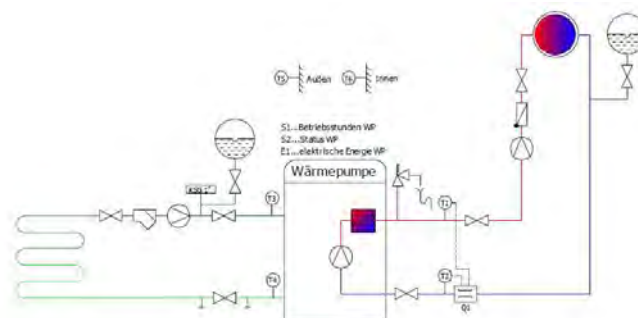


Abbildung 49: Anlagenplan, Behamberg

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine Erdreich- Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 1,95 kg des Kältemittels R407C betrieben und arbeitet mit einem Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt B0/W35, bei einer Spreizung von 10 K in der WNA, eine Heizleistung von 8 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und ist ohne Puffer in das Heizsystem eingebunden. In der WNA wird eine Umwälzpumpe mit einer elektrischen Leistung von 90 W verwendet.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die WQA ist als Flachkollektor ausgeführt. Auf der Kollektorfläche von 200 m² sind 8 parallel geschaltete Kollektorkreise zu je 75 m Rohrlänge in einer Tiefe von 1,3 m unter der Geländeoberkante verlegt. Der Rohrdurchmesser der Kollektorkreise beträgt 20mm. Die geplante spezifische Entzugsleistung aus dem Kollektor beträgt 31 W/m². Zur Umwälzung der Sole wurde eine Umwälzpumpe der Type Wilo Top30/7 mit einer Elektrischen Leistung von 400 W eingesetzt.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird durch einen Elektrowarmwasserspeicher mit einer elektrischen Leistung von 4 kW auf Stufe 1 und 6kW auf Stufe 2 bereit. Dieser wurde aufgrund der Unabhängigkeit von der Wärmepumpe nicht vermessen.

4.2.4 Anlage Nr. 4 – St. Peter i.d. Au

Angaben zum Zweifamilienhaus

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 264 m². Die Anlage wurde im Jahr 2005 in Betrieb genommen.

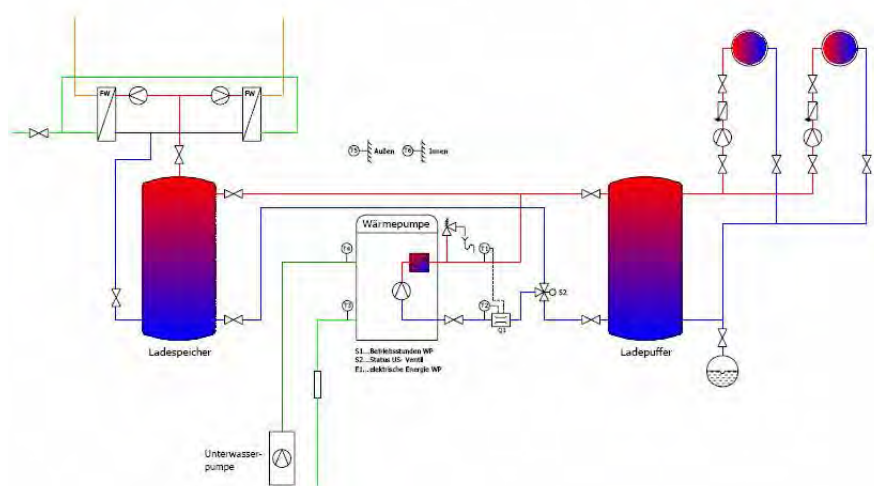


Abbildung 50: Anlagenplan, St. Peter in der Au

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine Wasser/Wasser- Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 2,65 kg des Kältemittels R407C betrieben und arbeitet mit einem Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt W10/W35, bei einer Spreizung von 10 K in der WNA, eine Heizleistung von 19,4 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und ist ohne Puffer in das Heizsystem eingebunden. In der WNA wird eine Umwälzpumpe mit einer elektrischen Leistung von 90 W verwendet.

WQA (Wärmequellenanlage):

Als Wärmequelle dient das Grundwasser. Dieses wird aus einem Brunnen gefördert und anschließend in einem Sickerbrunnen wieder im Erdreich versickert.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird von der Heizungswärmepumpe bereit. Zur Wärmespeicherung wird ein Ladespeicher von 500 l aufgeladen. Dieser wird zur direkten Erwärmung des Trinkwassers im Durchlaufprinzip in zwei Warmwassermodule herangezogen. Für jede Wohneinheit wurde ein Warmwassermodule installiert.

4.2.5 Anlage Nr. 5 – Bad Vöslau

Angaben zum Einfamilienhaus

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 166 m². Die Anlage wurde im Jahr 2004 in Betrieb genommen.

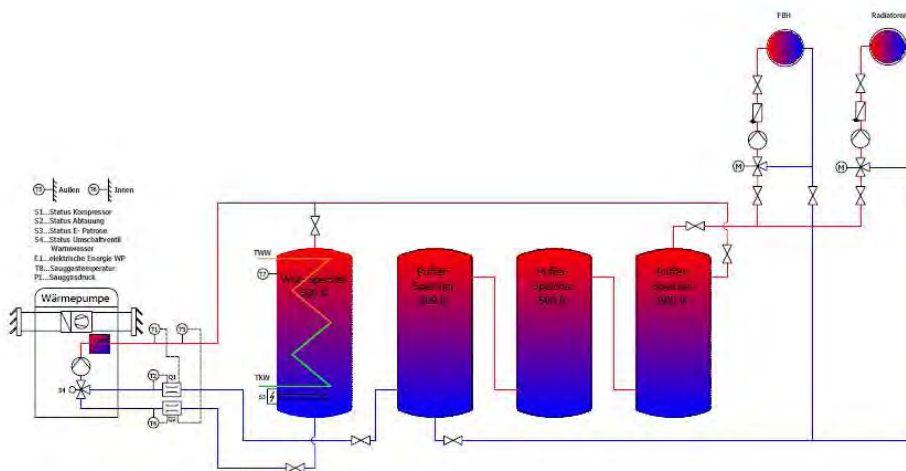


Abbildung 51: Anlagenplan, Bad Vöslau

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine Luft/Wasser- Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 4,1 kg des Kältemittels R407C betrieben und arbeitet mit einem Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt A2/W35, bei einer Spreizung von 10 K in der WNA, eine Heizleistung von 10,3 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und ist mittels Pufferspeicher in das Heizsystem eingebunden.

In der WNA wird eine Umwälzpumpe Grundfoss UPS25-40 mit einer elektrischen Leistung von 45 W auf Stufe 2 im Fußbodenheizungskreis verwendet. Das Heizungswasser im Radiatorenheizungskreis wird mit einer Umwälzpumpe Grundfoss UPS25-40 mit einer elektrischen Antriebsleistung von 30W auf Stufe 1. Die Ladung des Pufferspeichers erfolgt mit einer Umwälzpumpe der Type Wilo RS25/6-1 mit einer elektrischen Antriebsleistung von 93 W.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die verwendete Wärmepumpe ist als innen aufgestelltes Kompaktgerät ausgeführt und verwendend die Außenluft als Wärmequelle. Die Außenluft wird über einen 2 m langen Flexschlauch aus Kunststoff mit einem Durchmesser von 500 mm angesaugt.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird ebenfalls durch die Heizungswärmepumpe bereit. Die Wärmespeicherung erfolgt in einem 500 Liter Heizungswasserpuffer. Die Erwärmung des Trinkwassers erfolgt im Durchlaufprinzip in einem innen liegenden Rohrwärmetauscher. Für die Warmwasserbereitung ist als Zusatzheizung eine 6 kW E-Patrone vorgesehen.

4.2.6 Anlage Nr. 6 - Kleinmeiseldorf

Angaben zum Zweifamilienhaus

Bei dem Gebäude mit einer Bruttogeschoßfläche von 500 m² handelt es sich um einen sanierten Altbau. Die Wärmepumpenanlage wurde im Jänner 2007 in Betrieb genommen.

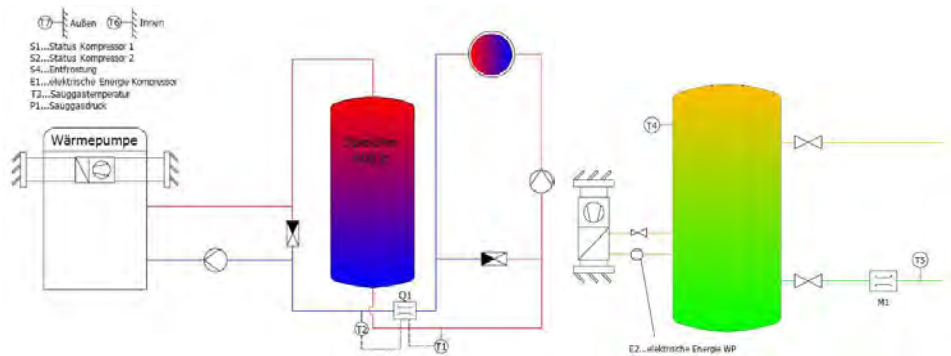


Abbildung 52: Anlagenplan, Kleinmeiseldorf

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine außen aufgestellte Luft/Wasser- Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 12,2 kg des Kältemittels R404A betrieben und arbeitet mit zwei parallel geschalteten Scrollverdichtern. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt A2/W35, bei einer Spreizung von 10 K in der WNA, eine Heizleistung von 33 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und besitzt einen Pufferspeicher von 400l. Die Wärmeabgabe an die Wohnräume erfolgt über die bestehenden Radiatoren.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die verwendete Wärmepumpe ist eine außen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe. Der Wärmeentzug aus der Luft erfolgt über Direktverdampfung des Kältemittels im Luftwärmeübertrager.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird durch eine separate bereits vorhandene 20 Jahre alte Luft/Wasser-Warmwasserwärmepumpe unabhängig von der Heizungswärmepumpe bereit. Als Wärmequelle wird die Raumluft im Technikraum des Gebäudes verwendet.

4.2.7 Anlage Nr. 7 - Atzenbrugg

Angaben zur Wohnhausanlage

Das Gebäude hat eine Bruttogeschoßfläche von 1263 m². Die Anlage wurde im Jänner 2007 in Betrieb genommen.

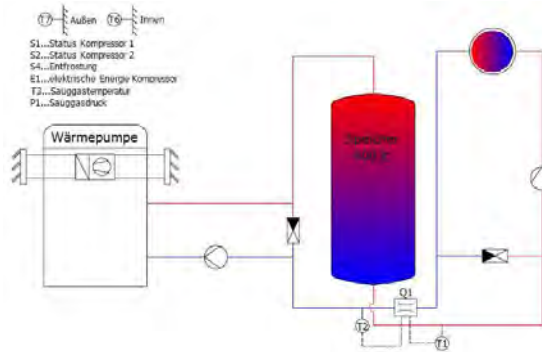


Abbildung 53: Anlagenplan, Atzenbrugg

Wärmepumpenaggregat:

In der Anlage wurde eine außen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe installiert. Diese wird mit 12,2 kg des Kältemittels R404A betrieben und arbeitet mit zwei parallel geschalteten Scrollverdichter. Laut Herstellerangaben weist die Wärmepumpe im Arbeitspunkt A2/W35, bei einer Spreizung von 5 K in der WNA, eine Heizleistung von 33 kW auf.

WNA (Wärmenutzeranlage):

Die Anlage wird monovalent betrieben und besitzt einen Pufferspeicher von 400l. Die Wärmeabgabe an die Wohnräume erfolgt über Fußbodenheizung.

WQA (Wärmequellenanlage):

Die verwendete Wärmepumpe ist eine außen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe. Der Wärmeentzug aus der Luft erfolgt über Direktverdampfung des Kältemittels im Luftwärmeübertrager.

Warmwasserbereitung:

Das Warmwasser wird dezentral durch separate Brauchwasserwarmwasserwärmepumpen welche gleichzeitig die Lüftungsfunktion übernehmen, unabhängig von der Heizungswärmepumpe in den einzelnen Wohneinheiten bereit. Als Wärmequelle wird die Abluft aus den Wohnungen genutzt.

4.3 Durchführung der Feldmessungen

4.3.1 Methodik der Datenerfassung und Auswertung

Beim standardisierten AIT-Monitoring werden, neben der aufgenommenen elektrischen Energie und der abgegebenen Wärmeenergie, noch weitere wichtige, zur Beurteilung der Anlage aussagekräftige, Zustände aufgezeichnet und in die Analyse miteinbezogen.

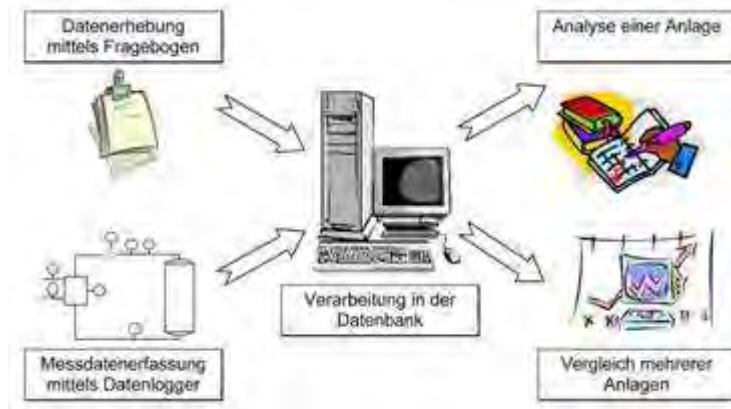


Abbildung 54: AIT- Monitoring

Das Monitoring ist in drei Stufen gegliedert.

1. Um alle erforderlichen Daten zu berücksichtigen, welche nicht im Rahmen der Datenerfassung gemessen werden können, füllt jeder Installateur zu jeder seiner Anlagen einen Fragebogen aus.
2. Weiters werden mit Datenloggern Messwerte von der Anlage automatisch erfasst und mittels eines GSM-Modems an den Monitoring - Server im AIT weitergeleitet.
3. Im letzten Schritt werden die Daten mittels einer dafür entwickelten Datenbank ausgewertet und analysiert.

4.3.2 Durchführungszeitraum

Die Feldmessungen fanden im Zeitraum von 1.11.2007 bis 31.3.2009 statt.

Anlage	Zeitraum
1	1.12.2007 – 1.12.2008
2	1.12.2007 – 1.12.2008
3	1.11.2007 – 1.11.2008
4	1.11.2007 – 1.11.2008
5	7.10.2007 – 7.10.2008
6	7.10.2007 – 7.10.2008
7	1.11.2008 – 31.3.2009

Anlage 7 konnte erst zu einem späten Zeitpunkt im Projekt gestartet werden, dadurch war es nicht möglich ein ganzes Jahr zu messen. Durch die Aufzeichnung der Messdaten von November 08 bis März 09 konnte zumindest der Heizbetrieb der Anlage analysiert werden.

4.4 Auswertung der Daten

Die untersuchten Wärmepumpenanlagen werden nachfolgend insbesondere hinsichtlich folgender Aspekte einander gegenüber gestellt:

- Vergleich der berechneten Heizlast mit der Kapazität der gewählten Wärmepumpe
- Spezifische Heizlasten der untersuchten Gebäude
- Vergleich der berechneten mit den gemessenen Energiekennzahlen
- Berechnung des Heizwärme- und Brauchwasserwärmebedarfes
- Darstellung der mittleren Raum-, Heizungsvorlauf- sowie Wärmequellentemperaturen im Heizbetrieb
- Darstellung der Jahresarbeitszahlen der untersuchten Anlagen

4.4.1 Monitoringergebnisse

Wie aus Tabelle 17 und Abbildung 55 hervorgeht, wurden bei fast allen untersuchten Wärmepumpenanlagen, mit Ausnahme der Anlagen 1 und 7, Wärmepumpen mit größeren Leistungen installiert, als es aufgrund der Heizlastberechnung notwendig gewesen wäre. Es wird angenommen, dass bei den Anlagen für den kombinierten Betrieb (Brauchwasserbereitung und Raumheizung) Wärmepumpen mit größerer Leistung ausgewählt wurden, um den Wärmebedarf der Brauchwasserbereitung mit der Heizungswärmepumpe decken zu können. Eine weitere Begründung für die Überdimensionierung können „Sicherheitszuschläge“ sein. Beides hat nichts mit exakter Anlagenplanung zu tun und sollte daher vermieden werden.

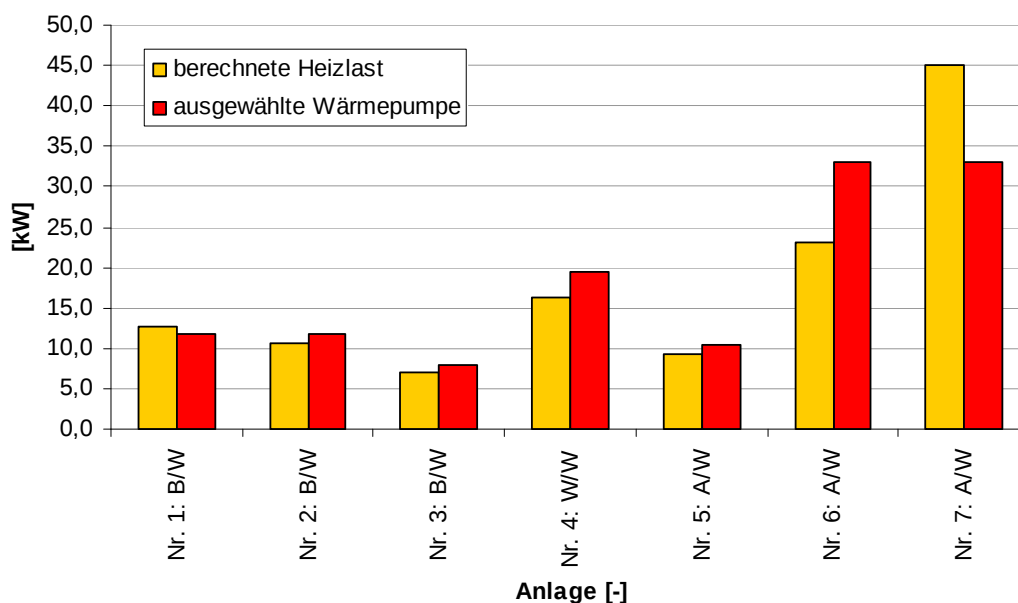


Abbildung 55: Vergleich der berechneten Heizlast und der gewählten Wärmepumpe

Objekt	Nr.	-	Nr. 1: B/W	Nr. 2: B/W	Nr. 3: B/W	Nr. 4: W/W	Nr. 5: A/W	Nr. 6: A/W	Nr. 7: A/W
	spezifische Heizlast	W/m ²	43	50	37	61	58	46	36
	Heizlast	kW	12,7	10,6	7,0	16,2	9,3	23,0	45,0
	beheizte Fläche	m ²	295	210	190	264	160	500	1263
	Energiekennzahl	kWh/m ² a			45	50			
	Bauweise	-	mittel	mittel	leicht	mittel	mittel	mittel	mittel
	Fertigstellung	-	2006	2004	2004	2004	2004	2007	2007
Wärmepumpe	Heizleistung Wärmepumpe	kW	11,8	11,8	8,0	19,4	10,3	33,0	33,0
	A/W	-					x	x	x
	B/W	-	x	x	x				
	W/W	-				x			
	DX/W	-							
Wärmequelle	Flachkollektor	-	x		x				
	Erdwärmesonde	-		x					
Wärmenutzeranlage	Fußbodenheizung	m ²	295,0	207,0	145,0	241,0	115,0		1263,0
	Wandheizung	m ²		10,0					
	Radiatoren	-						x	
	Warmwasserbereitung mit Heizungswärmepumpe	-				x	x		
	Warmwasserbereitung mit zusätzlichem System	-	x	x	x			x	x
	Wohnraumlüftung	-	x	x	-	-	-	-	x

Tabelle 17: Übersicht über die Anlagen des Monitorings

Nachdem Gebäude mit einer berechneten spezifischen Heizlast von $\leq 40 \text{ W/m}^2$ als Niedrigenergiehäuser bezeichnet werden können, unterteilen sich die gemessenen Anlagen in die zwei Gruppen „Niedrigenergiehäuser“ sowie „Standardhäuser“. Wie aus nachfolgender Abbildung ersichtlich, zählen nur die Anlagen 3 und 7 zur Kategorie der Niedrigenergiehäuser; bei allen anderen untersuchten Anlagen handelt es sich um Standardhäuser.

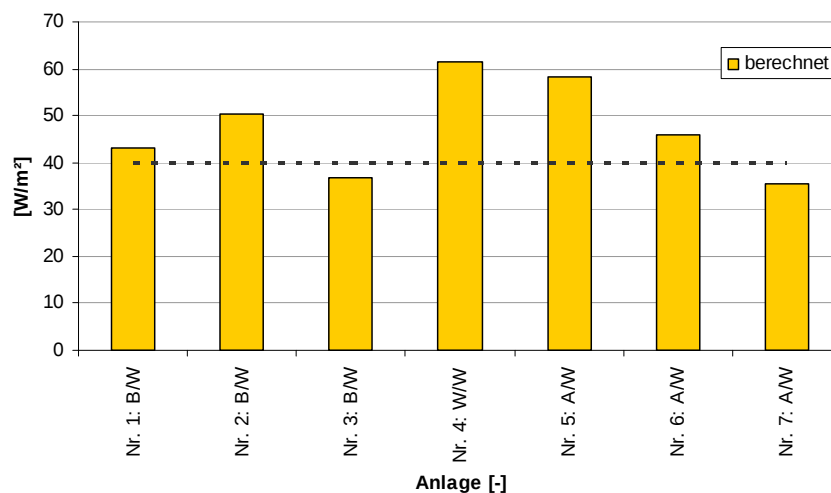


Abbildung 56: spezifische Heizlast (W/m²)

Ein weiteres Kriterium zur Charakterisierung von Gebäuden ist die Energiekennzahl, wobei in Österreich für die Qualifizierung als Niedrigenergiehaus eine Energiekennzahl ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) von $\leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ vorgeschrieben ist. Wie nachfolgende Abbildung veranschaulicht, liegt die gemessene Energiekennzahl nur bei einer Anlage, bei 7, unter $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Dementsprechend erfüllt nur diese Anlage das Kriterium für die Qualifizierung als Niedrigenergiehaus. Geht man von den berechneten Werten, die nur für die Anlagen 3 und 4 vorliegen, aus, zeigt sich, dass diese Häuser als Niedrigenergiehäuser konzipiert waren, sie im Betrieb dieses Kriterium aber nicht erfüllen. Vergleicht man den berechneten mit dem, durch das Monitoring ermittelten, spezifischen Energiebedarf, so zeigt sich, dass der gemessene Wert stets höher ist als der Berechnete. Nachdem die Messungen die Wärmeabgabe an das System erfassen und somit die Verteilverluste im Gebäude enthalten sind, entsprechen die gemessenen Werte nicht dem Heizwärmebedarf des Gebäudes. Zusätzlich lässt sich die Tendenz zu höheren Messwerten durch den Einfluss des Nutzerverhaltens erklären. Während die Berechnung auf einer Innentemperatur von 20°C basiert, weisen die untersuchten Anlagen eine mittlere Raumtemperatur an Heiztagen von 22°C auf.

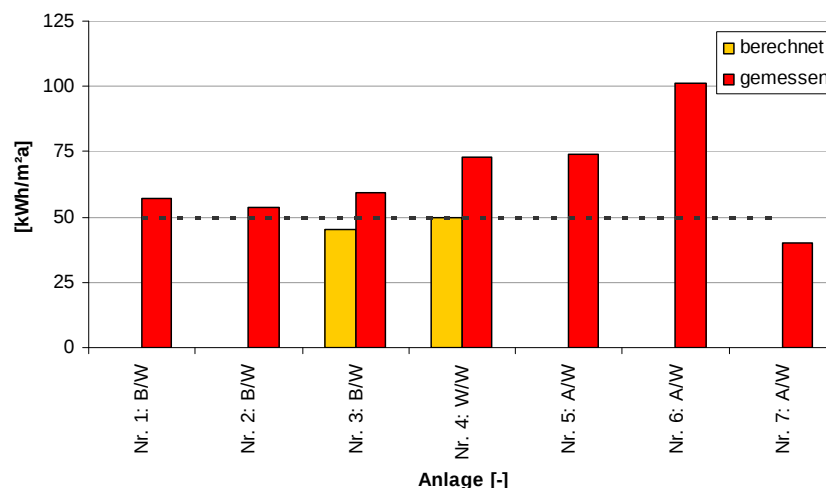


Abbildung 57: Energiekennzahl ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)

In Abbildung 58 wird der Gesamtwärmebedarf der einzelnen Anlagen, der durch die Wärmepumpen abgedeckt wurde, dargestellt. Wie der rote Teil des Balkens zeigt, ist der Anteil des Brauchwasserwärmebedarfs am Gesamtenergiebedarf vergleichsweise niedrig. Nur bei Anlage 5 liegt er nahezu bei 50%.

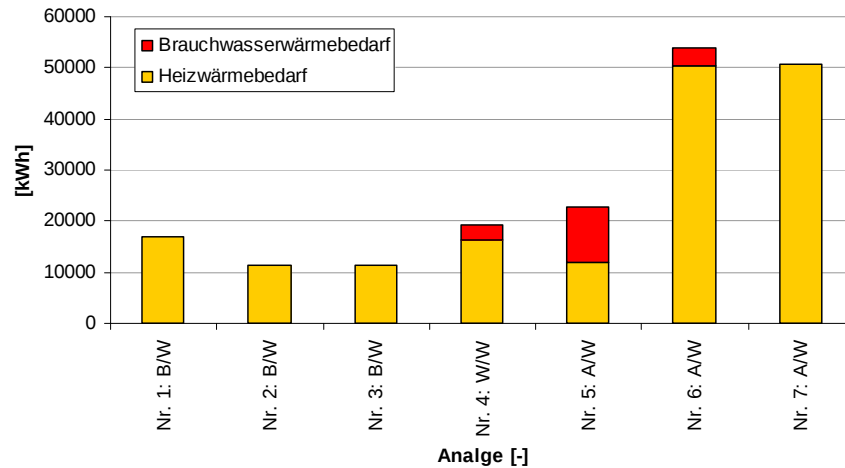


Abbildung 58: Wärmebedarf für Brauchwasserbereitung und Raumheizung

Das Verhältnis Warmwasser- zu Heizwärmebedarf, welches die Jahresarbeitszahl (siehe Abbildung 61) beeinflusst, wird in Abbildung 59 dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Jahresarbeitszahl der gesamten Anlage durch den Brauchwasserbereitungsbetrieb umso stärker beeinflusst wird, je höher der Anteil der Warmwasserbereitung am Gesamtwärmebedarf ist.

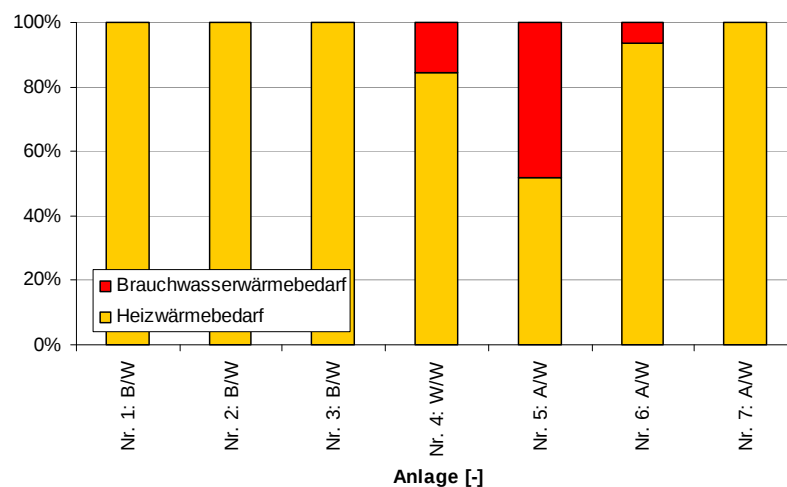


Abbildung 59: Verhältnis Warmwasserwärmebedarf zu Heizwärmebedarf

Anhand der mittleren Raum-, Heizungsvorlauf- und Wärmequellentemperaturen während des Heizbetriebs lässt sich erkennen, dass alle Anlagen mit niedrigen Heizungsvorlauftemperaturen zwischen 28,6°C und 36,9°C betrieben wurden (siehe Abbildung 60). Daraus folgt, dass die Wärmepumpen in allen untersuchten Anlagen unter optimalen Betriebsbedingungen betrieben werden.

Der Vergleich der mittleren Wärmequellentemperatur während des Heizbetriebs weist nur geringe Unterschiede zwischen den sieben Systemen auf. Weiters lässt sich aus Abbildung 60 erkennen, dass - bis auf die Anlage 6 - alle Anlagen für deutlich höhere Raumtemperaturen eingestellt wurden, als die 20 °C, die in der Planung angenommen

wurden. Für die Wohnhausanlage, Anlage 7, wurden die Innenraumtemperaturen der einzelnen Wohneinheiten nicht messtechnisch erfasst.

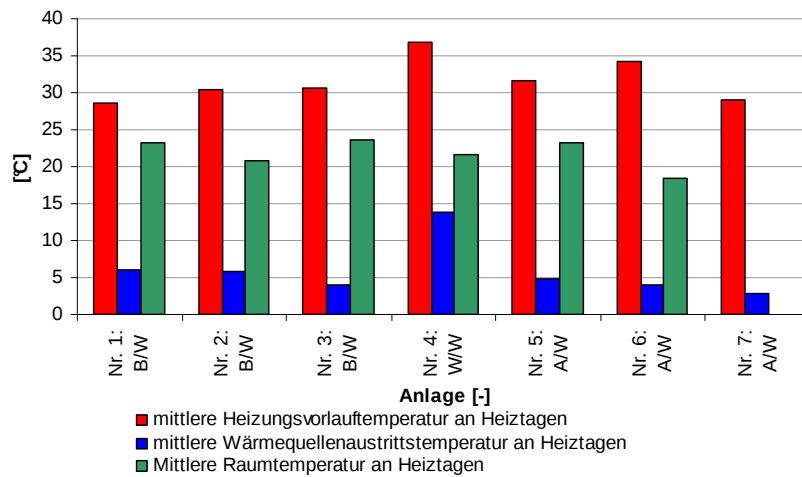


Abbildung 60: mittlere Raum-, Heizungsvorlauf- und Wärmequellentemperaturen im Heizbetrieb

Eine Analyse der Jahresarbeitszahlen zeigt folgendes Bild: die erdreichgekoppelten Anlagen erreichten Jahresarbeitszahlen im Heizbetrieb ohne Brauchwasserbereitung zwischen 4.4 und 4.8, die Grundwasser Wärmepumpe 4.5 und die Luftwasserwärmepumpen 3.2 bis 3.6 (vgl. Abbildung 61). Die Jahresarbeitszahlen für die Brauchwasserbereitung liegen zwischen 2.5 und 3.1.

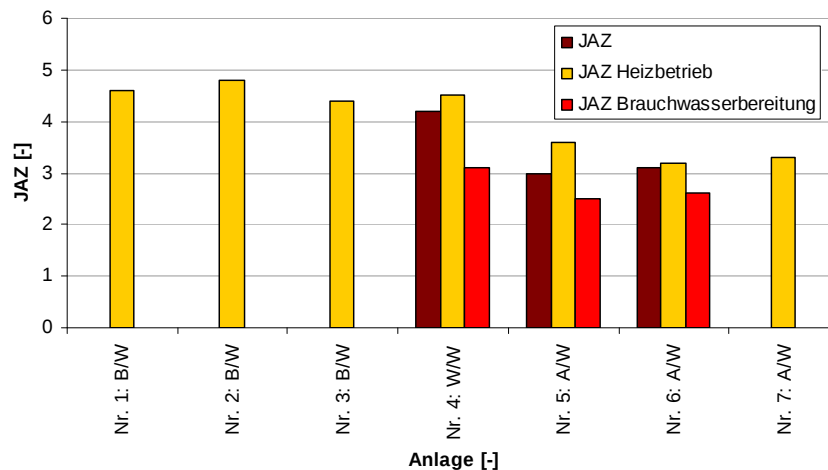


Abbildung 61: Jahresarbeitszahlen

4.4.2 Ökologische Betrachtung

Um Aussagen über die ökologischen Unterschiede der vermessenen Anlagen treffen zu können, werden die untersuchten Anlagen hinsichtlich folgender Kennwerte gegenüber gestellt:

- Heizenergiebedarf
- Primärenergiebedarf
- CO₂-Emissionen
- CO₂-Emissionseinsparung gegenüber Ölkessel

Dazu werden für jede durch das Monitoring erfasste Anlage, anhand der in der Sensitivitätsanalyse erarbeiteten Kennzahlen, der Heizenergiebedarf, der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen berechnet und mit den Systemen Öl-, Gas und Pelletskessel verglichen.

Die Kennzahlen für den Vergleich sind in den folgenden Tabellen kurz zusammengefasst.

System	JNG	Quelle
NT-Ölkessel (HEL) (mit Gebläse)	90% (Hu)	Simader, 2007
Gas-Brennwertkessel	97 % (Hu)	Simader, 2007
Pellets	80%	Neubarth, 2002

Tabelle 18: Jahresnutzungsgrade unterschiedlicher Heizungssysteme

Energieträger	PEF [-]	Quelle
Heizöl extraleicht	1.13	Faninger, 2007
Gas	1.14	Faninger, 2007
Pellets	0.15	Gemis Österreich 4.5 (Xtra-Rest\Holz-Pellet-A-V6)
Österreichischer Jahresmix	1.26	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)

Tabelle 19: Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieträger

Energieträger	CO ₂ Äquivalent	Quelle
-	g CO ₂ Äquivalent / kWh _{Endenergie}	-
Heizöl extraleicht	311	Faninger, 2007
Gas	247	Faninger, 2007
Pellets	25	WKÖ, 2007
Österreichischer Jahresmix	370	Gemis Österreich 4.5 (EI-KW-Park-A+Importe2007)

Tabelle 20: CO₂-Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger

Abbildung 62 zeigt den Heizenergiebedarf (Endenergiebedarf) der vermessenen Anlagen und vergleicht dabei die Wärmepumpe mit Öl-, Gas- und Pelletskesseln. Der Heizenergiebedarf ist bei Wärmepumpen am niedrigsten, durch den niedrigsten JNG der verglichenen Systeme weisen Pelletsheizungen den höchsten Heizenergiebedarf auf.

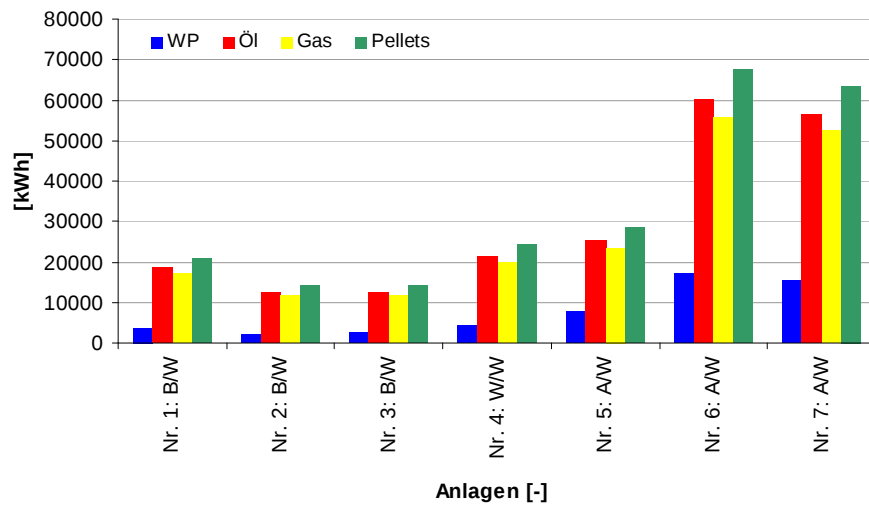


Abbildung 62: Heizenergiebedarf der Anlagen

Der Vergleich des Primärenergiebedarfs der Anlagen zeigt deutlich, dass die Systeme Wärmepumpe und Pelletskessel ein enormes Einsparungspotential gegenüber Öl- und Gaskessel aufweisen.

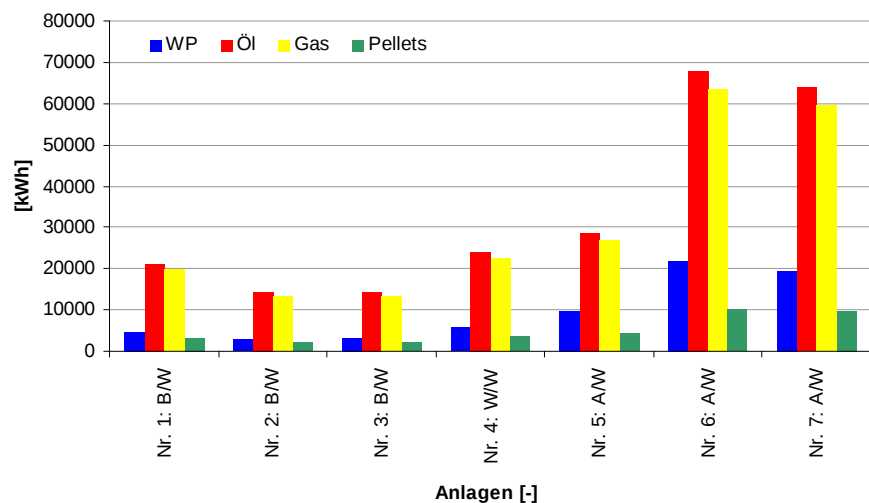


Abbildung 63: Primärenergiebedarf der Anlagen

Ein ähnliches Bild zeigt sich hinsichtlich der CO₂-Emissionen, die sowohl bei Wärmepumpensystemen als auch bei Pelletsheizungen im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen gering sind.

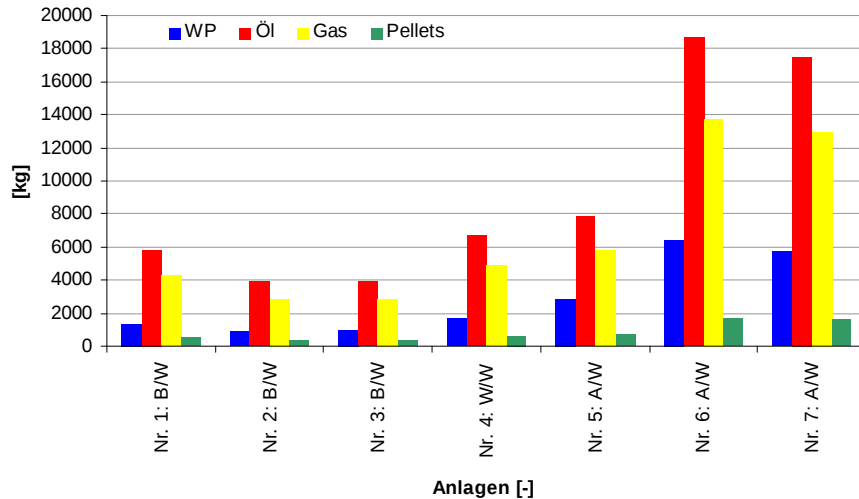


Abbildung 64: CO₂-Emissionen der Anlagen

Eine detailliertere Analyse zeigt, dass das CO₂-Einsparungspotenzial der mit Ö-Strommix betriebenen Wärmepumpenanlagen von den ermittelten Jahresarbeitszahlen abhängt. Das Einsparungspotential der untersuchten Anlagen liegt, bezogen auf Ölkessel, zwischen 65 % und 78 % (vgl. Abbildung 65).

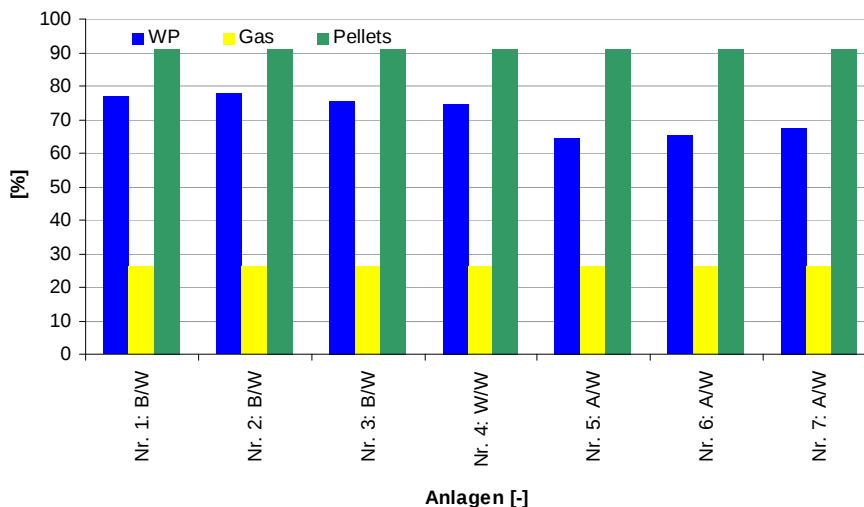


Abbildung 65: CO₂-Emissionseinsparung gegenüber Ölkessel

4.4.3 Vergleich der Messergebnisse mit vorhandenen Studien

Zur Einschätzung der Qualität der ermittelten Jahresarbeitszahlen im Zuge der AIT-Feldmessungen wurden die Ergebnisse mit bereits durchgeführten Feldmessungen in Deutschland und in der Schweiz verglichen. Um die Aussagen der vorhandenen Studien miteinander vergleichen zu können, wurde zwischen Luft-, Erdreichgekoppelten-Wärmepumpensystemen und Wasser/Wasser-System unterschieden.

Abbildung 66 zeigt die im Rahmen des Projekts gemessenen JAZ der Systeme im Vergleich zu den Ergebnissen der FAWA Studie (FAWA 2004). Die FAWA- Studie gibt nur die JAZ inklusive Brauchwasserbereitung an. Im Diagramm sind die mittleren JAZ aus der Studie mit gepunkteten Linien dargestellt, um sie mit den einzelnen JAZ der österreichischen AIT-Feldmessungen zu vergleichen. Die größere Abweichung zur FAWA- Studie kann durch die unterschiedliche Wahl der Systemgrenzen erklärt werden. Im Gegensatz zu den erdreichgekoppten Systemen, wurden die 3 untersuchten Luft-Wärmepumpenanlagen mit einem Heizungspufferspeicher in das Heizungssystem integriert. Damit erklärt sich die geringe Abweichung der Luftwärmepumpensysteme in den unterschiedlichen Studien.

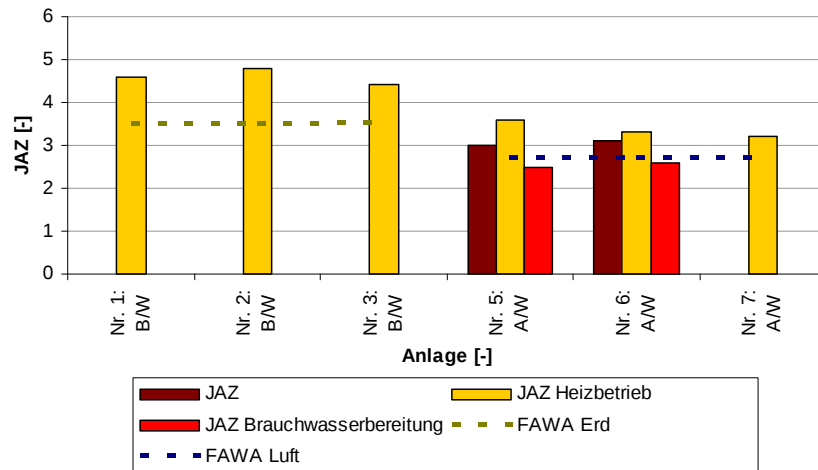


Abbildung 66: JAZ gemessen zu FAWA

In Abbildung 67 ist der Vergleich zur ISE- Studie (ISE 2009) dargestellt. Wie ersichtlich, weichen die JAZ der Luft/Wasser- Systeme (inklusive Brauchwasserbereitung) der österreichischen Erhebung nur geringfügig von jenen der ISE Studie ab. Dies hat, wie vorher erwähnt, mit der Systemkonfiguration zu tun.

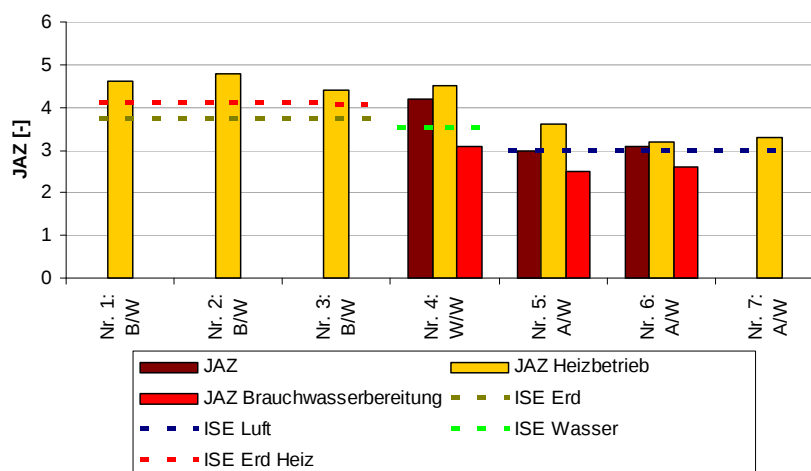


Abbildung 67: JAZ gemessen zu ISE

Der Vergleich mit bereits vorhandenen Studien zeigt, dass die im Zuge dieses Projektes untersuchten Anlagen höhere JAZ als die Anlagen in den beiden Studien aufweisen, wobei

die Abweichungen der Ergebnisse zur schweizerischen FAWA Studie größer sind als jene zur deutschen ISE Studie. Ein Grund dafür liegt in der in Kapitel 2.5.1 beschriebenen ungleichen Wahl der Systemgrenze. Weiters zeigt sich ein wesentlicher länderspezifischer Unterschied in der Systemintegration der Wärmepumpensysteme. Während in den Nachbarländern die meisten Anlagen mit Heizungspufferspeichern ausgeführt sind, sind die in Österreich vermessenen, erdreichgekoppelten Systeme direkt ohne Heizungspufferspeicher in das Wärmeabgabesystem eingebunden und nutzen damit den Estrich der Fußbodenheizung als Speichermasse. Damit erübrigen sich der Heizungsspeicher und die Pufferladepumpe; Speicherverluste entfallen ebenfalls.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Rahmen der Umsetzung des NÖ Klimaprogramms war angedacht, Jahresarbeitszahlen größer als 4 als Kriterium für die Förderwürdigkeit von Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen heranzuziehen. Da Wärmepumpenanlagen aufgrund abweichender Quellensysteme, Betriebsweisen, hydraulischer Einbindung und Nutzung, Unterschiede in der Effizienz aufweisen können, war es Ziel dieser Untersuchung zu evaluieren, inwieweit die Jahresarbeitszahl als Kriterium für die Förderwürdigkeit einer Anlage ökologisch und ökonomisch Sinn macht.

Das Projekt wurde in zwei Phasen abgewickelt, wobei am Ende der ersten Phase die ersten Zwischenergebnisse präsentiert wurden, um darauf aufbauend weitere Analysen durchzuführen. Nach der Präsentation der Ergebnisse der ersten Projektphase am 24.11.2007 in St. Pölten wurde mit den Teilnehmern, von Seiten der niederösterreichischen Landesregierung waren dies WHR Mag. Helmut Frank, Mag. Bernhard Plessner und Ing. Michael Reisel, über die Ergebnisse der Literaturstudie und über zu empfehlenden Jahresarbeitszahlen diskutiert.

Nach einstimmiger Meinung der Teilnehmer sollte die Förderung von Wärmepumpenanlagen nicht an Mindestjahresarbeitszahlen gekoppelt werden, sondern vielmehr auf Qualitätssichernden Maßnahmen, wie dem bereits vorhandenen EHPA/DACH-Gütesiegel und noch zu erarbeitenden Checklisten/Planungsempfehlungen, aufgebaut werden. Aus diesem Grund wurde die weitere Ausarbeitung der Anlagenmatrix eingestellt.

Für die im Rahmen des Projekts durchzuführende Untersuchung wurden sieben für Niederösterreich idealtypische Anlagen (sechs Einfamilienhäuser, ein Mehrfamilienhaus) ausgewählt. Aus den Vermessungsergebnissen, die in nachstehender Tabelle 21 übersichtlich dargestellt sind, ist ersichtlich, dass die Planung des Wärmeabgabesystems und damit die Systemintegration wichtige Beiträge zur Anlageneffizienz leisten. So weisen alle im Zuge des Projektes vermessenen Anlagen optimale Betriebsbedingungen - Heizungsvorlauftemperaturen zwischen 28,6 °C und 36,9 °C - auf und sind, wie eine Überprüfung der Auslegungsparameter zeigte, dem Stand der Technik entsprechend dimensioniert und ausgeführt worden. Unter den genannten Rahmenbedingungen erreichten die untersuchten Wärmepumpenanlagen, je nach Anlagentyp, JAZ zwischen 3,2 und 4,8. So lagen die JAZ der Luft/Wasser-Wärmepumpen zwischen 3,2 und 3,6; jene der Erdreichgekoppelten Wärmepumpen zwischen 4,4 und 4,8, während die Wasser/Wasser Wärmepumpe mit einer JAZ von 4,5 betrieben wurde.

Aus diesen Ergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass bei Einhaltung von Auslegungsempfehlungen, wie sie in der Sensitivitätsanalyse ausgearbeitet wurden, energieeffiziente Anlagen errichtet und betrieben werden können.

Objekt	Nr.	-	Nr. 1: BW	Nr. 2: BW	Nr. 3: BW	Nr. 4: WW	Nr. 5: AW	Nr. 6: AW	Nr. 7: AW
	spezifische Heizlast	W/m ²	43	50	37	61	58	46	36
	Heizlast	kW	12,7	10,6	7,0	16,2	9,3	23,0	45,0
	beheizte Fläche	m ²	295	210	190	264	160	500	1263
	Energiekennzahl	kWh/m ² a			45	50			
	Bauweise	-	mittel	mittel	leicht	mittel	mittel	mittel	mittel
	Fertigstellung	-	2006	2004	2004	2004	2004	2007	2007
Wärmepumpe	Heizleistung Wärmepumpe	kW	11,8	11,8	8,0	19,4	10,3	33,0	33,0
	A/W	-					x	x	x
	B/W	-	x	x	x				
	W/W	-				x			
	DX/W	-							
Wärmequelle	Flachkollektor	-	x		x				
	Erdwärmesonde	-		x					
Wärmenutzeranlage	Fußbodenheizung	m ²	295,0	207,0	145,0	241,0	115,0		1263,0
	Wandheizung	m ²		10,0					
	Radiatoren	-						x	
	Warmwasserbereitung mit Heizungswärmepumpe	-				x	x		
	Warmwasserbereitung mit zusätzlichem System	-	x	x	x			x	x
	Wohnraumlüftung	-	x	x	-	-	-	-	x
Monitoring	Wärmebedarf								
	Gesamt Wärmeabgabe	kWh	16840	11308	11318	19250	22835	54008	50760
	Heizwärmebedarf	kWh	16840	11308	11318	16273	11871	50511	50760
	Brauchwasserwärmebedarf	kWh				2977	10964	3497	
	Jahresarbeitszahl								
	JAZ	-	-	-	-	4,2	3	3,1	-
	JAZ Heizbetrieb	-	4,6	4,8	4,4	4,5	3,6	3,2	3,3
	JAZ Brauchwasserbereitung	-	-	-	-	3,1	2,5	2,6	-
	Temperaturen								
	mittlere Heizungsvorlauftemperatur	°C	28,6	30,4	30,7	36,9	31,6	34,3	29
	mittlere Wärmequellenaustrittstemperatur	°C	6	5,9	4,1	13,8	-	-	-

Tabelle 21: Zusammenfassung der Monitoringergebnisse

Bei ökologischer Betrachtung der untersuchten Anlagen zeigt sich ein großes CO₂-Einsparungspotential der Wärmepumpenanlagen gegenüber Öl- und Gaskessel, wobei das Ausmaß der Emissionsreduktion hauptsächlich von der JAZ und dem verwendeten Strommix für den Betrieb der Wärmepumpe abhängt. Diese Abhängigkeit wird in Abbildung 68 dargestellt. Unter Zugrundelegung eines Ö-Strommixes erzielen die untersuchten Wärmepumpenanlagen – je nach JAZ - CO₂ Reduktionen von 65 % bis 78 % gegenüber konventionellen Ölkesseln.

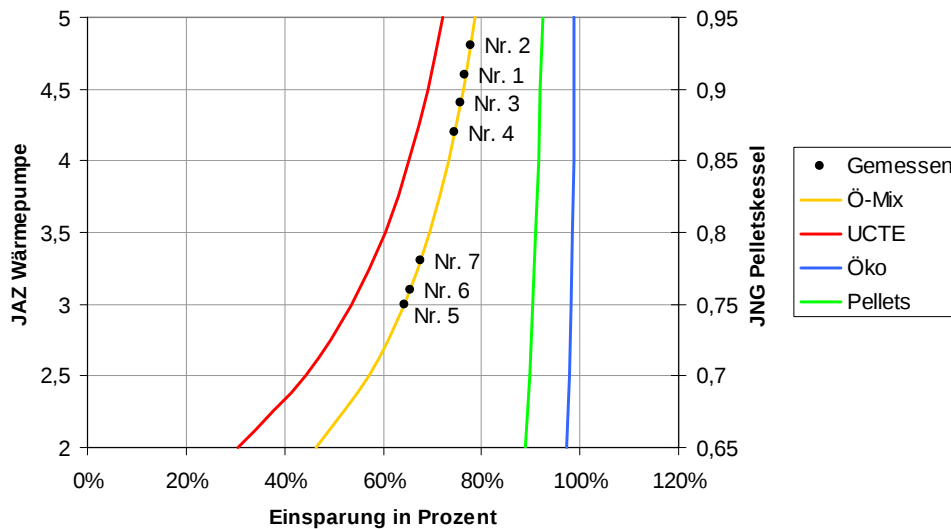


Abbildung 68: CO₂- Emissionsreduktion gegenüber Ölkessel

Die Maßnahmen der niederösterreichischen Wohnbauförderung können als erfolgreich bezeichnet werden. So lag Niederösterreich im Jahr 2006 mit einer CO₂-Reduktion von 105.000 Tonnen österreichweit an zweiter Stelle. Zurückzuführen ist dieser Erfolg vor allem auf den Wechsel von Kohle und Heizöl zu Erdgas sowie den Ausbau der Fernwärme. Auch Wärmepumpen lieferten einen maßgeblichen Beitrag. So lag ihr Beitrag an der CO₂-Emissionsreduktion im Jahr 2008 mit einem Anteil von 32% an den Gesamtkosten der geförderten Heizungssysteme, je nach Strommix, im schlechtesten Fall bei 41% (Ö-Strom-Mix), im günstigsten Fall (Öko-Strom-Mix) bei 51%.

Nachdem Niederösterreich im Jahr 2007 über einen Bestand von 68.000 Ölkessel, die älter als 25 Jahre sind, verfügt und damit in den nächsten Jahren ersetzt werden müssen, besteht im Heizungssegment ein enormes Einsparpotenzial. Wie Analysen im Rahmen dieser Studie gezeigt haben und weiter oben bereits dargestellt, führt der Ersatz von Öl- und Gaskessel durch Wärmepumpen bzw. Pelletskessel zu hohen Einsparungen sowohl hinsichtlich Primärenergiebedarf als auch CO₂-Emissionen. Unter der Annahme, dass die oben genannten 68.000 Ölkessel durch Wärmepumpen ersetzt werden, können in Niederösterreich, je nach eingesetzter Stromart, zwischen 59% und 68% der CO₂-Emissionen eingespart, sowie der Primärenergieverbrauch zwischen 41 und 70% reduziert werden. Zusätzlich kann jährlich durch den Einsatz der Wärmepumpe 1.052 GWh Umweltwärme genutzt werden und somit ein wesentlicher Beitrag zur Nutzung Erneuerbarer Energien geleistet werden.

Bei der Gestaltung der zukünftigen Förderrichtlinien ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von Wärmepumpen im Sanierungsbereich nur unter bestimmten Rahmenbedingungen sinnvoll ist. So müssen Qualitätssichernde Anforderungen und Voraussetzungen geschaffen werden, wobei dabei vor allem die Qualität der Anlage (EU-Cert „Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“) als auch die Qualität der Wärmepumpe (EHPA Gütesiegel) zu berücksichtigen sind. Weitere Bedingungen für einen energieeffizienten Betrieb sind bautechnische Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste und die Auslegung des Heizungssystems auf maximale Vorlauftemperaturen von 50°C.

Abkürzungsverzeichnis

AEA	Austrian Energy Agency
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BMWA/BWWA	Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
COP	Coefficient of Performance
DACH	Deutschland, Österreich, Schweiz
EE	Erneuerbare Energien
EHPA	European Heat Pump Association
FAWA	Feldanalyse Wärmepumpenanlagen
HGT	Heizgradtage
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JAZ	Jahresarbeitszahl
JNG	Jahresnutzungsgrad
kWh	Kilowattstunde
ÖSTAT	Statistik Austria (ehemals: Österreichisches Statistisches Zentralamt)
PEF	Primärenergiefaktor
PJ	Peta-Joule
SNG	Systemnutzungsgrad
THG	Treibhausgas
TJ	Terra-Joule
UBA	Umweltbundesamt
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (seit 01 Juli 2009: ENTSO-E the European Network of Transmission System Operators for Electricity)
VDI	Vereinigung Deutscher Ingenieure
WP	Wärmepumpe

Literaturverzeichnis

AEA 2007: Austrian Energy Agency, Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen, 2007

Afjei 2000: Handbuch „Kostengünstige Wärmepumpenheizungen für Niedrigenergiehäuser“, Dr. Thomas Afjei, 2000

Baehr 2006: Thermodynamik. 13. Auflage. Springer Berlin Heidelberg New York.
ISBN-10: 3-540-32513-1

BMLFUW 2007: Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008 – 2012. BMLFUW; Abteilung V/4, Stubenbastei 5, 1010 Wie

BMVIT 2008: Erneuerbare Energie in Österreich Marktentwicklung 2007, Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2008

BMWA 2008: Energiestatus Österreich 2008, BMWA - BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT, 2008

EEG 2006: Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger – wirtschaftliche Bedeutung für Österreich, Technischen Universität Wien - Energy Economics Group (EEG), 2006

EE-Pot 2008: EE-Pot - Abschätzung der Energieeffizienz-Potenziale in Österreich bis zum Jahr 2020, Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, 2008

EHPA 2008: European Heat Pump Action Plan, EHPA - The European Heat Pump Association, 2008

EHPA Gütesiegel 2008: EHPA-DACH Reglement zur Erteilung des internationalen Gütesiegels für elektrisch angetriebene Heiz-Wärmepumpen, Version 1.2, Ausgabe 20.08.2008

EU 2009: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. 2008/0016 (COD).

EUP 2007: Instrumente zur Unterstützung der Marktdurchdringung energieeffizienter Produkte http://www.energyagency.at/publ/pdf/eup07_ritter.pdf, Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, letzter Zugriff 12.05.2009

Faninger 2007: Aktueller Stand der Wärmepumpentechnik in Österreich, Universität Klagenfurt, 2007

FAWA 2004: Bundesamt für Energie „energieschweiz“, FAWA Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen 1996-2003; 2004

Hartl 2007: Diplomarbeit Michael Rainer Hartl Energetische Analyse und Kostenvergleich verschiedener Wärmepumpensysteme im Wohnbau auf Basis dynamischer Simulationen, 2007

Hofbauer 2008: Energie und Umweltbericht 2008 – Niederösterreichisches Wohnbaumodell, Amt der NÖ Landesregierung, 2009

Innovation & Klima 2008: Das Guide Book - Leitlinien für Entscheidungen in den Sektoren Mobilität, Gebäude, Industrie & Energie, Innovation & Klima - Innovative Klimastrategien für die österreichische Wirtschaft, 2008

IPCC 2007: Klimaänderung 2007 – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4), Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

ISE 2008: Fraunhofer ISE - Institut Solare Energiesysteme, Presseinformation Nr. 35/08, Freiburg 4. Dezember 2008

ISE 2009: Fraunhofer ISE - Institut Solare Energiesysteme - Renewable Energy World - page 74-78, Sept. - Oct. 2009

Lutz 2007: Wärmepumpen-Aktionsplan für Österreich (Endfassung), Linz 2007

Mikrozensus Familie 2007: Familien und Haushaltsstatistik – Ergebnisse des Mikrozensus, Statistik Austria, 2007

Neubarth 2002: Ökonomische und ökologische Bewertung der elektrischen Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizungssystemen, Institut für Energiewirtschaft und Rationeller Energieanwendung, Band 80

NÖ Energiebericht 2007: NÖ Energiebericht 2007 - Bericht über die Lage der Energieversorgung in Niederösterreich, Amt der NÖ Landesregierung, 2008

NÖ Klimaprogramm 2004: NÖ Klimaprogramm 2004 - 2008

Öko-Institut 2006: Stand der Entwicklung von Treibhausgasemissionen in den Vorketten für Erdöl und Erdgas. Öko-Institut e.V., Darmstadt, 200605.2008

ÖSTAT 2008a: Gesamtenergiebilanz 1970 – 2007
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/022710.html, Statistik Austria, letzter Zugriff 12.05.2009

ÖSTAT 2009: Strom- und Gastagebuch 2008 - Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte Auswertung Gerätebestand und Einsatz, Statistik Austria, 2009

Simader 2007: Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen, Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, März 2007

UBA 2008a: KLIMASCHUTZBERICHT 2008, Umweltbundesamt, 2008

UBA 2008b: Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2006, Umweltbundesamt, 2008

VDI 4650 2003: VDI 4650-1, Berechnung von Wärmepumpen - Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresaufwandszahlen von Wärmepumpenanlagen - Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung, 2003

WKÖ 2007: Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Dachverband Energie-Klima, Oktober 2007

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieflussbild für JAZ 1	8
Abbildung 2: Energieflussbild für JAZ 2	9
Abbildung 3: Energieflussbild für JAZ 3	9
Abbildung 4: Vergleich Ölkessel zu mindest JAZ WP betrieben mit Strom aus dem kalorischen Kraftwerkspark (AEA 2007)	11
Abbildung 5: JAZ und elektrischer Energiebedarf am Standort St. Pölten (Hartl 2007)	13
Abbildung 6: Elektrischer Energiebedarf bei 30 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)	14
Abbildung 7: Elektrischer Energiebedarf bei 40 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)	15
Abbildung 8: Elektrischer Energiebedarf bei 50 °C Vorlauftemperatur (Hartl 2007)	15
Abbildung 9: Schematische Erläuterung zur Berechnung der Jahresarbeitszahl	18
Abbildung 10: Gegenüberstellung der JAZ in Abhängigkeit der Berechnungsmethode und der Gebäudevariante	19
Abbildung 11: Systemgrenze FAWA	20
Abbildung 12: Systemgrenze ISE, AIT	20
Abbildung 13: Jahresarbeitszahl unterschiedlicher Feldmessungsprojekte	21
Abbildung 14: Anteile der Nutzerkategorien am Gesamtenergieverbrauch (ÖSTAT 2008a)	24
Abbildung 15: Anteile der Sektoren am Gesamtenergieverbrauch (ÖSTAT 2008a)	25
Abbildung 16: Gegenüberstellung der Nutzerkategorien (EE-Pot 2008)	25
Abbildung 17: Beheizung des Wohnbestandes (BMW 2008)	26
Abbildung 18: Verbrauchsanteile am Stromverbrauch der Haushalte (ÖSTAT 2009)	26
Abbildung 19: Verlauf der österreichischen THG-Emissionen (UBA 2008a)	27
Abbildung 20: Abweichungen vom Kyoto-Zielpfad (UBA 2008)	27
Abbildung 21: Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen (UBA 2008a)	28
Abbildung 22: Änderung der THG-Emissionen in den Sektoren 1990 – 2006 (UBA 2008a)	28
Abbildung 23: Emissionstrends im Bereich Privathaushalte (UBA, 2008a)	29
Abbildung 24: CO ₂ -Emissionen durch Beheizung von Wohnungen (Innovation & Klima, 2008)	30
Abbildung 25: Auswirkung des Energylabels auf Haushaltsgeräte (EUP 2007)	30
Abbildung 26: energetische und umweltbezogene Bewertung (Faninger, 2007)	33
Abbildung 27: Primärenergiebedarf unterschiedlicher Heizungssysteme, (eigene Darstellung)	36
Abbildung 28: CO ₂ -Emissionen unterschiedlicher Heizungssysteme, (eigene Darstellung) .	37
Abbildung 29: CO ₂ -Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Ölkessel, (eigene Darstellung)	38
Abbildung 30: CO ₂ -Emissionsreduktion von Pellets- und Wärmepumpenanlagen gegenüber Gaskessel, (eigene Darstellung)	38
Abbildung 31: jährliche Wärmepumpenverkaufszahlen (BMVIT, 2008)	39
Abbildung 32: Beiträge der Solar- und Wärmepumpenanlagen zum Energieaufkommen (BMVIT, 2008)	41
Abbildung 33: CO ₂ -Einsparungen der Solar- und Wärmepumpenanlagen (BMVIT 2008)	41
Abbildung 34: strukturelle Veränderung des Wärmepumpenmarktes (BMVIT, 2008)	42
Abbildung 35: EU-CERT-HP „Europäischer Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur“ und EHPA/DACH-Gütesiegel (EHPA, 2008)	43
Abbildung 36: Wärmepumpen Datenblatt (eigene Darstellung)	44
Abbildung 37: Hauptwohnsitze in Niederösterreich nach Bauperioden (Statistik Austria, 2007)	45
Abbildung 38: Wärmeversorgung der Hauptwohnsitze in Niederösterreich (Statistik Austria, 2007)	45
Abbildung 39: Ölkesselbestand nach Baualter in Niederösterreich (Statistik Austria, 2007)	46
Abbildung 40: Geförderte EFH, MFH und Wärmepumpenanlagen (NÖ-Energiebericht 2007)	48
Abbildung 41: Verteilung der Energiekennzahlen für EFH (NÖ-Energiebericht 2007)	49
Abbildung 42: Verteilung der Energiekennzahlen für Wohnbau (NÖ-Energiebericht 2007) ..	49

Abbildung 43: Trend der CO ₂ -Emissionen niederösterreichischer Haushalte (UBA, 2008b)	50
Abbildung 44: Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen (UBA 2008b)	50
Abbildung 45: Anteil der Pelletsanlagen und Wärmepumpenanlagen an den Förderkosten und der CO ₂ -Reduktion (eigene Darstellung)	52
Abbildung 46: Übersicht der Anlagen in Niederösterreich	54
Abbildung 47: Anlagenplan, Weinzierl am Walde	55
Abbildung 48: Anlagenplan, Lengenfeld	56
Abbildung 49: Anlagenplan, Behamberg	56
Abbildung 50: Anlagenplan, St. Peter in der Au	57
Abbildung 51: Anlagenplan, Bad Vöslau	58
Abbildung 52: Anlagenplan, Kleinmeiseldorf	59
Abbildung 53: Anlagenplan, Atzenbrugg	60
Abbildung 54: AIT- Monitoring	61
Abbildung 55: Vergleich der berechneten Heizlast und der gewählten Wärmepumpe	62
Abbildung 56: spezifische Heizlast (W/m ²)	63
Abbildung 57: Energiekennzahl (kWh/m ² a)	64
Abbildung 58: Wärmebedarf für Brauchwasserbereitung und Raumheizung	65
Abbildung 59: Verhältnis Warmwasserwärmebedarf zu Heizwärmebedarf	65
Abbildung 60: mittlere Raum-, Heizungsvorlauf- und Wärmequellentemperaturen im Heizbetrieb	66
Abbildung 61: Jahresarbeitszahlen	66
Abbildung 62: Heizenergiebedarf der Anlagen	68
Abbildung 63: Primärenergiebedarf der Anlagen	68
Abbildung 64: CO ₂ -Emissionen der Anlagen	69
Abbildung 65: CO ₂ -Emissionseinsparung gegenüber Ölkessel	69
Abbildung 66: JAZ gemessen zu FAWA	70
Abbildung 67: JAZ gemessen zu ISE	70
Abbildung 68: CO ₂ - Emissionsreduktion gegenüber Ölkessel	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der verglichenen Heizungssystem (AEA 2007)	10
Tabelle 2: energetisch / ökologisch sinnvolle Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen ohne Brauchwasserbereitung (EHPA 2008).....	11
Tabelle 3: U-Werte der Gebäudetypen (Hartl 2007)	12
Tabelle 4: Überblick Simulierte Wärmepumpenanlagen (Hartl 2007).....	13
Tabelle 5: Überblick simulierter Kombianlagen zu Raumheizung und Brauchwasserbereitung (Hartl 2007)	14
Tabelle 6: Auflistung der JAZ aus verschiedenen Studien und der AIT Feldmessung.....	21
Tabelle 7: Jahresnutzungsgrade (JNG) und Jahresarbeitszahlen (JAZ) unterschiedlicher Heizungssysteme	34
Tabelle 8: Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger	35
Tabelle 9: CO ₂ Äquivalent-Emissionsfaktoren der Energieträger	35
Tabelle 10: geförderte Wärmepumpenanlagen je Bundesland (BMVIT 2008)	40
Tabelle 11: Berechnung der CO ₂ -Einsparungen durch Wärmepumpenanlagen (BMVIT, 2008)	40
Tabelle 12: Vergleichsparameter für den Ölkesseltausch	47
Tabelle 13: Reduktionspotenzial – Wärmepumpen betrieben mit Ö-Strommix (eigene Darstellung).....	47
Tabelle 14: Reduktionspotenzial – Wärmepumpen betrieben mit UCTE-Strommix (eigene Darstellung).....	47
Tabelle 15: Emissionsreduktion durch Wohnbauförderung (UBA 2008a).....	50
Tabelle 16: Energie- und umweltrelevante Förderungskomponenten (Hofbauer, 2008).....	51
Tabelle 17: Übersicht über die Anlagen des Monitorings	63
Tabelle 18: Jahresnutzungsgrade unterschiedlicher Heizungssysteme	67
Tabelle 19: Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieträger.....	67
Tabelle 20: CO ₂ -Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger	67
Tabelle 21: Zusammenfassung der Monitoringergebnisse.....	73

Anhang

Expertentagung 13. März 2008

„Analyse der Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Wärmepumpenanlagen“

Teilnehmer:

WHR Mag. Helmut Frank <i>Frank</i>	Abteilung Wohnungsförderung F2 A,B
Mag. Bernhard Plesser <i>Plesser</i>	Abteilung Wohnungsförderung F2 A,B
Ing. Michael Reisel <i>Reisel</i>	Abteilung Wohnungsförderung F2 A,B
Ing. Reinhold Kunze <i>Kunze</i>	Energiebeauftragter für NÖ WST6
Ing. Helmut Krenmayr <i>Krenmayr</i>	NÖ Gebietsbauamt V Mödling
Mag. Ernst Schuster <i>Schuster</i>	Büro LR Mag. Sobotka
Ing. Heinrich Huber <i>Huber</i>	Arsenal (Austrian Research Centers)
Prof. Dr. Gerhard Faninger <i>Faninger</i>	Uni Klagenfurt
DI Rudolf Passawa <i>R. Passawa</i>	Donau Uni Krems
Ing. Hermann Zottl	Zivilingenieur f. Bauwesen
DI Jürgen Glaser <i>J. Glaser</i>	Abteilung Landeshochbau BD6
DI Karl Dorninger	Abteilung Gebäudeverwaltung LAD 3
Dr. Alois Geißhofer	Bau.Energie.Umwelt Cluster
DI Raphaela Böswarth <i>Böswarth</i>	NÖ LAK, Bereich Umwelt und Energie
DI Franz Schörghuber	NÖ LAK, Bereich Umwelt und Energie <i>Schörghuber</i>
Dr. Georg Schörner	NÖ LAK, Bereich Umwelt und Energie <i>Schörner</i>
Ing. Christa Freinöderer	WSTGE <i>Freinöderer</i>
Ing. Andreas PNEISC <i>Ph</i>	BD6 <i>PNEISC</i>
DIPL. ING. ANDREAS ZOTTL	NÖ GEBIETSBAMT II <i>Zottl</i>
DI (FH) ANDREAS ZOTTL	arsenal research <i>Zottl</i>