

Kyotorelevanz des Einsatzes der Wärmepumpe für Heizzwecke in OÖ

Februar 2004

Dipl. Ing. Dr. Horst Steinmüller
Geschäftsführer
des Energieinstitutes an der Johannes Kepler
Universität Linz
Telefon: +43 70 2468-5656
Fax: +43 70 2468-5651
steinmueller@energieinstitut-linz.at
www.energieinstitut-linz.at

Dr. Silke Mader
Assistentin der Abteilung Energiewirtschaft
des Energieinstitutes an der Johannes Kepler
Universität Linz
Telefon: +43 70 2468-5652
Fax: +43 70 2468-5651
mader@energieinstitut-linz.at
www.energieinstitut-linz.at

o.Univ.-Prof. Dr. Friedrich Schneider
Leiter der Abteilung Energiewirtschaft
des Energieinstitutes an der Johannes Kepler
Universität Linz
Telefon: +43 70 2468-5656
Fax: +43 70 2468-5651
friedrich.schneider@jku.at
www.energieinstitut-linz.at

Dr. Harald M. Proidl
Assistent der Abteilung Energiewirtschaft
des Energieinstitutes an der Johannes Kepler
Universität Linz
Telefon: +43 70 2468-5653
Fax: +43 70 2468-5651
proidl@energieinstitut-linz.at
www.energieinstitut-linz.at

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	5
2 Kurzbeschreibung der Technologie und Anwendungsbereiche der Wärmepumpe.....	7
2.1 Typen von Wärmepumpen	7
2.1.1 Konventionelle Wärmepumpe	7
2.1.2 Wärmepumpe mit Direktverdampfung.....	8
2.1.3 Absorptionswärmepumpen.....	9
2.2 Einsatzmöglichkeiten der Wärmepumpe	9
2.2.1 Betriebsweisen	10
2.2.2 Wärmequellen	10
2.2.2.1 Direkte Nutzung der Außenluft.....	10
2.2.2.2 Erdreich mit Flächenkollektor.....	11
2.2.2.3 Erdreich mit Erdsonden	11
2.2.2.4 Grundwasser	12
2.2.2.5 Oberflächenwasser	12
2.3 Einteilung und Kennziffern.....	12
2.3.1 Bezeichnung von Wärmepumpen	12
2.3.2 Wichtige Kennziffern	12
3 Einsatz der Wärmepumpe im Wohnraumheizungsbereich.....	13
3.1 Allgemeine Entwicklung des Wärmepumpenmarktes in Österreich von 1975 bis 2001	13
3.1.1 Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Österreich nach Leistungsbereichen und Systemen	17
3.2 OÖ-Marktanteil am Heizungs-Wärmepumpenmarktes von 1990 bis 2001	18
4 Prognose für den Wärmepumpeneinsatz für Heizzwecke bis 2010 in Oberösterreich.....	21
5 Förderung für den Einsatz von Wärmepumpen in Oberösterreich	24
6 Vergleich des Einsatzes verschiedenster Heizsysteme am Beispiel eines 175 m² Einfamilienhauses.....	26
6.1 Beschreibung der Referenzsysteme.....	26
6.1.1 Neubau.....	27
6.1.1.1 Information zum Haus.....	27
6.1.1.2 Auslegung des Gaskessels.....	27
6.1.1.3 Auslegung des Ölkessels.....	27

6.1.1.4 Auslegung des Pelettskessels	27
6.1.1.5 Auslegung des Hackschnitzelkessel	28
6.1.1.6 Auslegung der Solarthermieanlage	28
6.1.1.7 Auslegung der Wärmepumpe	28
6.2 Althausanierung	29
6.3 Ermittlung der spezifischen Emissionen	29
6.3.1 Daten	29
6.3.2 Emissionen der Gasheizung	29
6.3.3 Emissionen der Ölheizung	31
6.3.4 Emissionen der Pelletsheizung	32
6.3.5 Emissionen von Wärmepumpenheizsystemen	32
6.3.5.1 Strom gemäß oberösterreichischen Strommix	33
6.3.5.2 Strom aus einem modernen Gasheizkraftwerk	35
6.3.5.3 Strom aus einem bestehenden Kohlekraftwerk	35
6.3.5.4 Strom aus einem neu zu errichtenden Biomassekraftwerk	36
6.3.6 Gegenüberstellung der einzelnen Varianten und Szenarien	37
6.4 Ermittlung der spezifischen Investitionskosten	38
7 Beitrag der untersuchten Heizsysteme zur Reduktion von CO₂ im Bereich Raumwärme	39
7.1 Vergleich der direkten Kohlendioxidemissionen	39
7.2 Vergleich der Emissionen bei Berücksichtigung der Vorleistungen	40
7.3 CO ₂ -Reduktionsmöglichkeiten durch die Wärmepumpenverwendung in Oberösterreich	41
7.3.1 Anteil der durch die Wärmepumpenverwendung eingesparter CO ₂ Emissionen an den THG-Emissionen der Raumwärme in Oberösterreich ..	49
7.3.2 Wohnbauförderung pro eingesparter Tonne CO ₂ in Oberösterreich	51
8 Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Wärmepumpensektors in Oberösterreich	52
8.1 Mögliche Wertschöpfungseffekte des Ausbaus des Wärmepumpensektors bis 2010	52
8.1.1 Simulationen bei einer Wachstumsrate von 10,10%	52
8.1.2 Simulation bei einer Wachstumsrate von 6,6%	53
8.1.3 Simulation bei einer Wachstumsrate von 4,5%	54
8.2 Kosteneinsparungspotential für die gesamte öö. Volkswirtschaft	55
8.2.1 Externe Kosten aus den CO ₂ -Emissionen	55
9 Zusammenfassung und Ausblick	57

10	Abbildungsverzeichnis	62
11	Tabellenverzeichnis	63
12	Literaturverzeichnis.....	65

1 Einleitung

Diese Studie des Energieinstitutes an der Johannes Kepler Universität analysiert die klimapolitische und volkswirtschaftliche Bedeutung der Heizungs-Wärmepumpe in Oberösterreich.

Begonnen wird mit einer Kurzbeschreibung der Technologie und der Anwendungsbereiche der Heizungs-Wärmepumpe. So wird beispielsweise auf unterschiedliche Typen von Wärmepumpen und auf diverse Einsatzmöglichkeiten eingegangen, aber auch die wichtigsten Kennziffern zur Beurteilung einer Wärmepumpe werden erklärt.

Das Kapitel 3 widmet sich der statistischen Darstellung des Einsatzes der Wärmepumpe im Wohnraumheizungsbereich. Dabei wird zuerst die allgemeine Entwicklung des Wärmepumpenmarktes in Österreich von 1975 bis 2001 dargestellt, gefolgt von einer Analyse des OÖ-Marktanteils am Heizungs-Wärmepumpenmarkt von 1990 bis 2001. Da sich in OÖ ein Großteil der installierten Heizungs-Wärmepumpen im Gebiet der Energie AG befindet, werden auch dazu einige statistische Aussagen getroffen.

Im Kapitel 4 werden drei verschiedene Prognoseszenarien für die Entwicklung des Heizungs-Wärmepumpeneinsatzes in Oberösterreich dargestellt. Ausgehend von der historischen Entwicklung des oberösterreichischen Wärmepumpenmarktes wurden jährliche Wachstumsraten im Ausmaß von 10,1 %, 6,6 % und 4,5 % berechnet.

Ein Überblick über die Förderungshöhe und die Anzahl der geförderten Wärmepumpen im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung seit dem Jahr 1980 wird im Kapitel 5 gegeben.

Kapitel 6 vergleicht die Schadstoffemissionen bei Einsatz verschiedenster Heizsysteme am Beispiel eines 175 m² Einfamilienhauses. Darauf aufbauend wird im Kapitel 7 der Beitrag der untersuchten Heizsysteme zur Reduktion von CO₂-Emissionen im Bereich Raumwärme untersucht. Abschnitt 7.3 geht dann im Detail auf die CO₂-Reduktionsmöglichkeiten durch die Wärmepumpenverwendung in Oberösterreich ein. Dabei werden zuerst die tatsächlich eingesparten CO₂-Emissionen durch die zusätzliche jährliche Installation von Wärmepumpen in OÖ von 1990 bis 2001 analysiert und in der Folge wird auch die prognostizierte CO₂-Einsparung von 2002 bis 2010 unter Heranziehen der im Kapitel 4 dargestellten unterschiedlichen Prognoseszenarien für die Entwicklung der zusätzlich jährlich installierten Wärmepumpen in Oberösterreich angeführt.

Um diese Zahlen besser zu veranschaulichen wird der Anteil der durch die Wärmepumpenverwendung eingesparter CO₂-Emissionen an den THG-Emissionen der Raumwärme in Oberösterreich berechnet und andererseits wird ermittelt in

welchem Ausmaß eine durch die Anwendung von Wärmepumpen eingesparte Tonne CO₂ in OÖ im Rahmen der Wohnbauförderung gefördert wird.

Im Kapitel 8 werden zuerst mögliche Wertschöpfungseffekte, die mit dem Ausbau des Wärmepumpensektors bis 2010 (unter Berücksichtigung der in Kapitel 4 angeführten Prognoseszenarien) einhergehen, gezeigt. Danach wird versucht das Kosteneinsparungspotential für die gesamte oberösterreichische Volkswirtschaft zu ermitteln, indem man Vermeidungskosten im Bezug zum Treibhausgasemissionen heranzieht.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen wird im abschließenden Kapitel 9 gegeben.

2 Kurzbeschreibung der Technologie und Anwendungsbereiche der Wärmepumpe

Sonnenenergie wird in Erde, Luft und Wasser gespeichert. Mit Wärmepumpen kann man Umgebungswärme bei relativ geringem Einsatz von elektrischer Energie nutzbar machen und komfortabel heizen. Dem Erdreich, dem Wasser oder der Luft wird Energie entzogen. Diese Energie wird zur Wärmepumpe gefördert und dort an das Kältemittel übergeben. Das Kältemittel befindet sich auf einem niedrigen Temperatur- und Druckniveau. Die aufgenommene Energie wird innerhalb des Kältemittelkreislaufes vom Verdichter komprimiert. Dabei steigen Druck und Temperatur. Die elektrische Energie des Kompressors wird während dieses Vorgangs ebenfalls in Wärme umgewandelt. Diese gesammelte Energie wird im Kondensator komplett an den Heizungskreislauf abgegeben. Dabei verflüssigt sich das bis dahin dampfförmige Kältemittel. Die aufgenommene Energie wird auf einem höheren Niveau an die Heizung abgegeben. Über ein Entspannungsventil wird das Kältemittel wieder verdampft und der Kreislauf beginnt von neuem.

2.1 Typen von Wärmepumpen

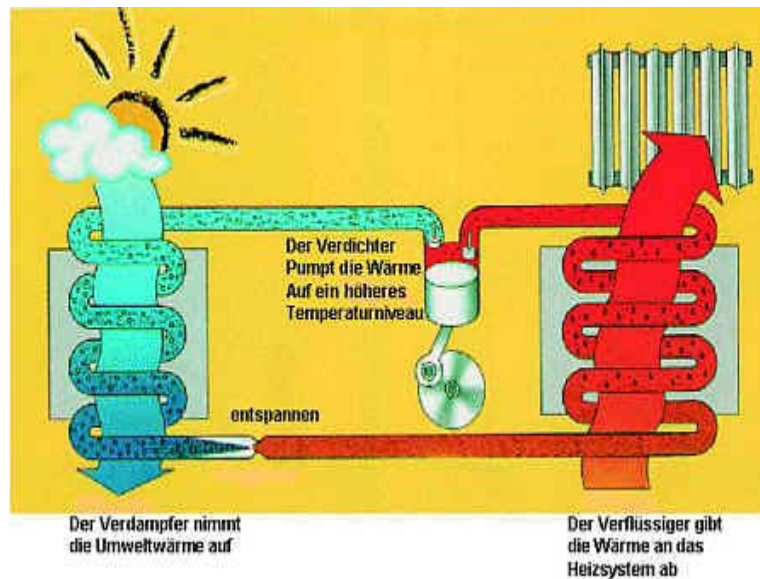
2.1.1 Konventionelle Wärmepumpe

Üblicherweise hat eine Wärmepumpe 3 physikalisch voneinander getrennte Kreise, die über Energieaustausch miteinander arbeiten.

- Solekreislauf,
- Kältemittelkreislauf und
- Heizungskreislauf.

Die Wärmepumpe macht so aus der Wärme des Erdreichs, der Außenluft oder von Grund- oder Oberflächenwasser Energie. Das Heizungssystem - in der Regel eine Niedertemperatur-, Wand- oder Fußbodenheizung - bringt diese Wärme dann ins Haus. Moderne Elektrowärmepumpen erzeugen das Drei- bis Fünffache ihres Stromverbrauchs an Heizwärme.

Abbildung 2-1: Funktionsweise der Wärmepumpe



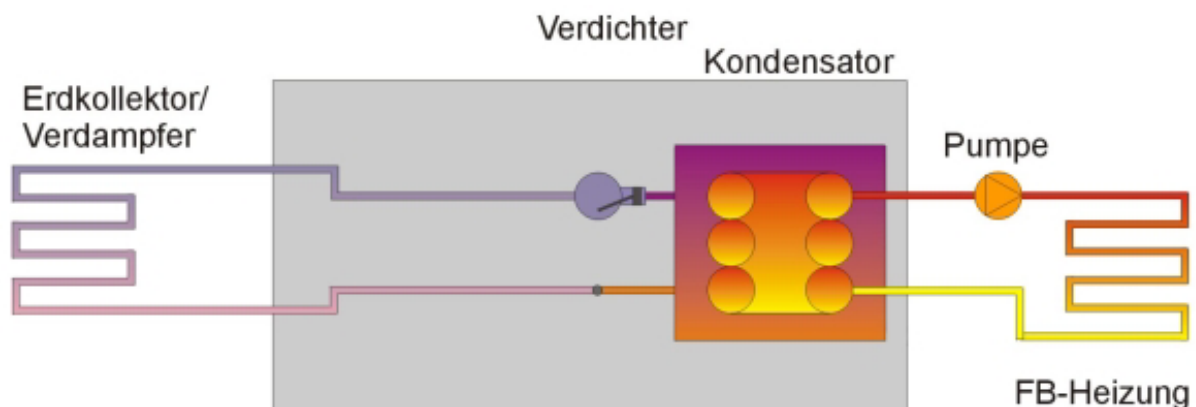
Quelle: Energie AG Energie-Ratgeber Wärmepumpe

2.1.2 Wärmepumpe mit Direktverdampfung

Während übliche Wärmepumpen mit 3 physikalisch voneinander getrennten Kreisen arbeiten, wird bei der Direktverdampfung eine Tauscherstufe gespart.

Da man davon ausgehen muss, dass bei jeder Tauscherstufe Verluste auftreten, die mit einer Temperaturveränderung von ca. 5-10°C einhergehen, stellt jede eingesparte Tauscherstufe im gesamten physikalischen Prozess eine erhebliche Systemverbesserung dar.

Abbildung 2-2: Aufbau der Wärmepumpe mit Direktverdampfung



Quelle: Reinshagen Haustechnik und Wärmepumpen (www.w-reinshagen.de)

Durch die Einsparung der Tauscherstufe erreicht man eine höhere Temperatur an der Wärmeentzugsstelle (Erdreich). Die mechanische Arbeit des Verdichters kann

dadurch geringer werden. Eine geringere Arbeit bedeutet für den Verdichter auch eine niedrigere Belastung und geringeren Verschleiß. Die hier gewonnenen Belastungsreserven kommen der Lebensdauer zugute. Auch zur Erreichung von angenehmen Brauchwassertemperaturen sind diese Reserven wichtig.

Wie bereits erwähnt wird bei der Direktverdampfung der Wärmeentzug direkt über das Kältemittel und die im Erdreich verlegten Erdkollektorleitungen realisiert. Es ist somit möglich, auch bei sehr niedrigen Temperaturen Energie zu entziehen. Das Kältemittel im Erdkollektor ist sogar noch bei Temperaturen von -40°C wirksam.

Der Erdkollektor, der solchen Wärmepumpen als Wärmequelle vorgeschaltet ist, besteht üblicherweise aus waagrecht in das Erdreich eingebrachten Kupferrohren mit schlagfester und alterungsbeständiger Kunststoffschutzisolierung. Die Verlegetiefe liegt zwischen 0,8 und 1,2 Meter. Der große Vorteil der geringen Verlegetiefe liegt darin, dass Umweltwärme in Form von Regenwasser, Schmelzwasser, Sonneneinstrahlung und Umgebungswärme schneller am Kollektor wirksam werden kann. Somit ist diese Form des direktverdampfenden Erdkollektors nachgewiesener Maßen in seiner Wirksamkeit durch kein anderes System zu erreichen. Bei modernen gut, isolierten Häusern kommt man mit einem Flächenverhältnis Erdkollektorfläche zu Fläche Fußbodenheizung von 1,5 bis 2,0 aus.

2.1.3 Absorptionswärmepumpen

Absorptionswärmepumpen unterscheiden sich von Kompressionswärmepumpen nur dadurch, dass bei Absorptionswärmepumpen der mechanische Verdichter durch einen thermischen Verdichter, nämlich einen Lösungsmittelkreislauf ersetzt wird. Der Vorteil ist, dass dieser thermische Verdichter mit Wärme angetrieben wird und nicht mit mechanischer Energie. Absorptions-Wärmepumpen können daher mit allen möglichen thermischen Wärmequellen (Verbrennung von Biogas, Abfällen, allen fossilen Brennstoffen etc.) angetrieben werden. Kompressions-Wärmepumpen benötigen dagegen mechanische Antriebe, also einen Elektromotor, einen Dieselmotor oder einen Gasmotor.

2.2 Einsatzmöglichkeiten der Wärmepumpe

Das Prinzip der Wärmepumpe kann sowohl zum Heizen wie auch zum Kühlen angewendet werden. Der Einsatz der Wärmepumpe ist sowohl bei Unternehmen wie auch in Haushalten Stand der Technik. Im gewerblichen Bereich sind Anwendungsfälle bis 150°C realisierbar. Da sich die Studie nur mit der Anwendung der Wärmepumpe zum Heizen beschäftigt, wird auf die weiteren Anwendungen wie z.B. das Kühlen nicht weiter eingegangen.

2.2.1 Betriebsweisen

Wärmepumpen zur Raumheizung können, je nach den Randbedingungen des Einsatzortes, in unterschiedlicher Art und Weise betrieben werden. Grundsätzlich unterscheidet man folgende Betriebsweisen:

Monovalent

Die Wärmepumpe dient als alleiniger Wärmeerzeuger.

Bivalent alternativ

Außer der Wärmepumpe steht noch ein zweiter Wärmeerzeuger als Energieträger zur Verfügung. Dieser geht in Betrieb, wenn die Wärmepumpe die Heizlast nicht mehr alleine decken kann. Diesen Betriebspunkt bezeichnet man auch als Bivalenzpunkt und die zugehörige Außentemperatur als Bivalenztemperatur. Die Wärmepumpe schaltet aus.

Bivalent

Der zweite Wärmeerzeuger geht in Betrieb, wenn die Wärmepumpe die Heizlast nicht mehr alleine decken kann. Diese bleibt parallel dazu in Betrieb. Wenn sich die Wärmepumpe ausschaltet falls eine bestimmte Einsatzgrenze (z.B. Außentemperatur kleiner -5°C) unterschritten wird, spricht man von teilparallel.

2.2.2 Wärmequellen

Für den wirtschaftlich sinnvollen Einsatz der Wärmepumpe spielt die Wärmequelle eine wesentliche Rolle. Die optimale Wärmequelle würde ihre Wärme ganzjährig bei konstantem Temperaturniveau von $> 10^{\circ}\text{C}$ zur Verfügung stellen und wäre ortsunabhängig und kostengünstig zu erschließen. Die tatsächlich verfügbaren Wärmequellen Außenluft (direkt oder über Massivabsorber), Erdreich (als Erdsonden oder als Flächenkollektor) und Wasser (Grundwasser, Oberflächenwasser) können der optimalen Wärmequelle immer nur zum Teil gerecht werden.

Weiterhin steht als Wärmequelle auch die Nutzung von Abwärme zur Verfügung. Im einfachsten Falle wird die Abwärme der Abluft einer Anlage zur kontrollierten Wohnungslüftung entzogen und mittels Wärmepumpe auf die Zuluft übertragen.

2.2.2.1 Direkte Nutzung der Außenluft

Die Außenluft wird mit Hilfe eines Ventilators über den Verdampfer gesaugt. Dabei wird ihr die erforderliche Wärme entzogen und auf das Kältemittel übertragen. Die abgekühlte Luft wird danach wieder ins Freie gefördert.

Die Verwendung von Außenluft hat den großen Vorteil, dass diese Quelle praktisch überall verfügbar und leicht erschließbar ist. Nachteilig ist jedoch, dass durch die jahres- und tageszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit der erzielbare Wärmegewinn stark schwankt und außerdem genau ent-

gegengesetzt dem Heizwärmebedarf ist. Das bedeutet, dass bei kalten Außentemperaturen der Wärmegewinn durch die Wärmepumpe gering ist. Es wird dann eine weitere Heizung benötigt. Außenluft/Wasser-Wärmepumpen werden deshalb vor allem im sog. bivalenten Betrieb als Ergänzung zu bestehenden Zentralheizungen im Rahmen der Modernisierung bestehender Heizungsanlagen eingesetzt. Messungen haben gezeigt, dass bivalent betriebene Wärmepumpen unter unseren klimatischen Bedingungen bis zu 85 % der benötigten Jahresheizwärme decken können. Die Einsatzgrenzen der Wärmepumpe sind herstellerabhängig; üblich sind aber Außentemperaturen von -15°C bis $+35^{\circ}\text{C}$. Die typische Wärmeentzugsleistung liegt pro $1.000\text{ m}^3/\text{h}$ Außenluft bei ca. 3 bis 4 kW und die typische Jahresarbeitszahlen mit Fußbodenheizsystem und Warmwasservorwärmung bei 2,7 – 3,3.

2.2.2.2 Erdreich mit Flächenkollektor

Soledurchflossene, horizontale Rohrschlangen aus Kunststoff (PE) werden in ca. 1,2 bis 1,5 m Tiefe im Erdreich verlegt. Bei der aufgenommenen Wärme handelt es sich im Wesentlichen um gespeicherte Sonnenenergie und zudem um aus Luft und Regen zugeführter Energie. Der Wärmestrom, der aus der Erde von unten zuströmt, ist kleiner als 1 W/m^2 .

Die Erdreichtemperatur ist im Wesentlichen abhängig von der Wärmeentzugsleistung. Die kältesten Temperaturen stellen sich zeitverzögert im Februar ein, je nach Auslegung, ca. -5°C (Sole). Ab März beginnt die Regeneration. Die mittlere Soletemperatur während der Heizperiode liegt bei ca. $+2^{\circ}\text{C}$. Die typische Wärmeentzugsleistung beträgt pro m^2 Erdkollektor min. 10 W/m^2 trockener Boden bzw. max. 40 W/m^2 feuchter Boden. Typische Jahresarbeitszahlen mit Fußbodenheizsystem und Warmwasservorwärmung sind 3,5 – 4,5.

Nachteilig wirken sich bei dieser Variante der benötigte Platzbedarf sowie der mögliche Einfluss auf die Vegetation im Bereich der verlegten Flächenkollektoren aus.

2.2.2.3 Erdreich mit Erdsonden

Hierbei handelt es sich um soledurchflossene, vertikale Erdsonden als Rohr-im-Rohr-System und/oder Doppel-U-Rohr. Die Sonden erreichen eine Tiefe von 30 bis 100 m, teilweise sogar darüber. Die Bohrlöcher (mit Einbringung der Sonde und Dichtheitsprüfung) werden von speziell ausgerüsteten Bohrfirmen hergestellt. Eine monoenergetische Betriebsweise wird empfohlen.

Die Soletemperatur ist im Wesentlichen abhängig von der Entzugsleistung. Die kältesten Temperaturen stellen sich zeitverzögert im Februar ein, je nach Auslegung 0°C bis -5°C . Ab März beginnt die Regeneration. Die mittlere Soletemperatur während der Heizperiode liegt bei ca. $+5^{\circ}\text{C}$.

Die typische Wärmeentzugsleistung liegt im Bereich von min. 20 W/m bis max. 80 W/m (bei starkem Grundwasserfluss). Der Richtwert liegt bei 50 W/m^2 . Typische

Jahresarbeitszahlen mit Fußbodenheizsystem und Warmwasservorwärmung liegen bei 3,3 – 4,5.

2.2.2.4 Grundwasser

Über eine Tauchpumpe wird aus einem Förderbrunnen (Bohrtiefe bis ca. 15m) Grundwasser entnommen, über den Verdampfer der Wärmepumpe geleitet und abgekühlt. Über den Schluckbrunnen wird es wieder zurückgeführt. Eine monovalente Betriebsweise ist möglich.

Die typische Wärmeentzugsleistung beträgt pro 1 m³/h Grundwasser (7 bis 12°C) ca. 5 – 6 kW. Typische Jahresarbeitszahlen mit Fußbodenheizsystem und Warmwasservorwärmung liegen bei 3,7 – 5,0.

2.2.2.5 Oberflächenwasser

Das Oberflächenwasser wird üblicherweise fließenden Gewässern entnommen und über einen Wärmetauscher geleitet. Dort wird die Wärme an den Solekreislauf übertragen. Eine monovalente Betriebsweise wird nicht empfohlen.

Es sind wesentlich größere Temperaturschwankungen als bei Grundwasser möglich. Die Temperaturen liegen zwischen 2°C bis 15°C. Die typische Wärmeentzugsleistung beträgt pro 1 m³/h Oberflächenwasser ca. 3 – 4 kW. Typische Jahresarbeitszahlen mit Fußbodenheizsystem und Warmwasservorwärmung liegen bei 3,2 – 3,7.

2.3 Einteilung und Kennziffern

2.3.1 Bezeichnung von Wärmepumpen

In Abhängigkeit von den Wärmeträgermedien auf der Verdampfer- und Verflüssigerseite werden Wärmepumpen wie in der Tabelle 2-1 dargestellt bezeichnet.

Tabelle 2-1: Charakterisierung der Wärmepumpen

Bezeichnung	Verdampfer	Verflüssiger
Luft/Wasser-Wärmepumpe	Außenluft	Heizwasser
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	Grundwasser	Heizwasser
Sole/Wasser-Wärmepumpe	Sole	Heizwasser
Luft/Luft-Wärmepumpe	Außenluft	Zuluft

2.3.2 Wichtige Kennziffern

Die nachfolgende Tabelle 2-2 führt die wichtigsten Kennziffern zur Beurteilung einer Wärmepumpe bzw. einer Wärmepumpenanlage auf.

Tabelle 2-2: Wichtige Kennziffern zur Beurteilung einer Wärmepumpe bzw. einer Wärmepumpenanlage

Name	Berechnung / Bedeutung	Aussage
Leistungszahl ϵ	Das momentane Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu aufgenommener elektrischer Antriebsleistung, bezogen auf einen bestimmten Anlagenumfang gemäß VDI 2067, für einen bestimmten Arbeitspunkt (Temperaturverhältnis)	Effizienz einer Elektro-Wärmepumpe
Jahresarbeitszahl β_a	Das Verhältnis aus jährlich gelieferter Wärme zu jährlich aufgenommener elektrischer Antriebsenergie, bezogen auf einen bestimmten Anlagenumfang gemäß VDI 2067	Effizienz einer Wärmepumpenanlage mit Elektro-Wärmepumpe
Heizzahl ζ	Das momentane Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu aufgenommener Brennstoffleistung, bezogen auf einen bestimmten Anlagenumfang gemäß VDI 2067, für einen bestimmten Arbeitspunkt (Temperaturverhältnis)	Effizienz einer primärenergetisch betriebenen Wärmepumpe ¹⁾
Jahresheizzahl ζ_a	Das Verhältnis aus jährlich gelieferter Wärme zu jährlich aufgenommener Brennstoffenergie, bezogen auf einen bestimmten Anlagenumfang gemäß VDI 2067	Effizienz einer Wärmepumpenanlage mit primärenergetisch betriebenen Wärmepumpe ¹⁾

¹⁾ Verbrennungsmotorisch angetriebene Kompressionswärmepumpe oder mit Primärenergie betriebene Absorptionswärmepumpe

3 Einsatz der Wärmepumpe im Wohnraumheizungsbereich

3.1 Allgemeine Entwicklung des Wärmepumpenmarktes in Österreich von 1975 bis 2001

Die Entwicklung des Wärmepumpenmarktes¹ in Österreich (siehe Abbildung 3-1 und 3-2) geht bis auf die Mitte der 70er Jahre zurück. Während in einem Zeitraum von 1975 bis 1979 die ersten 1.200 Anlagen installiert werden konnten, lag die Zahl der installierten Wärmepumpenanlagen in Österreich im Jahr 1980 bei bereits 4.600 und steigerte sich bis zum Jahr 1986 auf 13.350. Die jährliche Wachstumsrate lag somit zwischen 1981 und 1986 bei durchschnittlich 20 %, wobei vor allem die Nachfrage nach Brauchwasser-Wärmepumpen mit einer jährlichen Wachstumsrate von über

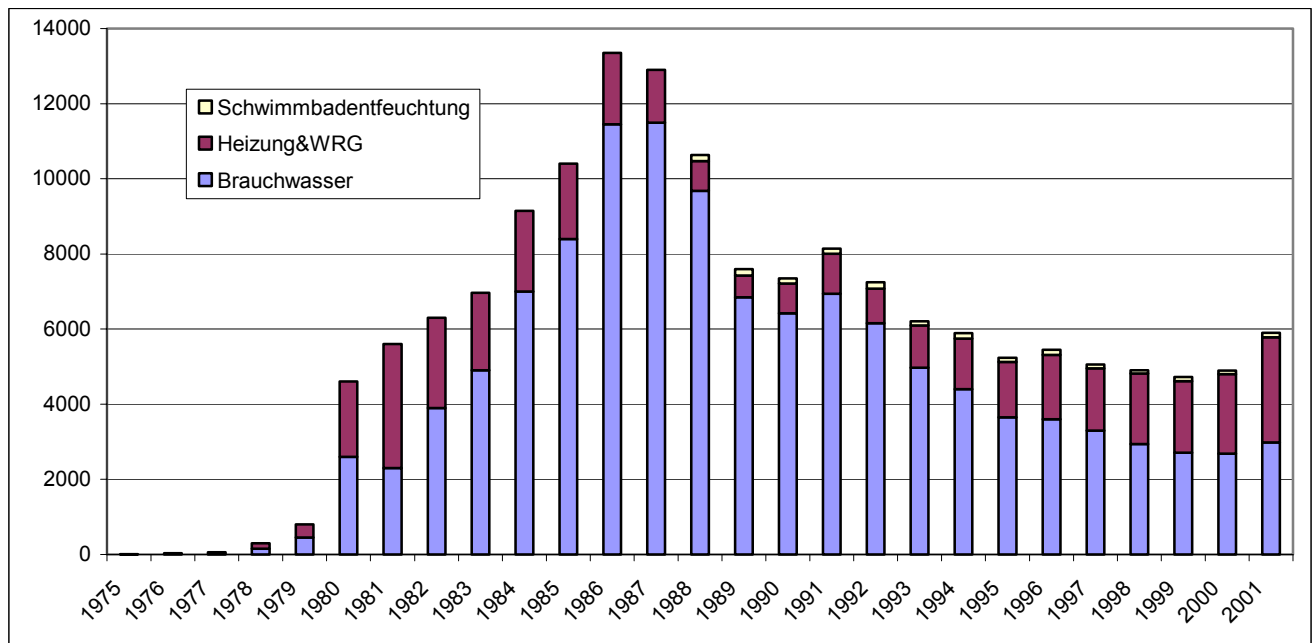
¹ Vgl., Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002; Die von Faninger publizierten und in dieser Studie zitierten Daten werden von Fachleuten kritisiert. Da aber in Österreich zu dieser Thematik keine andere Datenquelle vorhanden ist, wird in dieser Studie auf diese Daten zurückgegriffen.

30 % überdurchschnittlich stark angestiegen ist. Der durchschnittliche Anteil an Heizungs-Wärmepumpen lag in diesem Zeitraum bei 30,6 %.

Seit dem Jahr 1987 ging die Anzahl der jährlich installierten Wärmepumpenanlagen kontinuierlich zurück und erreichte im Jahr 1999 mit 4.723 Anlagen ein Tief. Dieses Tief liegt begründet in einem durchschnittlichen Rückgang von 10 % bei den installierten Brauchwasser-Wärmepumpen und einen nur leichten Anstieg von 3,1 % bei den Heizungs-Wärmepumpen. Weiters konnte sich der Anteil von Heizungs-Wärmepumpen am gesamten Wärmepumpenmarkt von 10,9 % im Jahr 1987 auf 40,3 % im Jahr 1999 steigern.

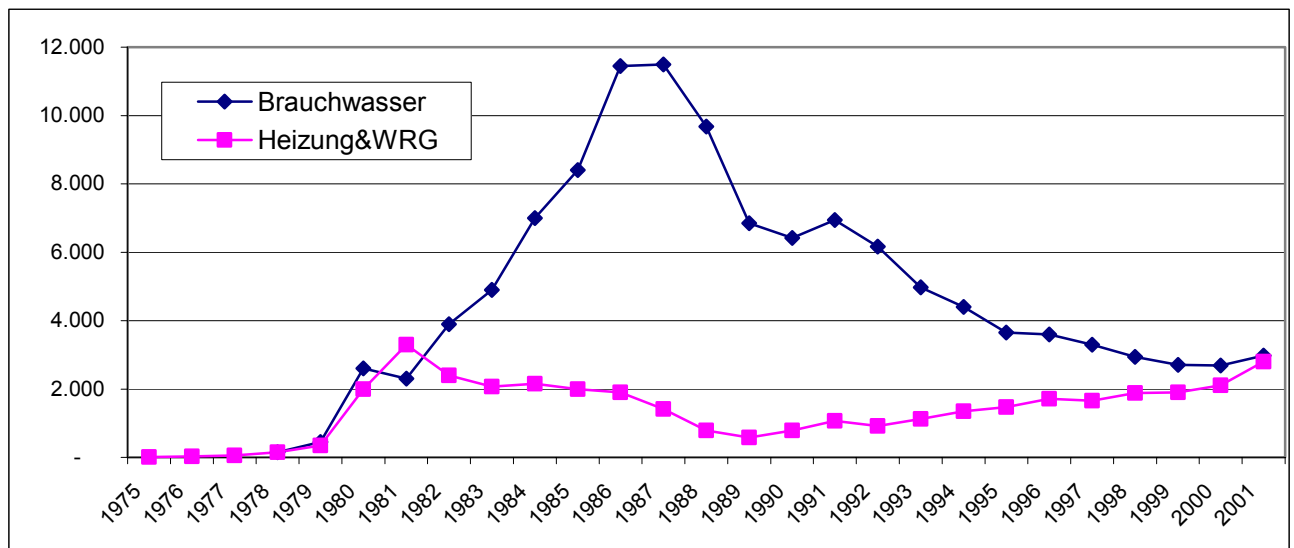
In den Jahren 2000 und 2001 nahm die Anzahl der installierten Wärmepumpenanlagen wieder um durchschnittlich 12,1 % pro Jahr zu. Besonders stark, und zwar mit 21,8 % sind in diesen zwei Jahren die Installationen von Heizungs-Wärmepumpen angestiegen. Seit dem Jahr 1988 werden auch Wärmepumpen zur Schwimmbad-Entfeuchtung installiert, wobei der jährliche durchschnittliche Anteil an den gesamten installierten Wärmepumpen bei relativ konstanten 2 % liegt. Im Jahr 2001 wurden somit 2.980 Brauchwasser-Wärmepumpen, 2.801 Heizungs-Wärmepumpen und 121 Schwimmbad-Entfeuchtungs-Wärmepumpen installiert. Der Anteil von Heizungs-Wärmepumpen lag bei 47,5 % und jener der Brauchwasser-Wärmepumpen bei 50,5 %.

Abbildung 3-1: Jährlich installierte Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001



Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

Abbildung 3-2: Verlauf der jährlich installierten Brauchwasser- und Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001



Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

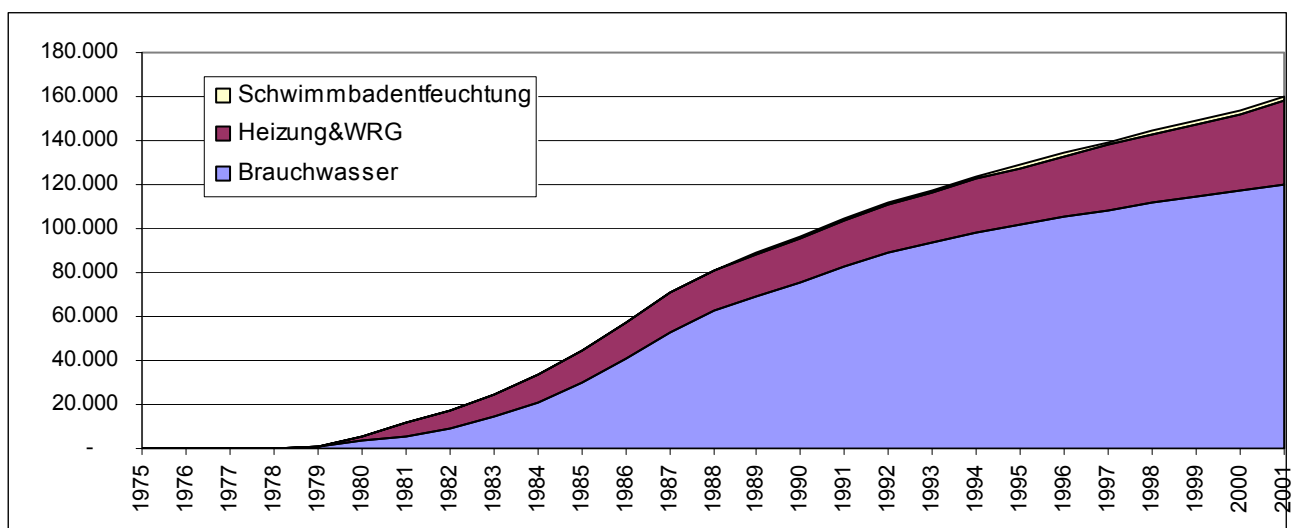
Von 1975 bis 2001 konnten in Summe österreichweit 159.698 Wärmepumpenanlagen installiert werden, darunter 119.929 Brauchwasser-Wärmepumpen, 37.986 Heizungs-Wärmepumpen und 1.783 Schwimmbad-Entfeuchtungs-Wärmepumpen (siehe Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Installierte Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001 – kumulierte Werte

	Brauchwasser	Heizung&WRG	Schwimmbadentfeuchtung	Gesamt
1975	-	10	-	10
1976	-	40	-	40
1977	-	100	-	100
1978	150	250	-	400
1979	600	600	-	1.200
1980	3.200	2.600	-	5.800
1981	5.500	5.900	-	11.400
1982	9.400	8.300	-	17.700
1983	14.300	10.370	-	24.670
1984	21.300	12.520	-	33.820
1985	29.700	14.520	-	44.220
1986	41.150	16.420	-	57.570
1987	52.640	17.830	-	70.470
1988	62.320	18.620	160	81.100
1989	69.170	19.200	330	88.700
1990	75.590	19.990	472	96.052
1991	82.530	21.056	606	104.192
1992	88.690	21.976	773	111.439
1993	93.661	23.101	886	117.648
1994	98.061	24.451	1.031	123.543
1995	101.711	25.925	1.145	128.781
1996	105.311	27.637	1.278	134.226
1997	108.611	29.294	1.377	139.282
1998	111.551	31.173	1.458	144.182
1999	114.259	33.077	1.569	148.905
2000	116.949	35.185	1.662	153.796
2001	119.929	37.986	1.783	159.698

Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

Abbildung 3-3: Verlauf der installierten Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001 – kumulierte Werte

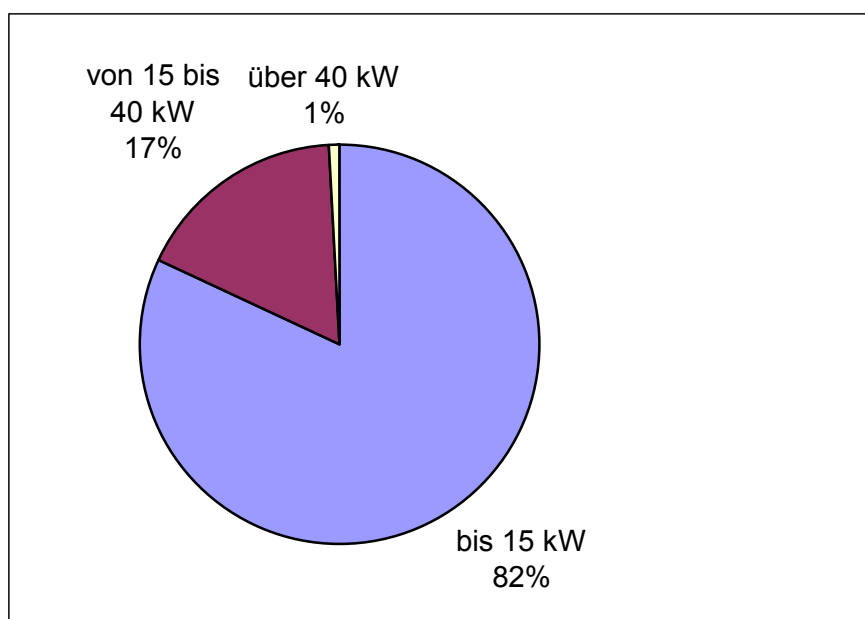


Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

3.1.1 Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Österreich nach Leistungsbereichen und Systemen

Die Aufgliederung der installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Leistungsbereichen gestaltete sich in Österreich im Jahr 2001 wie folgt: Von den insgesamt 2.801 Anlagen verzeichneten 2.297 Anlagen (82 %) eine Heizleistung von unter 15 kW, eine Heizleistung zwischen 15 und 40 kW wurde von 484 Anlagen (17 %) erreicht und 20 Anlagen (0,7 %) hatte eine Heizleistung von über 40 kW (siehe Abbildung 3-4).

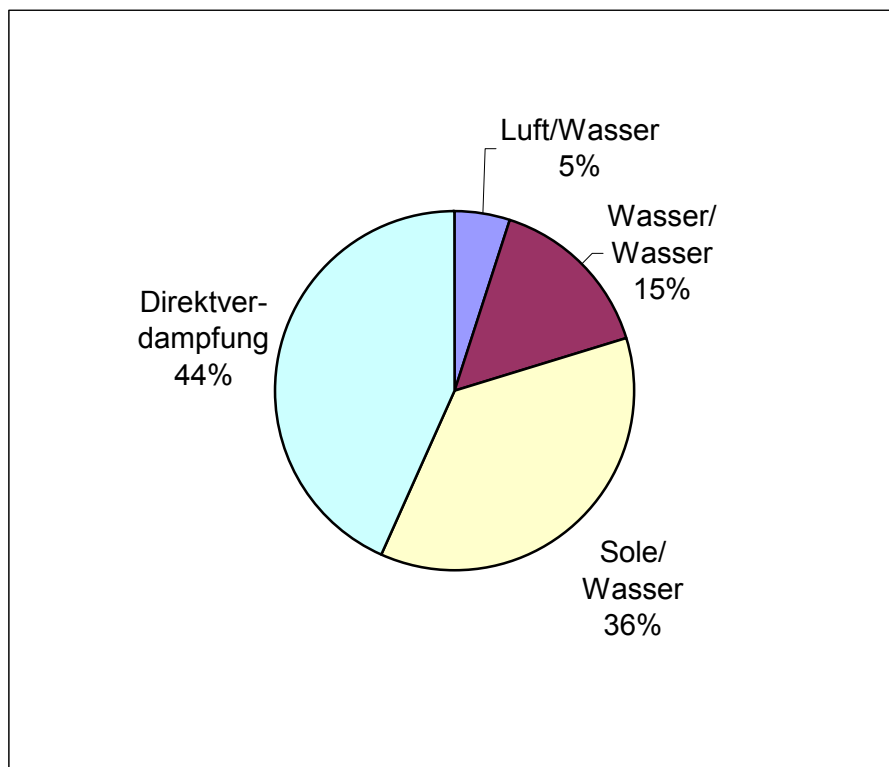
Abbildung 3-4: Aufgliederung der Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Leistungsbereichen im Jahr 2001



Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

Gliedert man hingegen die Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Systemen, so ergab sich für das Jahr 2001 österreichweit die in Abbildung 3-5 dargestellte Verteilung: Dominiert haben die Erdreich/Wasser-Wärmepumpen, wobei die Systeme mit Direktverdampfung einen Anteil von 44 % und die Sole/Wasser-Systeme einen Anteil von 36 % erreichten, gefolgt von den Wasser/Wasser-Wärmepumpen mit 15 % und den Luft/Wasser-Wärmepumpen mit 5 %.

Abbildung 3-5: Aufgliederung der Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Systemen im Jahr 2001



Quelle: Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

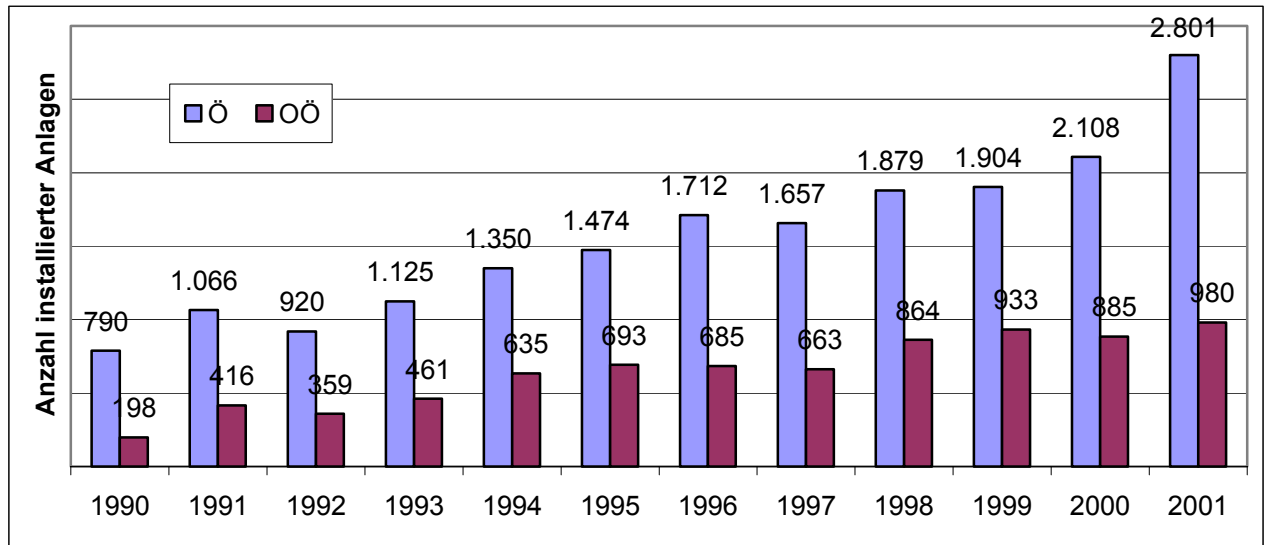
3.2 OÖ-Marktanteil am Heizungs-Wärmepumpenmarktes von 1990 bis 2001

Über die Jahre 1990 bis 2001 erreichte OÖ einen durchschnittlichen Marktanteil am Heizungs-Wärmepumpenmarkt (inklusive Wärmerückgewinnung) von rund 41 % und weist somit gegenüber den anderen Bundesländern den größten Heizungs-Wärmepumpenmarkt, gemessen nach der Anzahl der installierten Anlagen, auf.²

In Zahlen ausgedrückt, wurden im Jahr 1990 198 und im Jahr 2001 bereits 980 Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich installiert (siehe Abbildung 3-6). Weiters ist trotz Rückgangs des oberösterreichischen Marktanteils von 1999 auf 2001 die Anzahl der in OÖ installierten Anlagen gestiegen.

² Hier wurden die von G. Faninger berechneten Marktanteile für OÖ (basieren auf Meldungen der Wärmepumpen-Firmen) auf die ebenfalls von G. Faninger berechnete Anzahl aller jährlich in Österreich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen umgelegt.

Abbildung 3-6: Anzahl der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpen-anlagen in Österreich und Oberösterreich von 1990 bis 2001

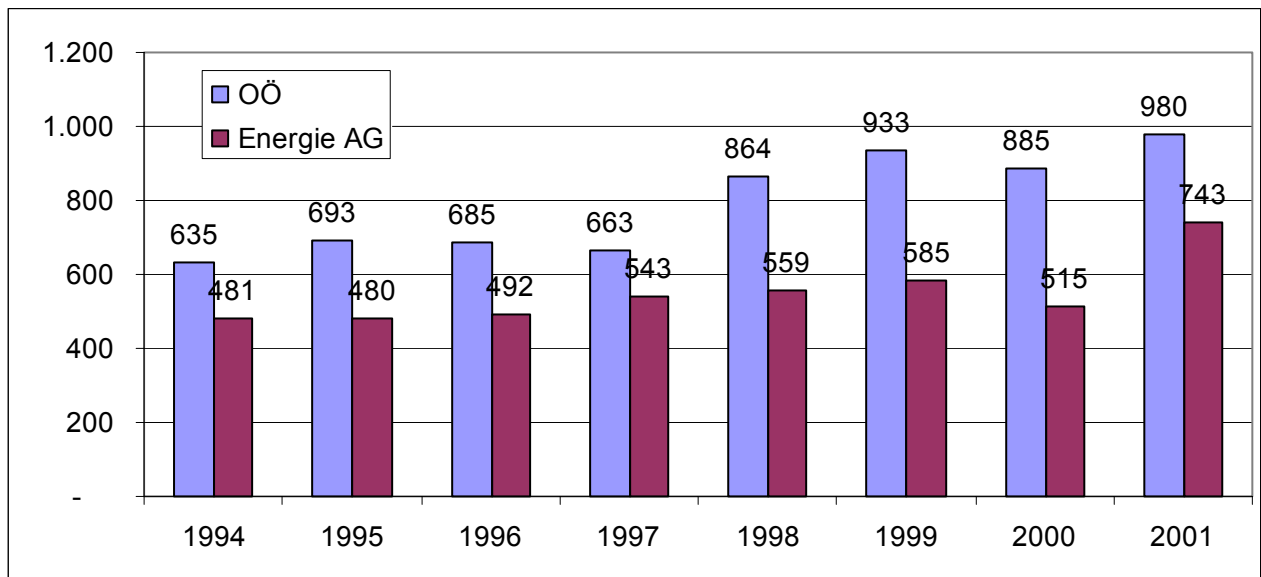


Quelle: eigene Berechnungen; Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

Wie man an der nachstehenden Abbildung 3-7 erkennt, befindet sich der Großteil der in OÖ installierten Heizungs-Wärmepumpen im Gebiet der Energie AG. In den Jahren 1994 bis 2001 wurden durchschnittlich 550 Heizungs-Wärmepumpen pro Jahr im Energie AG-Gebiet installiert.

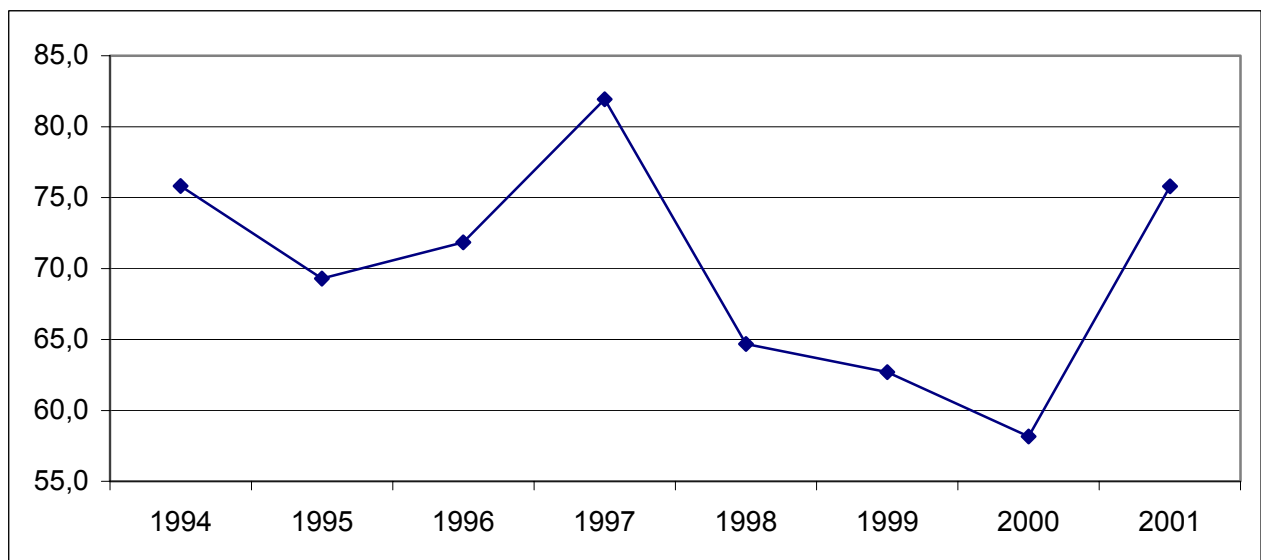
Damit lag der Anteil der im Energie-AG-Gebiet installierten Wärmepumpen in Oberösterreich im Jahr 1994 bei 75,8 % und konnte bis zum Jahr 1997 auf knapp 82 % ansteigen. Danach sank der Anteil bis zum Jahr 2000 auf 58,2 % und steigerte sich wiederum bis zum Jahr 2001 auf 75,8 %. In den Jahren 1994 bis 2001 lag der durchschnittliche jährliche Anteil bei rund 70 %

**Abbildung 3-7: Anzahl der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpen-
anlagen in Oberösterreich und im Energie AG-Gebiet von 1994 bis 2001**



Quelle: Energie AG; Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002; eigene Berechnungen

**Abbildung 3-8: Verlauf des Energie-AG-Marktanteils am oö. Heizungswärme-
pumpenmarkt in %**



Quelle: Energie AG; Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002; eigene Berechnungen

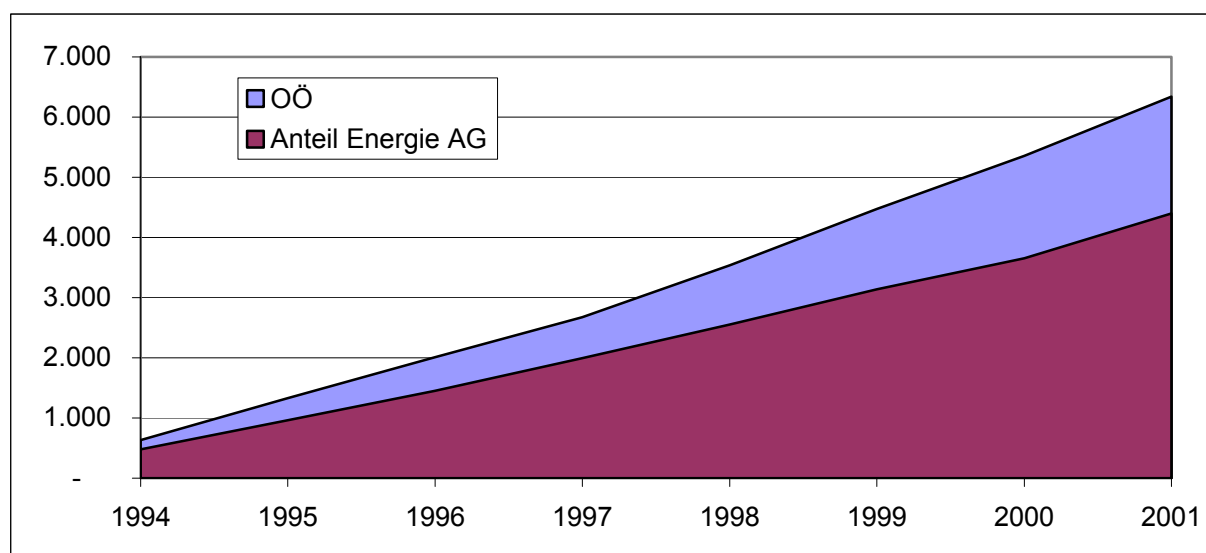
Über die Jahre 1994 bis 2001 wurden in Oberösterreich 6.338 Heizungs-Wärmepumpen installiert, davon 4.398 im Energie AG-Gebiet (siehe Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Installierte Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich und im Energie AG-Gebiet in den Jahren 1994 bis 2001 – kumulierte Werte

	OÖ	davon im Energie AG-Gebiet
1994	635	481
1995	1.327	961
1996	2.012	1.453
1997	2.675	1.996
1998	3.539	2.555
1999	4.472	3.140
2000	5.358	3.655
2001	6.338	4.398

Quelle: Energie AG; Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002; eigene Berechnungen

Abbildung 3-9: Verlauf der installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich und im Energie-AG-Gebiet von 1994 bis 2001– kumulierte Werte



Quelle: Energie AG; Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002; eigene Berechnungen

4 Prognose für den Wärmepumpeneinsatz für Heizzwecke bis 2010 in Oberösterreich

Um den Einsatz von Heizungs-Wärmepumpen in Oberösterreich bis zum Jahr 2010 zu prognostizieren, bedarf es der Festlegung einiger Annahmen. So wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die Vorzüge einer Wärmepumpe, wie z.B. CO₂-Einsparung und Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen (jährlicher Einkauf fossiler Energie in Österreich im Wert von 2,2 bis 2,9 Mrd. Euro) in Zeiten in denen man sich auch international im Rahmen des Kyoto-Protokolls zum Klimaschutz bekennt wesentlich mehr Bedeutung erlangen werden wie bisher. In der Folge wird deshalb angenommen, dass sich der Heizungs-Wärmepumpenmarkt

durch entsprechende Förderungen und Marketingaktivitäten zumindest ähnlich entwickeln wird wie auch in den Jahren zuvor. Hinsichtlich Förderungspolitik in Oberösterreich wurde angenommen, dass diese mindestens mit der Vergangenheit konform geht. (Details zur Förderung der Wärmepumpe in OÖ siehe Kapitel 5). Weiters wird auch davon ausgegangen, dass die Wärmepumpenhersteller in (Ober-)österreich ihren potentiellen Kunden die Produktvorteile weiterhin ausreichend transparent darstellen können.

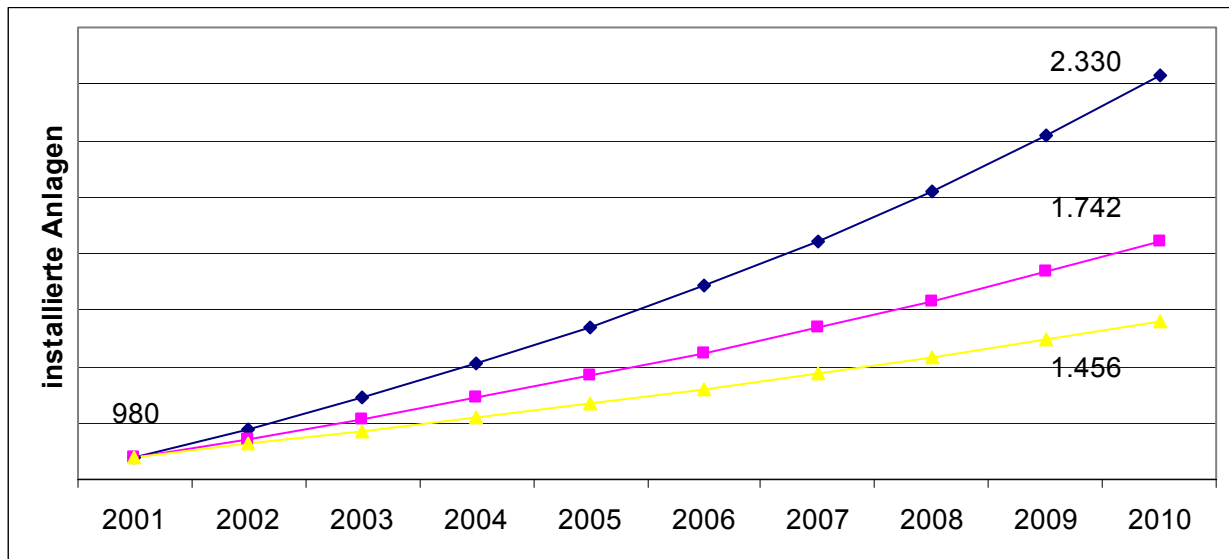
Konkret bedeutet dies, dass aus der historischen Entwicklung des Heizungs-Wärmepumpenmarktes in Oberösterreich drei unterschiedliche Prognoseszenarien abgeleitet werden. Das optimistischste Prognoseszenario beruht auf der 10-jährigen Entwicklung des oberösterreichischen Heizungs-Wärmepumpenmarktes von 1991 bis 2001 und führt zu einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von 10,1 %. Das mittlere Prognoseszenario basiert auf der Marktentwicklung des 5-jährigen Zeitraums von 1996 bis 2001 und ergibt eine jährliche durchschnittliche Wachstumsrate von 6,6 % und das pessimistischste Prognoseszenario mit einer Wachstumsrate von 4,5 % leitet sich aus der 3-jährigen Marktentwicklung von 1999 bis 2001 ab. Im optimistischsten Szenario würden im Jahr 2010 2.230, im mittleren Szenario 1.742 und im pessimistischsten Szenario 1.456 Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich installiert werden (siehe Tabelle 4-1 und Abbildung 4-1).

Tabelle 4-1: Entwicklung des Heizungs-Wärmepumpeneinsatzes in Oberösterreich bis 2010 in drei unterschiedlichen Prognoseszenarien

	In OÖ jährlich installierte Heizungs-Wärmepumpenanlagen bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von		
	10,1%	6,6%	4,5%
2001	980	980	980
2002	1.079	1.045	1.024
2003	1.188	1.114	1.070
2004	1.308	1.187	1.118
2005	1.440	1.265	1.169
2006	1.585	1.349	1.221
2007	1.746	1.438	1.276
2008	1.922	1.533	1.334
2009	2.116	1.634	1.394
2010	2.330	1.742	1.456

Quelle: Eigene Berechnungen (wobei für das Jahr 2001 der von G. Faninger berechnete Marktanteil für OÖ auf die ebenfalls von G. Faninger berechnete Anzahl aller in Österreich installierter Heizungs-Wärmepumpenanlagen pro Jahr umgelegt wurde).

Abbildung 4-1: Mögliche Entwicklung der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich bis zum Jahr 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Dass diese Prognosedaten eher vorsichtig geschätzt wurden, zeigt eine Schätzung über die Marktentwicklung für Heizungswärmepumpen zwischen den Jahren 2002 und 2007 in Deutschland, wo unter „status quo“-Bedingungen von einem jährlichen Wachstum von 16 % ausgegangen wird und unter „Stimulierungs“-Bedingungen sogar jährliche Wachstumsraten von bis zu über 80 % erreicht werden sollen.³

Drückt man diese oberösterreichischen Prognosedaten als Anteil an den in Oberösterreich jährlich geförderten Eigenheimen aus, so würde dieser im Jahr 2002, in dem rund 7.760 Eigenheime (Sanierung und Neubau) gefördert wurden, zwischen 13,2 % und 13,9 % liegen. Über die Jahre 1993 bis 2002 wurden in Oberösterreich durchschnittlich pro Jahr 9.191 Eigenheime gefördert. Nimmt man diese Anzahl auch als Richtwert bis zum Jahr 2010, so wird sich der Anteil der installierten Heizungs-Wärmepumpen an den in OÖ geförderten Eigenheimen, wie in der Tabelle 4-2 dargestellt, entwickeln. Im Jahr 2010 wird der Anteil gemäß der unterschiedlichen drei Prognoseszenarien auf 15,8 % bis 25,3 % ansteigen.

³ Vgl., Frey, Schöler & Scheuber Managementberatung GmbH, Markt für Wärmepumpen in Deutschland und NRW – Strukturen und Entwicklungsmöglichkeiten, Remshalden, Nov. 2002

Tabelle 4-2: Anteil der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen an den in Oberösterreich geförderten Eigenheimen von durchschnittlich 9.191 pro Jahr

	Anteil bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von		
	10,1%	6,6%	4,5%
2002	13,9	13,5	13,2
2003	12,9	12,1	11,6
2004	14,2	12,9	12,2
2005	15,7	13,8	12,7
2006	17,3	14,7	13,3
2007	19,0	15,6	13,9
2008	20,9	16,7	14,5
2009	23,0	17,8	15,2
2010	25,3	19,0	15,8

Quelle: Eigene Berechnungen

5 Förderung für den Einsatz von Wärmepumpen in Oberösterreich

Die nachstehende Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die Förderungshöhe von Wärmepumpen im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung von 1980 bis 2003.

Tabelle 5-1: Wärmepumpenförderung von 1980 bis 2003 in Euro; einmaliger nicht rückzahlbarer Bauzuschuss

	Beschreibung der Förderung	Förderung pro Anlage in €
1980-1982	pro Wärmepumpe	1.453
1983-1984	25 % der Anlagekosten; max	1.453
1985-1988	15 %, 20 % oder 25 % der Anlagekosten; max	1.817
1989-1991	Wärmepumpe zur Wasseraufbereitung Heizungswärmepumpe	363 1.453
1992-2001	50 % der Anlagekosten; max. für eine Wärmepumpe zur Wasseraufbereitung Heizungswärmepumpe (Erd-u. Wasser-/Wasser) Luft-Wärmepumpe zur Beheizung	363 2.180 1.453
seit 2002	50 % der Anlagekosten; max. für eine Wärmepumpe zur Wasseraufbereitung Heizungswärmepumpe (Erd-u. Wasser-/Wasser) Luft-Wärmepumpe zur Beheizung	370 2.200 1.500

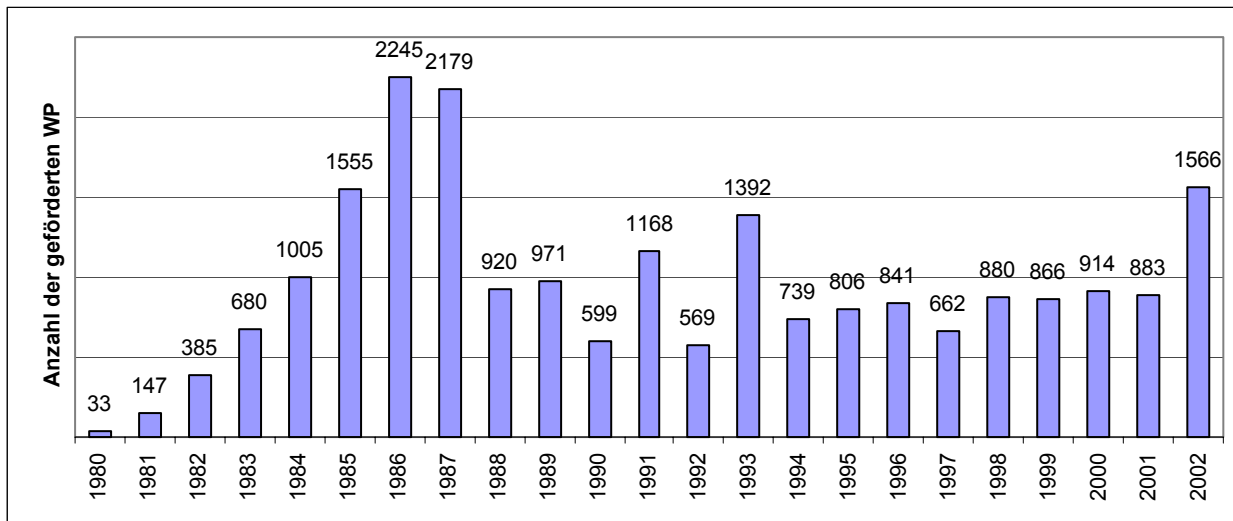
Quelle: Land OÖ

Zusätzlich zu dieser Förderung besteht auch noch die Möglichkeit im Rahmen des Impulsprogramms „Austausch von alten Heizkesseln und Wärmeerzeugern“ einen Zuschuss von 10 % der anrechenbaren Nettoinvestitionen begrenzt mit einem Maximalbetrag von 220 Euro bzw. 550 Euro (erhöhte Förderung gilt nur bei der Umrüstung von fossilen Energieträgern auf eine Wärmepumpe, wenn der alte Öltank

bzw. Flüssigtank gereinigt und entsorgt wird) zu beantragen. Aufgrund mangelnder Daten gehen Wärmepumpen, die im Impulsprogramm gefördert wurden, nicht in die nachstehenden Ausführungen ein.

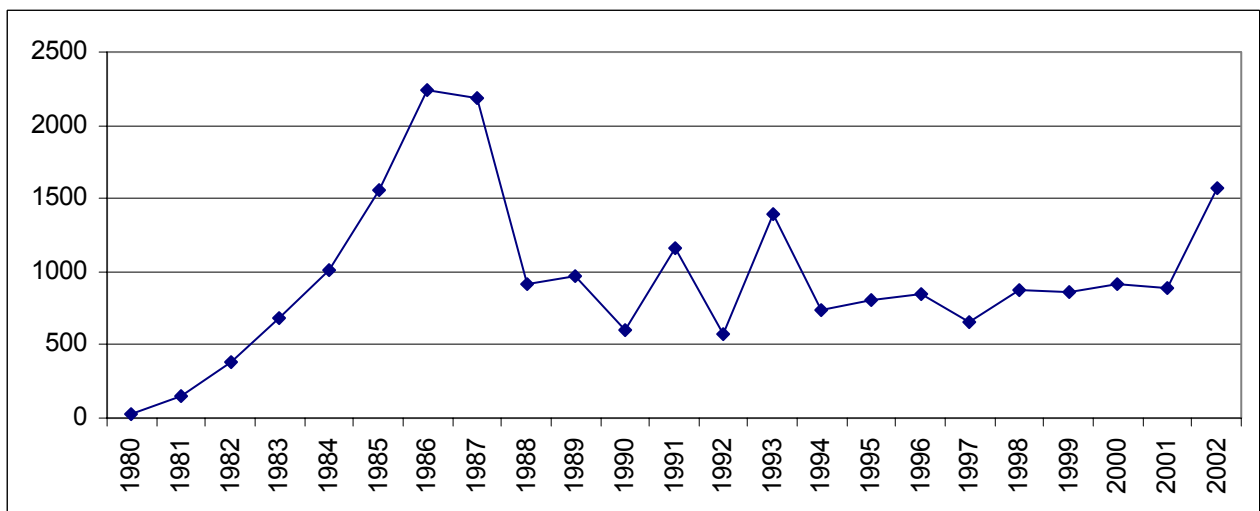
Über die Jahre 1980 bis 2002 wurden in Oberösterreich aus dem Wohnbauförderungsbudget 22.005 Wärmepumpen gefördert, also durchschnittlich 957 Anlagen pro Jahr. Im Zeitraum 1990 bis 2002 lag die durchschnittliche Anzahl geförderter Wärmepumpen bei 988. Vor allem zu Beginn der 80er Jahre ist die Anzahl der geförderten Wärmepumpen sehr stark gestiegen, so lag beispielsweise die Anzahl geförderter Wärmepumpen im Jahr 1986 bei 2.245. Von 1980 bis 2002 ist in Summe ein leicht steigender Trend zu erkennen.

Abbildung 5-1: Anzahl der jährlich geförderten Wärmepumpen in Oberösterreich von 1980 bis 2002



Quelle: Land OÖ

Abbildung 5-2: Verlauf der jährlich geförderten Wärmepumpen in Oberösterreich

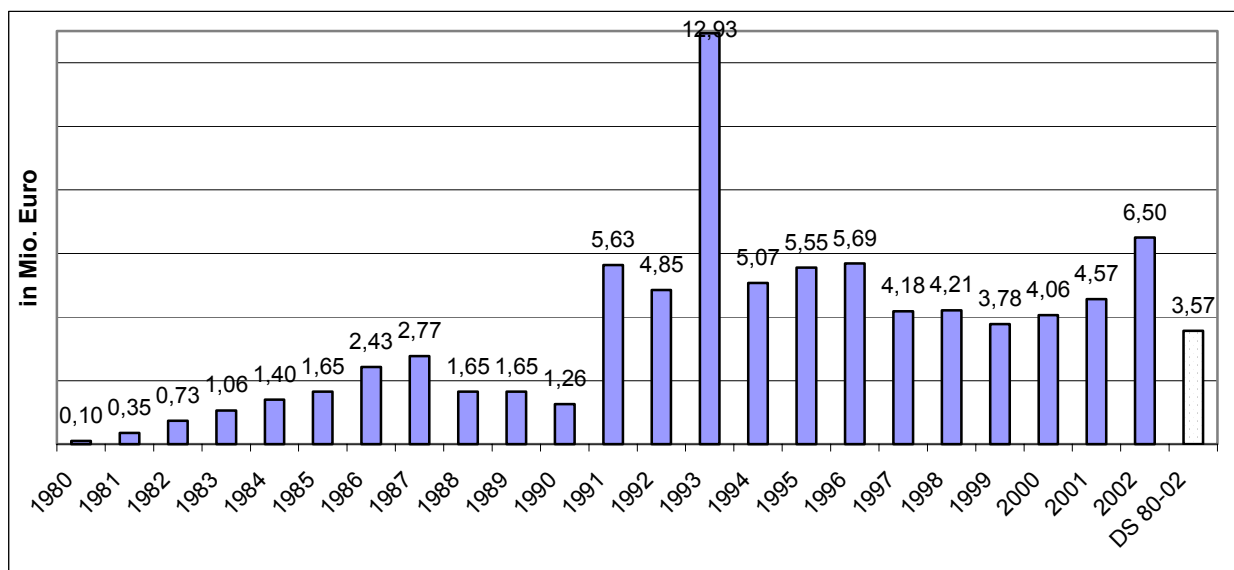


Quelle: Land OÖ

Obwohl es auch keine Daten dazu gibt, wie sich die geförderten Wärmepumpen auf die einzelnen Wärmepumpenarten aufteilen, kann man nach Aussagen von Fachleuten davon ausgehen, dass es sich bei rund 2/3 der geförderten Anlagen um Heizungs-Wärmepumpen handelt.

Durchschnittlich flossen in Oberösterreich in den Jahren 1980 bis 2002 im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung 3,57 Mio. Euro pro Jahr in die Förderung von alternativen Energiegewinnungsanlagen, wobei das Fördervolumen im Laufe der Zeit angestiegen ist. In den 5 Jahren von 1998 bis 2002 lag das Fördervolumen bei durchschnittlich 4,62 Mio. Euro pro Jahr, wobei ungefähr ein Viertel in die Förderung der Heizungs-Wärmepumpe, zwei Drittel in die Förderung von Solaranlagen und der Rest in Fernwärme und andere Wärmepumpenanlagen floss. Die Förderung von Pellets und Hackgut hat in diesen Jahren nicht unter dem Titel Wohnbauförderung stattgefunden.

Abbildung 5-3: Jährliches Fördervolumen für alternative Energiegewinnungsanlagen in Oberösterreich im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung



Quelle: Land OÖ

6 Vergleich des Einsatzes verschiedener Heizsysteme am Beispiel eines 175 m² Einfamilienhauses

6.1 Beschreibung der Referenzsysteme

Die Studie beschränkt sich auf den Einsatz der Wärmepumpe im Einfamilienhaus. Nachfolgend werden zwei Haustypen beschrieben, die für den Vergleich der Heizsysteme als Referenz herangezogen werden.

6.1.1 Neubau

6.1.1.1 Information zum Haus

Auf Wunsch des Auftraggebers wurde ein Einfamilienhaus mit einer beheizten Wohnfläche von 175 m² (entspricht einer Bruttogeschossfläche von ca. 220 m²) als Basis gewählt. Das Haus entspricht dem öö. Energiesparhaus mit einer Nutzheizenergiekennzahl (NEZ) von 65 kWh pro Quadratmeter und Jahr. Entsprechend der Erfahrungen des Energiesparverbandes⁴ kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Nutzheizenergiekennzahl in einem Bereich +/- 10 % liegt und daher der für diese Studie zu verwendende Durchschnittsverbrauch pro Jahr nur vom Wirkungsgrad des Heizsystems abhängig ist, da bei der Berechnung der NEZ bereits ein sehr angepasstes Durchschnittsverhalten unterstellt wurde.

6.1.1.2 Auslegung des Gaskessels

Die Brennwerttechnologie hat sich im Neubau bei der Verwendung von Erdgas nahezu vollständig durchgesetzt, da sich die Mehraufwendungen für einen Brennwertkessel oder eine Brennwerttherme durch die geringeren Verbrauchszahlen sehr schnell amortisieren. Daher wird für diesen Vergleich ebenfalls ein Brennwertkessel verwendet. Der Wirkungsgrad eines Brennwertkessels wird in der Literatur bezogen auf den Heizwert mit mehr als 100 % angegeben. Diese Werte sind jedoch nur bei einem konstanten optimalen Betriebspunkt erreichbar. Darüber hinaus treten auch noch Verluste innerhalb des Wärmeverteilsystems auf, sodass ein Jahresnutzungsgrad von 90 % für die weiteren Berechnungen verwendet wird.

6.1.1.3 Auslegung des Ölkessels

Obwohl auch bei der Verbrennung von Öl Brennwertkessel verfügbar sind, haben diese den Markt noch nicht wirklich durchdrungen. Daher wird in dieser Studie auch vom Einsatz eines konventionellen Kessels ausgegangen, der einen Jahreswirkungsgrad von 80 % aufweist. Als Lagervolumen wird eine einjährige Lagerung angenommen. Das Lagervolumen beträgt daher 1.800 l.

6.1.1.4 Auslegung des Pelettskessels

Die Entwicklung und der Einsatz von Pellets als Brennstoff sind in den letzten Jahren sehr rasch vorangeschritten. Heute stehen vollautomatische Anlagen zur Verfügung, die denselben Komfort und Jahreswirkungsgrad wie Ölkessel aufweisen. Für die vorliegende Studie wurde ein Kessel mit Raumaustragung, mit der Pellets automatisch von einem Lagerraum zum Kessel transportiert werden, angenommen. Ebenfalls angenommen wurde eine automatische Reinigung, weil diese sicherstellt,

⁴ Telefonat mit Dr. Dell am 20.11.2003

dass der Kessel stets mit optimalem Wirkungsgrad betrieben wird. Der Jahreswirkungsgrad wird mit 80 % angenommen. Der Lagerraum wird für eine ca. einjährige Lagerung (4.000 kg entsprechend 7,5 m³) ausgelegt.

6.1.1.5 Auslegung des Hackschnitzelkessel

Die Kosten aber auch die Emissionen für den Betrieb eines Hackschnitzelkessels differieren nur geringfügig von jenen eines Pelletskessels. Geringer sind nur die Vorleistungen, da die Hackschnitzel im Gegensatz zu den Pellets geringer mechanisch bearbeitet werden müssen. Dafür ist die Energiedichte geringer, sodass größere Transportvolumina notwendig sind, um dieselbe Energiemenge zu transportieren.

6.1.1.6 Auslegung der Solarthermieanlage

Nach Aussagen von Energie Tirol⁵ ist ein **hochgedämmtes Haus** mit einem Heizwärmebedarf unter 40 kWh/m² und Jahr Grundvoraussetzung für den sinnvollen und wirtschaftlichen Einsatz einer vollsolaren Heizung. Für Neubauten, deren Energiebedarf darüber liegt, ist es rentabler, in die Dämmung des Gebäudes oder in eine Wohnraumlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu investieren. Um ein Haus mit einer sinnvollen Anlagengröße **vollsolar** zu beheizen, ist eigentlich **Passivhausqualität** erforderlich (Heizwärmebedarf unter 15 kWh/m² EBF und Jahr).

Obwohl das gewählte Haus mit einer NEZ von 65 für eine vollsolare Versorgung nicht empfohlen und daher eine Solarthermieanlage in den Vergleich nicht weiter einbezogen wird, folgt eine kurze Darstellung der Funktionsweise. Über die an der Fassade oder am Dach angebrachten Kollektoren wird die Wärme über ein Wasserkreislaufsystem in einen Pufferspeicher oder direkt ins Wärmeverteilsystem abgegeben. Die Verteilung der Wärme erfolgt in solar beheizten Gebäuden über ein Niedertemperatursystem. Die Temperaturen im Heizungskreislauf liegen dabei idealerweise unter 30° C und erwärmen großflächig Fußboden-, Decken- oder Wandheizungen. Um an extrem kalten Tagen die Wärme zur Verfügung stellen zu können, ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Bei der Nutzung von Kollektoren für die Raumheizung ist mit Systemkosten (Kollektor, Speicher, Verteilsystem) von 370 bis 740 € pro m² zu rechnen.

6.1.1.7 Auslegung der Wärmepumpe

Da die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe stark von der Vorlauftemperatur abhängt, ist auch das gewählte Heizsystem sehr wichtig. Obwohl im Neubau nicht alle Objekte mit Fußbodenheizung bzw. Niedertemperaturheizkörper ausgestattet werden, wird dieser Fall angenommen, da er eine hohe Jahresarbeitszahl ermöglicht.

⁵ Vgl., http://www.energie-tirol.at/sol_raumheizung_funktionsweise.htm

Weiters wird der Ansatz mit konventioneller Radiatorheizung bei der Althausanierung betrachtet und kann dann analog für den Neubau übernommen werden.

Wie im Kapitel 2 gezeigt, hängt die Jahresarbeitszahl stark von der genutzten Wärmequelle ab. Da im vorliegenden Fall von einer monovalenten Wärmepumpe ausgegangen wird, wird als Wärmequelle Erdreich (Flächenkollektor) betrachtet. Mit diesem System - Flächenkollektor als Wärmequelle und Fußbodenheizung als Heizsystem mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 35°C - ist eine Jahresarbeitszahl von zwischen 4,0 und 4,5 realisierbar. Für die weiteren Berechnungen wird eine Jahresarbeitszahl von 4,2 zu Grunde gelegt.

6.2 Althausanierung

Durch entsprechende wärmetechnische Maßnahmen ist ebenfalls eine Nutzheizenergiekennzahl von 65 realisierbar. Es wird jedoch angenommen, dass das Heizsystem nicht von Radiator auf Fußbodenheizung umgestellt wird. Als Wärmequelle wird wieder Erdreich mit Flächenkollektor angenommen. Die mit diesem System realisierbare Jahresarbeitszahl liegt zwischen 2,7 und 3,5. Für die weitere Berechnung wird eine Jahresarbeitszahl von 3,0 zu Grunde gelegt.

Die Auslegung der Kesselsysteme entspricht jenen, die im Bereich Neubau zum Einsatz kommen

6.3 Ermittlung der spezifischen Emissionen

6.3.1 Daten

Die nachfolgend dargestellten Emissionen basieren auf den Daten, die seitens des Umweltbundesamtes Wien⁶ veröffentlicht wurden. Darüber hinaus wurden zur Einbeziehung von vorgelagerten Emissionen sowie von anderen bei UBA nicht angeführten Schadstoffen Daten, die im Internet unter www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas), Umweltbundesamt Berlin) veröffentlicht sind, verwendet.

6.3.2 Emissionen der Gasheizung

Für Neu- und Altbau mit einer Bruttogeschoßfläche von 220 m² und einer Nutzheizenergiekennzahl von 65 wird eine jährliche Wärmemenge von 14.300 kWh benötigt. Der Jahreswirkungsgrad des Gas-Brennwertkessel wird mit 90 % angenommen,

⁶ Vgl., Umweltbundesamt Wien, Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien, 2001

sodass eine Energiemenge von 15.890 kWh notwendig ist, was einer Gasmenge von 1.660 m³ entspricht.

Die nachfolgende Tabelle 6-1 stellt die Emissionen für die verbrauchte Gasmenge in kg pro Jahr dar.

Tabelle 6-1: Jährliche Schadstoffemissionen des Gaskessels in Kilogramm

Schadstoff	Daten nach UBA Wien	Daten nach UBA Berlin
NO _x	2,4	1,15
SO ₂	0,00	0,02
CO	2,12	0,70
CO ₂	3.146	2.840
Staub	0,00	0,01
Methan	n.a	0,06
CxHy	0,004	n.a.
N ₂ O	n.a.	0,02

Quelle: UBA, Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien 2001; Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas), Umweltbundesamt Berlin; www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/ Abfrage im März 2004

Bei Betrachtung der Kyoto-Relevanz unterschiedlicher Heizsysteme, ist es interessant, mit welchen Belastungen in der Literatur für die Vorleistungen (von der Erdgasförderung bis zum Transport zum Haus) gerechnet wird. So empfiehlt das Joanneum Research⁷ anstelle von 0,198 kg CO₂/kWh Heizenergiebedarf ohne Vorleistungen 0,212 kg CO₂/kWh Heizenergiebedarf mit Vorleistungen zu verwenden. Dies bedeutet eine Erhöhung der Belastung um 7 %. Im Jahr 2001 ist eine Studie des Stuttgarter Fiechtner Institut erschienen, in der die Methanemissionen bis zum Endverbraucher neu bewertet wurden. In dieser Studie wird empfohlen 0,31 kg CO₂/kWh Heizenergiebedarf inklusive Vorleistungen anzuwenden. Da jedoch diese Studie nicht Eingang in die internationalen Berichtslegungen (z.B. National inventory reports under the UN framework Convention on Climate Change) gefunden hat, werden nur die Zahlen verwendet, die vom UBA Wien als Basis für die Erstellung des Berichtes an die Vereinigten Nationen angewendet werden.

Zentralheizungsanlagen brauchen zusätzlich noch elektrische Energie, um die Umwälzpumpe anzutreiben. Hierfür wird ein Verbrauch von 250 kWh pro Jahr angenommen. Unter Verwendung des oberösterreichischen Strommixes (siehe hierzu Abschnitt 6.3.5.1) ergibt sich die in Tabelle 6-2 dargestellte Schadstoffbelastung.

⁷ Vgl., Stanzel W., Jungmeier G. und Spitzer J.; Emissionsfaktoren und energietechnische Parameter für die Erstellung von Energie- und Emissionsbilanzen im Bereich Raumwärmeversorgung, Joanneum Research, Institut für Energieforschung, Graz, Juni 1995

Tabelle 6-2: Jährliche Schadstoffemissionen verursacht durch Stromproduktion für Umwälzpumpe in Kilogramm

Energieträger	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	Staub	C _x H _y
Ökoenergie und Abfall	0,0054	0,0004	0,0024	1,7098	0,0001	0,0002
Wasserkraft	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gas	0,0009	0,0000	0,0001	1,5840	0,0000	0,0000
Erdölprodukte	0,0007	0,0013	0,0001	2,0160	0,0004	0,0001
Kohle	0,0279	0,0323	0,0006	53,4376	0,0023	0,0006
Summe	0,0349	0,0340	0,0032	58,7474	0,0028	0,0009

Eine Schadstoffberechnung für den Atomstromanteil wurde nicht vorgenommen.

6.3.3 Emissionen der Ölheizung

Für Neu- und Altbau mit einer Bruttogeschoßfläche von 220 m² und einer Nutzheizenergiekennzahl von 65 wird eine jährliche Wärmemenge von 14.300 kWh benötigt. Der Jahreswirkungsgrad des Ölkessel wird mit 80 % angenommen, sodass eine Energiemenge von 17.876,25 kWh notwendig ist, was einer Ölmenge von 1.790 Liter entspricht.

Zusätzlich zu berücksichtigen sind die Emissionen, die für die Strombereitstellung für die Umwälzpumpe anfallen. Diese sind im Kapitel 6.3.2 dargestellt.

Die nachfolgende Tabelle 6-3 stellt die Emissionen für die verbrauchte Ölmenge in kg pro Jahr dar.

Tabelle 6-3: Jährliche Schadstoffemissionen des Ölkessels in Kilogramm

Schadstoff	Daten nach UBA Wien	Daten nach UBA Berlin
NO _x	2,70	1,39
SO ₂	2,90	4,69 ⁸
CO	2,90	1,56
CO ₂	4.827	4.516
Staub	n.a.	0,08
Methan	n.a.	0,003
C _x H _y	0,004	n.a.
N ₂ O	n.a.	0,04

Quelle: UBA, Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien 2001; Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas), Umweltbundesamt Berlin; www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/

Möchte man wiederum die Vorleistungen berücksichtigen, so empfiehlt das Joanneum Research anstelle von 0,266 kg CO₂/kWh Heizenergiebedarf, 0,295 kg CO₂/kWh Heizenergiebedarf zu verwenden. Dies bedeutet eine Erhöhung der

⁸ Die Differenz kommt daher, dass in Deutschland Heizöl leicht zur Berechnung herangezogen wird, während in Österreich Heizöl extra leicht als Einsatzstoff verwendet wird

Belastung um 11 %. Das UBA Berlin kommt bei Berücksichtigung der Vorleistungen zu einer Erhöhung der Belastung um 17 %.

Zusätzlich zu berücksichtigen sind die Emissionen die für die Strombereitstellung für die Umwälzpumpe anfallen. Diese sind im Abschnitt 6.3.2 dargestellt.

6.3.4 Emissionen der Pelletsheizung

Für Neu- und Altbau mit einer Bruttogeschoßfläche von 220 m² und einer Nutzheizenergiekennzahl von 65 wird eine jährliche Wärmemenge von 14.300 kWh benötigt. Der Jahreswirkungsgrad des Pelletskessels wird mit 80 % angenommen, sodass eine Energiemenge von 17.876,25 kWh notwendig ist, was einer Pelletsmenge von 3.760 kg entspricht.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Emissionen für die verbrauchte Pelletsmenge in kg pro Jahr dar.

Tabelle 6-4: Jährliche Schadstoffemissionen des Pelletskessels in Kilogramm

Schadstoff	Daten nach UBA Berlin
NO _x	2,72
SO ₂	2,74
CO	6,80
CO ₂	0,00
Staub	3,30
Methan	1,36
N ₂ O	0,41

Quelle: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas), Umweltbundesamt Berlin; www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/ Abfrage März 2004

Betrachtet man auch beim Pelletskessel die Kohlendioxidemissionen inklusive Vorleistungen so ist nach Angaben des UBA Berlin mit 372 kg pro Jahr zu rechnen.

Zusätzlich zu berücksichtigen sind die Emissionen die für die Strombereitstellung für die Umwälzpumpe anfallen. Diese sind im Abschnitt 6.3.2 dargestellt.

6.3.5 Emissionen von Wärmepumpenheizsystemen

Bei der Nutzung des Stroms kommt es zu keinen Emissionen. Hingegen entstehen Schadstoffemissionen bei der Produktion des Stroms. Bereits in der Studie der EVA⁹ wurde argumentiert, dass wohl die wichtigste Grundlage für eine objektive Bewertung der Wärmepumpe in einer klaren Zuordnung, woher der Strom kommt, liegt. In der vorliegenden Studie werden daher vier Szenarien beleuchtet:

⁹ Vgl., EVA, Ausweitung der Studie Wärmepumpen und Öl-/Gasheizungen im Vergleich, Emissionsvergleich, Betriebs- und Service-Aspekte, Wien, 1999

- Strom gemäß oberösterreichischem Strommix
- Strom aus einem modernen Gasheizkraftwerk
- Strom aus einem bestehenden Kohlekraftwerk
- Strom aus einem neu zu errichtenden Biomassekraftwerk

6.3.5.1 Strom gemäß oberösterreichischen Strommix

Obwohl in anderen Studien argumentiert wird, dass ein jährlicher Strommix, wie er unter anderem gemäß Stromkennzeichnungsverordnung auf den Rechnungen der Stromlieferanten aufscheint, nicht repräsentativ für den Strom, der im Winterhalbjahr zum Betrieb der Wärmepumpe benötigt wird, ist, wird in dieser Studie dieser Ansatz als eine Variante beibehalten. Begründet wird dies einerseits damit, dass diese Daten sehr gut zugänglich sind und andererseits, dass seit der Liberalisierung des Strommarktes und des immer stärker werdenden Spotmarktes ein durchschnittlicher Strommix, z.B. aus dem Winter 2002/2003, auch nur eine Momentaufnahme darstellt, die im Winter 2003/2004 ganz anders aussehen könnte.

Auf der Stromrechnung der Energie AG Oberösterreich wird für das Abrechnungsjahr 2002/2003 folgender Strommix angegeben.

Tabelle 6-5: Stromkennzeichnung der Energie AG Oberösterreich

Energieträger	Anteil in %
Ökoenergie	0,9
Wasserkraft	63,9
Gas	0,5
Erdölprodukte	0,1
Kohle	16,5
Sonstige	10,8
UCTE Erzeugungsmix	7,3

Quelle: Stromrechnung der ENERGIEAG Oberösterreich

Für die Sektoren Sonstige und UCTE Gesamtstrommix wurde eine grobe Unterteilung in 5 % Kohle, Öl, Gas, 0,3 % Abfall, 5,5 % Kohle, Abfall, 1,1 % Wasserkraft, 2,5 % Atomenergie und 3,7 % konventionelle Wärmekraft ausgewiesen.

Für die vorliegende Studie werden diese Zahlen den Primärenergieträgern zugeordnet. Folglich stellt sich die Situation wie in Tabelle 6-6 dar.

Tabelle 6-6: Strommix der Energie AG Oberösterreich nach Zuordnung von Sonstige und UCTE Gesamtstrommix

Energieträger	Anteil in %
Ökoenergie und Abfall	1,5
Wasserkraft	65
Gas	3,2
Erdölprodukte	2,8
Kohle	25
Atomstrom	2,5

Quelle: Eigene Berechnungen

Für den Betrieb der monovalenten Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 4,2 werden zur Beheizung des angenommenen Einfamilienhauses 3.405 kWh Strom pro Jahr benötigt. Teilt man diese Strommenge gemäß dem Mix der Energie AG auf, so ergibt sich die in der Tabelle 6-7 dargestellte Situation.

Tabelle 6-7: Stromverbrauch jener Energieträger für Wärmepumpe gemäß Strommix Energie AG Oberösterreich

Energieträger	Anteil in kWh
Ökoenergie und Abfall	51
Wasserkraft	2.213
Gas	109
Erdölprodukte	96
Kohle	851
Atomstrom	85
Summe	3.405

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 6-8: Schadstoffverteilung der Stromerzeugung für den Jahresstrombedarf der Wärmepumpe gemäß Strommix Energie AG Oberösterreich in kg pro Jahr

Energieträger	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	Staub	C _x H _y
Ökoenergie und Abfall	0,07	0,00	0,033	23,29	0,001	0,003
Wasserkraft	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000
Gas	0,01	0,00	0,002	21,57	0,000	0,0001
Erdölprodukte	0,01	0,02	0,001	27,46	0,005	0,001
Kohle	0,38	0,44	0,008	727,82	0,031	0,008
Summe	0,48	0,46	0,044	800,14	0,036	0,012

Quelle: Eigene Berechnungen

Eine Schadstoffberechnung für den Atomstromanteil wurde nicht vorgenommen.

6.3.5.2 Strom aus einem modernen Gasheizkraftwerk

Seitens des Umweltbundesamtes Wien werden für die österreichischen Gaskraftwerke die in der Tabelle 6-9 dargestellten Emissionszahlen angenommen.

Tabelle 6-9: Schadstoffemissionen eines Gaskraftwerkes

Schadstoff	kg/TJ
NO _x	30
SO ₂	0
CO	4
CO ₂	55.000
Staub	0
C _x H _y	0,24
N ₂ O	n.a.

Quelle: Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien 2001

Für den Betrieb der monovalenten Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 4,2 werden zur Beheizung des angenommenen Einfamilienhauses 3.405 kWh Strom pro Jahr benötigt. Erzeugt man diese Strommenge mit einem Gaskraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 55 % elektrisch, so stellt sich die Schadstoffemissionssituation wie in Tabelle 6-10 angeführt dar.

Tabelle 6-10: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpenheizsystem betrieben mit Strom eines Gaskraftwerk

Schadstoff	kg pro Jahr
NO _x	0,67
SO ₂	0,00
CO	0,09
CO ₂	1.226
Staub	0,00
C _x H _y	0,01
N ₂ O	n.a.

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Tabelle 6-9

6.3.5.3 Strom aus einem bestehenden Kohlekraftwerk

Seitens des Umweltbundesamtes Wien werden für die österreichischen Kohlekraftwerke die in Tabelle 6-11 dargestellten Emissionszahlen angenommen.

Tabelle 6-11: Schadstoffemissionen eines Steinkohlekraftwerkes

Schadstoff	kg/TJ
NO _x	50,00
SO ₂	57,00
CO	1,00
CO ₂	95.000
Staub	4,00
C _x H _y	1,00
N ₂ O	n.a.

Quelle: Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien 2001

Für den Betrieb der monovalenten Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 4,2 werden zur Beheizung des angenommenen Einfamilienhauses 3.405 kWh Strom pro Jahr benötigt. Erzeugt man diese Strommenge mit einem Steinkohlekraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 40 % elektrisch, so ergibt sich die in der Tabelle 6-12 dargestellte Schadstoffemissionssituation.

Tabelle 6-12: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpenheizsystem betrieben mit Strom eines Steinkohlekraftwerkes

Schadstoff	kg pro Jahr
NO _x	1,53
SO ₂	1,75
CO	0,03
CO ₂	2.911
Staub	0,12
C _x H _y	0,03
N ₂ O	n.a.

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Tabelle 6-11

6.3.5.4 Strom aus einem neu zu errichtenden Biomassekraftwerk

Seitens des Umweltbundesamtes Berlin werden für neu errichtete Biomassekraftwerke auf Hackschnitzelbasis die in Tabelle 6-13 angeführten Emissionszahlen angenommen. Auf die Daten des Umweltbundesamtes Wien wurde deshalb nicht zurückgegriffen, weil in der Erklärung zu den Daten angeführt wurde, dass diese für neue Kraftwerke zu hoch sind, weil sie einen Durchschnitt der bestehenden Holzfeuerungen in Österreich darstellen.

Tabelle 6-13: Schadstoffemissionen eines Biomassekraftwerkes

Schadstoff	kg/TJ
NO _x	276,00
SO ₂	228,00
CO	691,00
CO ₂	0,00
Staub	2.339,00
C _x H _y	138,00
N ₂ O	41,50

Quelle: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas), Umweltbundesamt Berlin; www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/ Abfrage März 2004

Für den Betrieb der monovalenten Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 4,2 werden zur Beheizung des angenommenen Einfamilienhauses 3.405 kWh Strom pro Jahr benötigt. Erzeugt man diese Strommenge mit einem Biomassekraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 40 % elektrisch, so stellt sich die Schadstoffemissions-situation wie in Tabelle 6-14 dar.

Tabelle 6-14: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpen-heizsystem betrieben mit Strom eines Biomassekraftwerkes

Schadstoff	kg pro Jahr
NO _x	3,38
SO ₂	2,79
CO	8,47
CO ₂	0,00
Staub	28,67
C _x H _y	1,69
N ₂ O	0,51

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Tabelle 6-13

6.3.6 Gegenüberstellung der einzelnen Varianten und Szenarien

Im nachfolgenden Kapitel werden die oben dargestellten Varianten und Szenarien gegenübergestellt.

Die nachfolgende Tabelle 6-15 gibt einen Überblick über die Emissionen aller betrachteten Varianten und Szenarien ohne Berücksichtigung der Vorleistungen.

Tabelle 6-15: Vergleich der Emissionen der untersuchten Systeme in Kilogramm pro Jahr

	Gas-kessel	Öl-kessel	Pellets-kessel	Wärme-pumpe OÖ Mix	Wärme-pumpe Gas-kraftwerk	Wärmepumpe Kohlekraft-werk	Wärmepumpe Biomasse-kraftwerk
NO _x	2,4	2,70	2,72	0,48	0,67	1,53	3,38
SO ₂	0,00	2,90	2,74	0,46	0,00	1,75	2,79
CO	2,12	2,90	6,80	0,044	0,09	0,03	8,47
CO₂	3.146	4.827	0,00	800	1.226	2.911	0,00
Staub	n.a.	n.a.	3,30	0,036	0,00	0,12	28,67
C _x H _y	0,004	0,004	1,36	0,012	0,01	0,03	1,69
N ₂ O	n.a.	n.a.	0,41	n.a.	n.a.	n.a.	0,51

6.4 Ermittlung der spezifischen Investitionskosten

Anfragen bei Installateuren haben gezeigt, dass die Variationsbreite der Angebote in einem Verhältnis +/- 20 % streuen, wofür neben der angebotenen Kessel auch die unterschiedlichen Steuerungen sowie die Kosten für die Montage und Installation verantwortlich sind.

Da im Internet¹⁰ ein österreichischer Installateur einen Kostenvergleich für eine Gasheizung, Ölheizung, Pelletsheizung sowie eine Wärmepumpenheizung veröffentlicht, deren Größe in etwa der in der vorliegenden Studie notwendigen entspricht, werden in der folgenden Tabelle 6-16 die Daten der Homepage zusammengefasst.

Tabelle 6-16: Investitionskostenvergleich der untersuchten Heizsysteme in Euro

	Gasbrennwert-kessel	Ölkessel	Pellets-kessel	Wärmepumpen-Heisanlage
Heizsystem inkl. Verrohrung, Montage und Elektroinstallation	6.631	8.146	13.588	10.420
Anteilige Kaminkosten	1.090	2.398	2.740	
Grabung und Sandhinterfüllung				1.090
Gaszuleitung	1.381			
Summe	9.102	10.544	16.328	11.510

Quelle: www.schnauer.at/energie/frame_kosten.htm; Grabungsarbeiten und Sandfilter gemäß Angaben der Energie AG Energieberatung

Nach Rücksprache bei den Energiepartnern Oberösterreich sind die Investitionskosten für die Wärmepumpe zu gering angenommen. Gesamtinvestitionen von ca. 14.000 Euro sind ihrer Meinung nach realistischer, wobei 12.500 Euro für Heizsystem inkl. Verrohrung, Montage und Elektroinstallation anzusetzen sind.

¹⁰ www.schnauer.at/energie/frame_kosten.htm

Die in Tabelle 6-16 ermittelten Summen liegen im Mittelfeld der von unterschiedlichen Installateuren angegebenen Kosteninformationen. Für die weiteren Berechnungen werden die Investitionskosten gerundet und jene verwendet, die in der Tabelle 6-17 angeführt werden.

Tabelle 6-17: Investitionskosten und österreichischer Produktionsumsatz der untersuchten Varianten

	Gasbrennwertkessel	Ölkessel	Pelletskessel	Wärmepumpen-Heizanlage
Investition in Euro	9.000	10.500	16.300	14.000
in Österreich realisierbarer Produktionsumsatz in %	60	60	90	70

Bezüglich der durch in Österreich angesiedelten Produktionsfirmen zu realisierenden Umsätzen ist anzumerken, dass diese für die Systeme, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, geringer sind als jene für Wärmepumpe und Pelletsheizungen, da bei den beiden letztgenannten Systemen, der Anteil an österreichischen Herstellern deutlich höher ist.

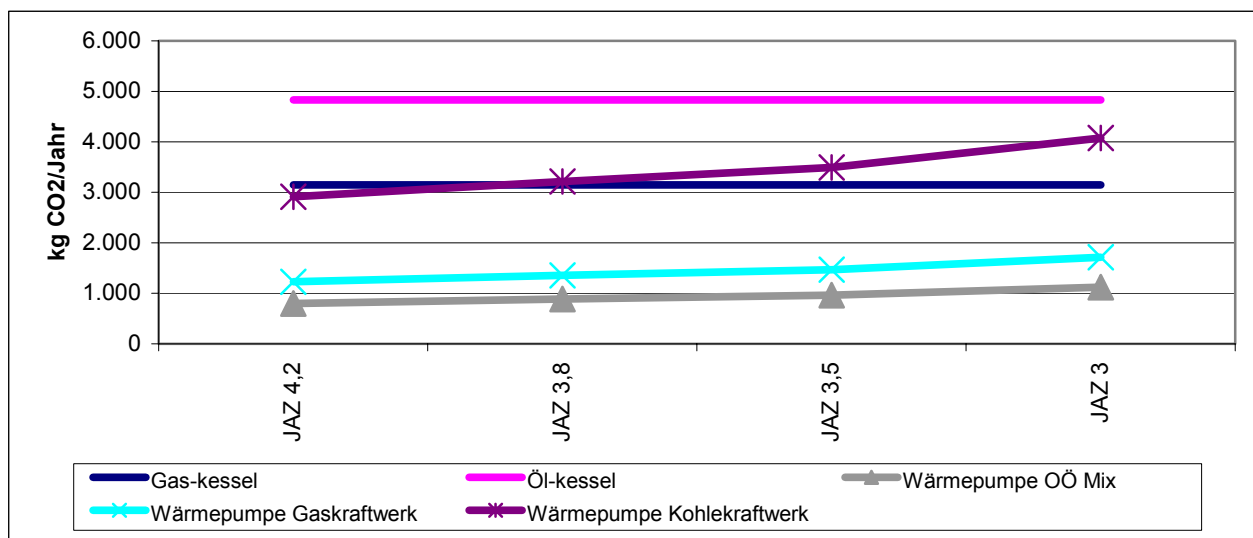
7 Beitrag der untersuchten Heizsysteme zur Reduktion von CO₂ im Bereich Raumwärme

7.1 Vergleich der direkten Kohlendioxidemissionen

Betrachtet man die Kohlendioxidemissionen, so ist ersichtlich, dass natürlich die ausschließlich mit Biomasse betriebenen Heizungen am besten abschneiden, da Biomasse bei der Verbrennung definitionsgemäß keine Kohlendioxidemissionen ergibt. Von den anderen betrachteten Varianten schneidet die Wärmepumpe am besten ab, wenn als Pumpenantrieb Strom gemäß dem Energiemix der Energie AG angenommen wird. Zu erwähnen ist jedenfalls, dass auch die schlechteste Variante der betrachteten Wärmepumpensysteme (Strom aus Steinkohlekraftwerk) noch immer besser abschneidet, als die mit einem Gasbrennwertkessel ausgestattete Zentralheizung. Eine Wärmepumpe, die mit Strom von einem modernen Gaskraftwerk betrieben wird, emittiert nur 40 % im Vergleich zu einer mit einem Gasbrennwertkessel ausgestatteten Zentralheizung.

Der Stromverbrauch und somit die dadurch verursachten Emissionen einer Wärmepumpe hängen von der Jahresleistungszahl ab. Die bisherigen Berechnungen wurden mit einer Jahresarbeitszahl von 4,2 durchgeführt. Die nachstehende Abbildung 7-1 zeigt die Abhängigkeit der Kohlendioxidemissionen von der Jahresarbeitszahl und vergleicht diese mit den Emissionen eines Gasbrennwert- und eines Ölkessels.

Abbildung 7-1: Kohlendioxidemissionen in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert- und Heizölkessel



Quelle: Eigene Berechnungen

7.2 Vergleich der Emissionen bei Berücksichtigung der Vorleistungen

Immer wieder diskutiert werden auch die Einflüsse, die durch Vorleistungen hervorgerufen werden. Daher zeigt die nachfolgende Tabelle 7-1 sowohl die Emissionen für CO₂- als auch SO₂ Äquivalente¹¹ aller untersuchten Varianten. Datenbasis hierfür sind die auf der Homepage des Umweltbundesamtes Berlin als Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas) zu findenden Angaben.¹²

Tabelle 7-1: Emissionsvergleich der untersuchten Varianten in Kilogramm pro Jahr unter Berücksichtigung der Vorleistungen

	Gas-kessel	Öl-kessel	Pellets-kessel	Wärmepumpe OÖ Mix	Wärmepumpe Gaskraftwerk	Wärmepumpe Kohlekraftwerk	Wärmepumpe Biomasse-kraftwerk
SO ₂ -Äquivalent	2	9	8	3	4	12	10
CO ₂ -Äquivalent	3.603	5.310	541	1050	1.711	3.628	154

Quelle: Eigene Berechnungen

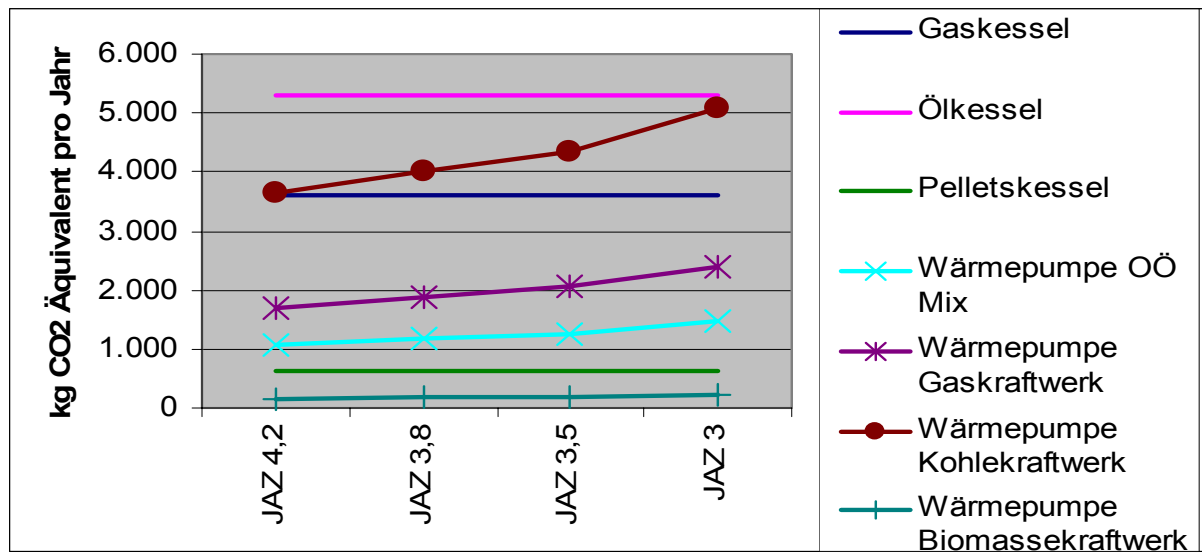
Abbildung 7-2 zeigt, dass die Variante, bei der der Strom aus einem Kohlekraftwerk bezogen wird, bereits bei einer Jahresarbeitszahl 4,2 etwa die gleichen Emissionen

¹¹ SO₂ Äquivalente sind ein Maß für den „sauren Regen“. In der Literatur gibt es Monetarisierungen für diese Emissionen

¹² www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/ Abfrage März 2003

an treibhausrelevanten Gasen aufweist, wie eine Heizung mit einem Gasbrennwertkessel, wenn die Vorleistungen berücksichtigt werden. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3 sind die Emissionen beinahe gleich hoch wie bei einer Heizung mit einem Ölkessel. Selbstverständlich schneiden die beiden Biomassevarianten am besten ab, wobei die Variante Wärmepumpe mit Biomassekraftwerk die besten Werte ergibt.

Abbildung 7-2: Emissionen an CO₂-Äquivalenten in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert-, Heizöl- und Pelletskessel



Quelle: Eigene Berechnungen

7.3 CO₂-Reduktionsmöglichkeiten durch die Wärmepumpenverwendung in Oberösterreich

Ausgehend von der Tabelle 6-15, die die Emissionen der untersuchten Systeme in Kilogramm pro Jahr vergleicht, werden in diesem Abschnitt Berechnungen über die CO₂-Emissionseinsparungen durch den Einsatz der Wärmepumpe in Oberösterreich angestellt. Dabei werden zuerst die, durch die jährlichen zusätzlichen Installationen von Wärmepumpenanlagen in OÖ, tatsächlich zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2001 gezeigt. Danach werden die prognostizierten zusätzlichen CO₂-Einsparungen von 2002 bis 2010, mit Hilfe der im Kapitel 4 dargestellten unterschiedlichen Prognoseszenarien für die Entwicklung der jährlich zusätzlich installierten Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich, dargestellt.

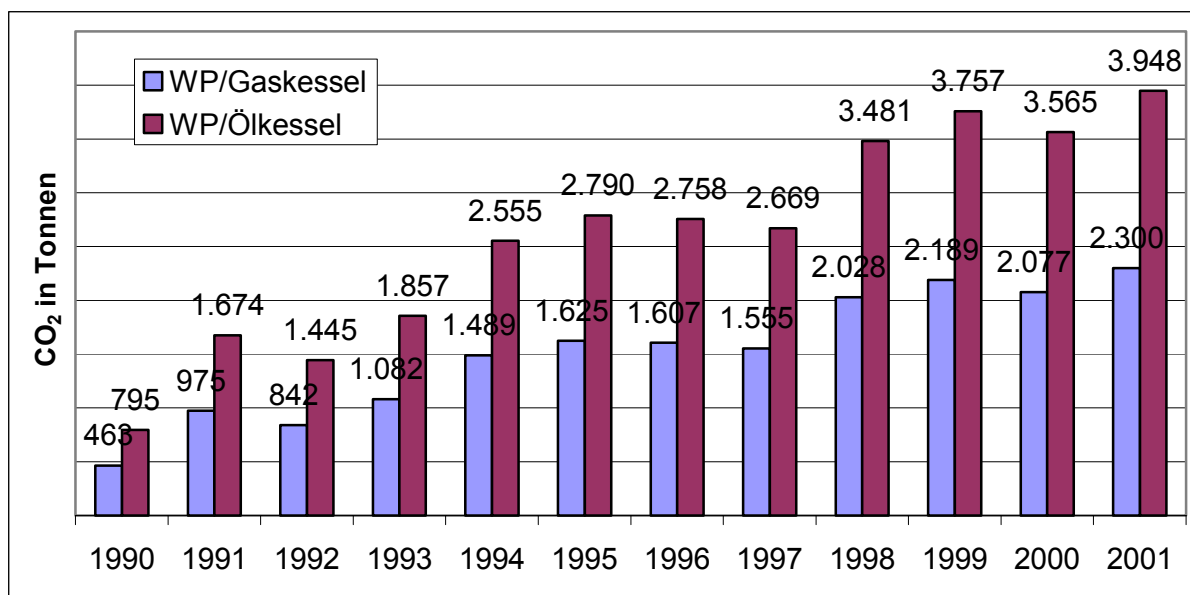
In beiden Fällen werden die CO₂-Emissionen, die bei Einsatz einer Wärmepumpe „OÖ Mix“ und „Gaskraftwerk“ entstehen, den CO₂-Emissionen, die bei Verwendung eines Gas- und Ölkessel entstehen würden, gegenübergestellt. Das bedeutet, dass die Annahme getroffen wird, dass von den jährlich zusätzlich eingesetzten Heizungs-

Wärmepumpenanlagen zu 100 % Heizsysteme basierend auf fossiler Energie verdrängt werden.

Die erste Frage, die untersucht wird, lautet somit: Wie viele zusätzliche CO₂-Emissionen konnten jährlich über einen Zeitraum von 1990 bis 2001 in OÖ eingespart werden, weil sich die Haushalte anstelle von Gas- oder Ölkesseln für Wärmepumpen entschieden haben (und zwar im Ausmaß der in Abbildung 3-6 dargestellten OÖ-Daten)?

Ausgehend von der Wärmepumpe „OÖ Mix“ konnten im Jahr 1990 durch die zusätzliche Installation von 198 Wärmepumpen in OÖ zwischen 463 und 795 zusätzliche Tonnen CO₂ eingespart werden. Da die Anzahl der jährlich zusätzlich installierten Wärmepumpen bis zum Jahr 2001 auf 980 gewachsen ist, konnten im Jahr 2001 bereits zwischen 2.300 und 3.948 zusätzliche Tonnen CO₂ eingespart werden. Addiert man die durch den zusätzlichen Einsatz von Wärmepumpen eingesparten zusätzlichen CO₂-Emissionen über den Zeitraum 1990 bis 2001 so liegen diese zwischen 18.231 und 31.295 Tonnen.

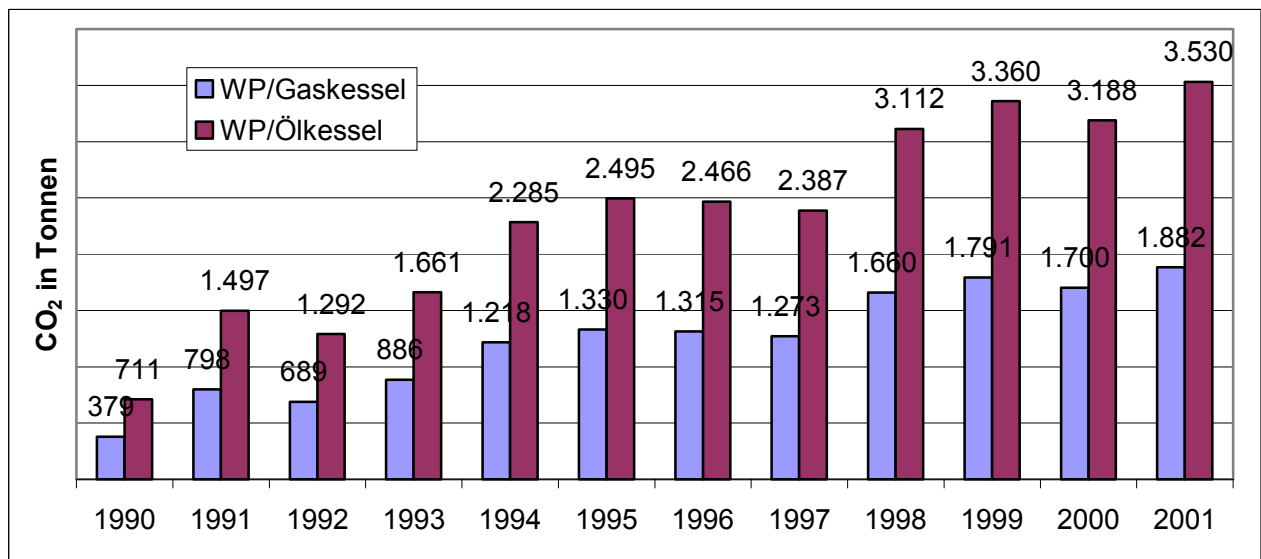
Abbildung 7-3: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 1990 bis 2001



Quelle: Eigene Berechnungen

Geht man von der Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ aus, so sind die jährlich durch den zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe eingesparten CO₂-Emissionen etwas geringer. Dennoch ist der Anstieg vom Jahr 1990, indem zwischen 379 und 711 zusätzliche Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden konnten, bis zum Jahr 2001 mit einer Einsparung von 1.882 bis 3.530 Tonnen CO₂ ebenfalls beträchtlich. Über die Jahre 1990 bis 2001 ergibt dies eine Summe zwischen 14.921 und 27.984 zusätzlich eingesparter Tonnen CO₂.

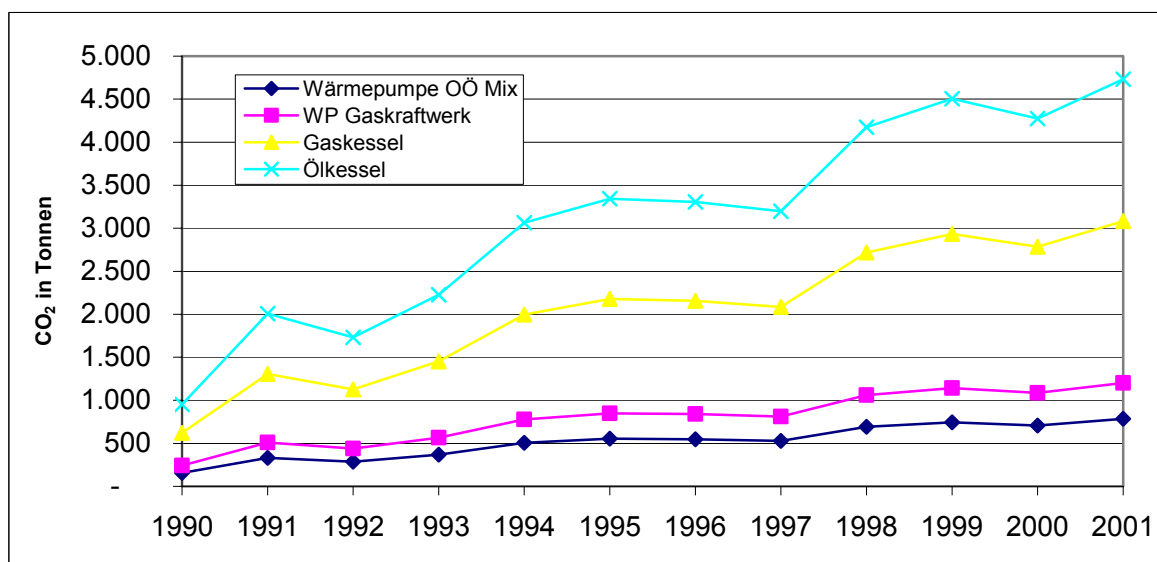
Abbildung 7-4: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 1990 bis 2001



Quelle: Eigene Berechnungen

Die Abbildung 7-5 veranschaulicht den Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln.

Abbildung 7-5: Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln



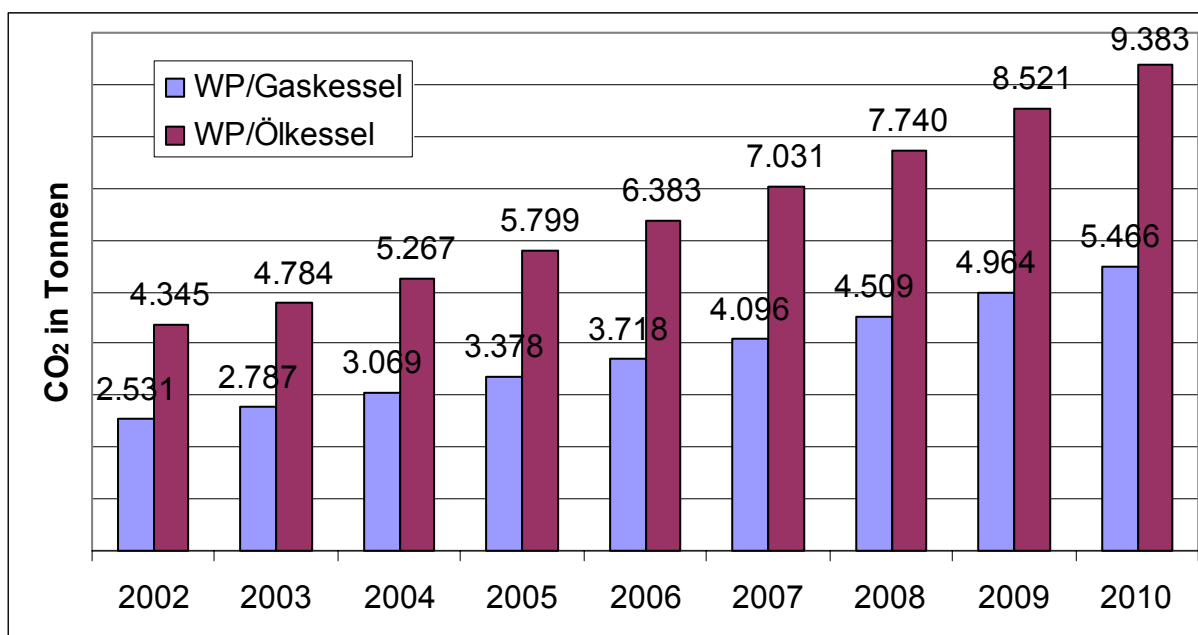
Quelle: Eigene Berechnungen

Die zweite Frage die untersucht wird lautet: Wie viele zusätzliche CO₂-Emissionen können jährlich über einen Zeitraum von 2002 bis 2010 in OÖ eingespart werden,

wenn sich die Haushalte anstelle von Gas- oder Ölkesseln für Wärmepumpen entscheiden werden (und zwar im Ausmaß der im Kapitel 4 prognostizierten Daten)?

Geht man von einem jährlichen Wachstum von 10,1 % der Wärmepumpe „OÖ Mix“ aus, so werden sich die durch den jährlichen zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe eingesparten CO₂-Emissionen von 2.531 bis 4.345 Tonnen im Jahr 2002 auf 5.466 bis 9.383 Tonnen im Jahr 2010 steigern. Über die Jahre 2002 bis 2010 wird die Summe an zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen zwischen 34.519 und 59.263 liegen.

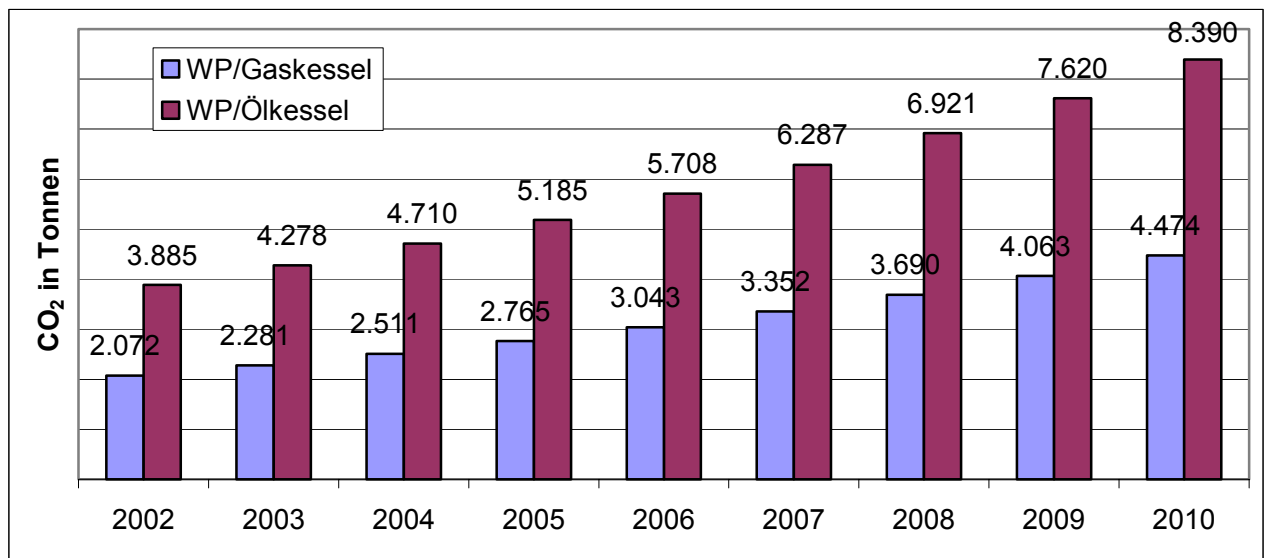
Abbildung 7-6: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 10,1 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Ausgehend von einem 10,1 %igen Wachstum der Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ wird es im Jahr 2002 durch die zusätzliche Installation von 1.079 Wärmepumpen in OÖ zu einer Einsparung zwischen 2.072 und 3.885 Tonnen CO₂ kommen. Da die Anzahl der jährlich zusätzlich installierten Wärmepumpen bis zum Jahr 2010 bei einem jährlichen Wachstum von 10,1 % auf 2.330 wachsen wird, werden im Jahr 2010 bereits zwischen 4.474 und 8.390 zusätzliche Tonnen CO₂ eingespart. Addiert man die CO₂-Emissionen, die über den Zeitraum 2002 bis 2010 zusätzlich eingespart werden können, so liegen diese zwischen 28.251 und 52.985 Tonnen.

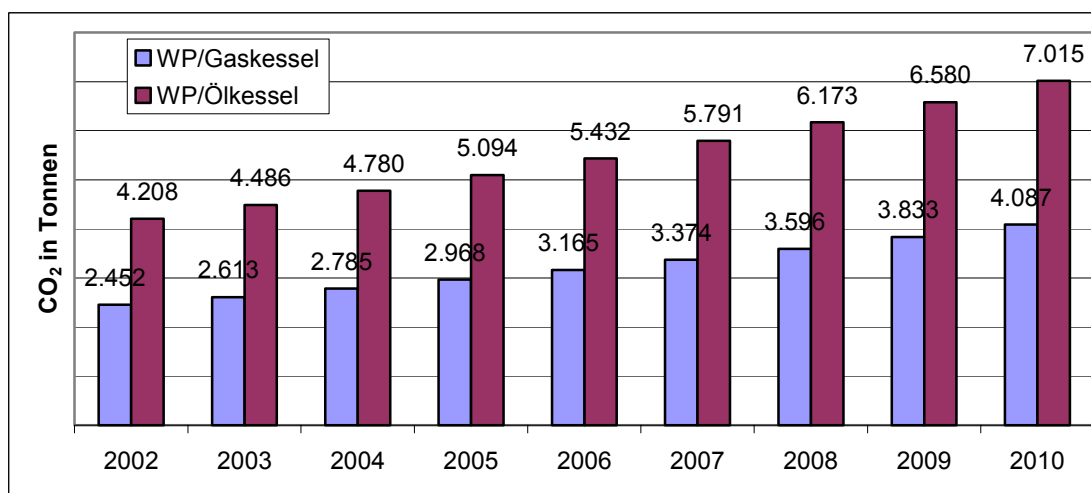
Abbildung 7-7: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 10,1 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Bei einer jährlichen Wachstumsrate der Wärmepumpe „OÖ Mix“ von 6,6 % werden die im Jahr 2002 zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen, durch die zusätzliche Installation von 1.045 Wärmepumpenanlagen in OÖ, zwischen 2.452 und 4.208 Tonnen CO₂ liegen. Bis zum Jahr 2010 wird eine Steigerung auf 4.087 bis 7.015 Tonnen CO₂ möglich sein. Summiert man die jährlichen zusätzlichen CO₂-Einsparungen von 2002 bis 2010 so führt dies zu 28.872 bis 49.560 Tonnen.

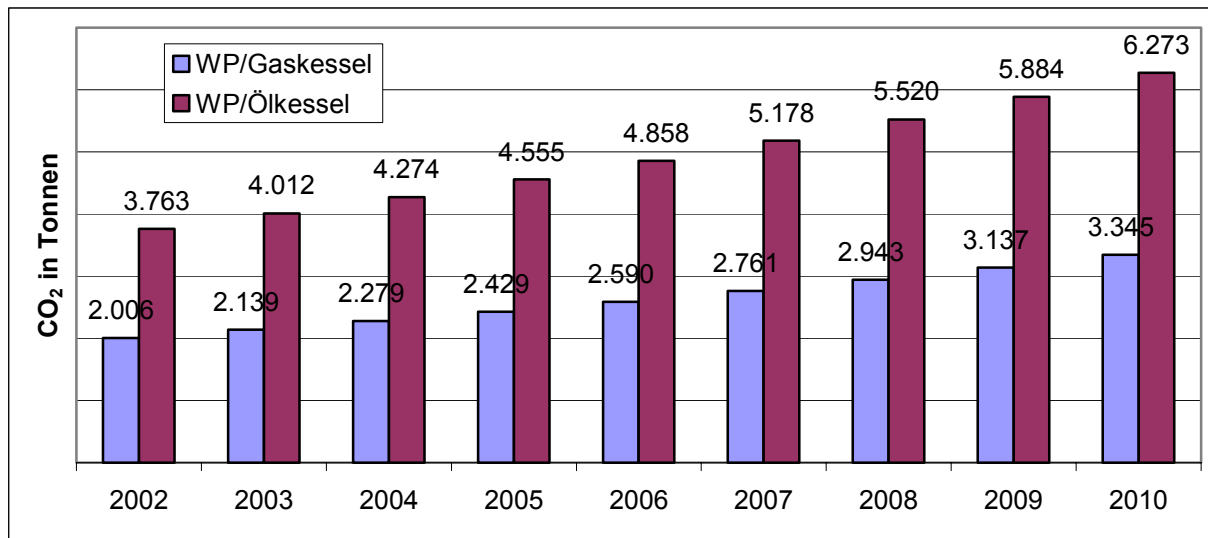
Abbildung 7-8: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 6,6 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Ausgehend von einem jährlichen Wachstum der Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ von 6,6 % werden sich die durch den jährlichen zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe eingesparten CO₂-Emissionen von 2.006 bis 3.763 Tonnen im Jahr 2002 auf 3.345 bis 6.273 Tonnen im Jahr 2010 steigern. Über die Jahre 2002 bis 2010 wird die Summe zwischen 23.629 und 44.318 zusätzlich eingesparter Tonnen CO₂ liegen.

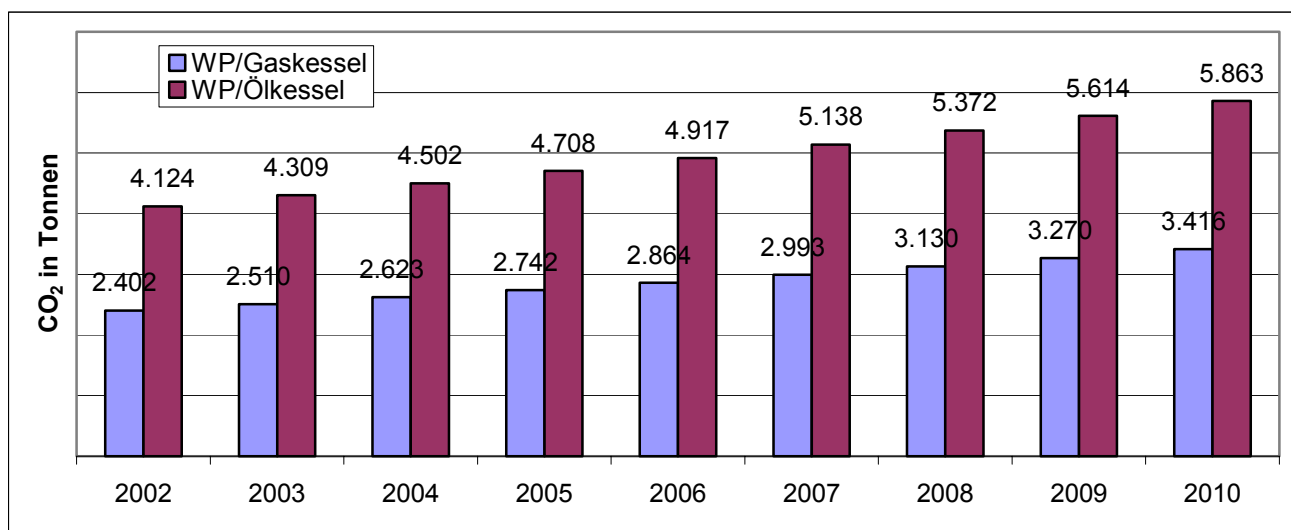
Abbildung 7-9: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 6,6 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Wird angenommen, dass das jährliche Wachstum der Wärmepumpe „OÖ Mix“ bei 4,5 % liegt, so werden sich die durch den jährlichen zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe eingesparten CO₂-Emissionen von 2.402 bis 4.124 Tonnen im Jahr 2002 auf 3.416 bis 5.863 Tonnen im Jahr 2010 steigern. Über die Jahre 2002 bis 2010 wird die Summe zwischen 25.951 und 44.547 eingesparter Tonnen CO₂ liegen.

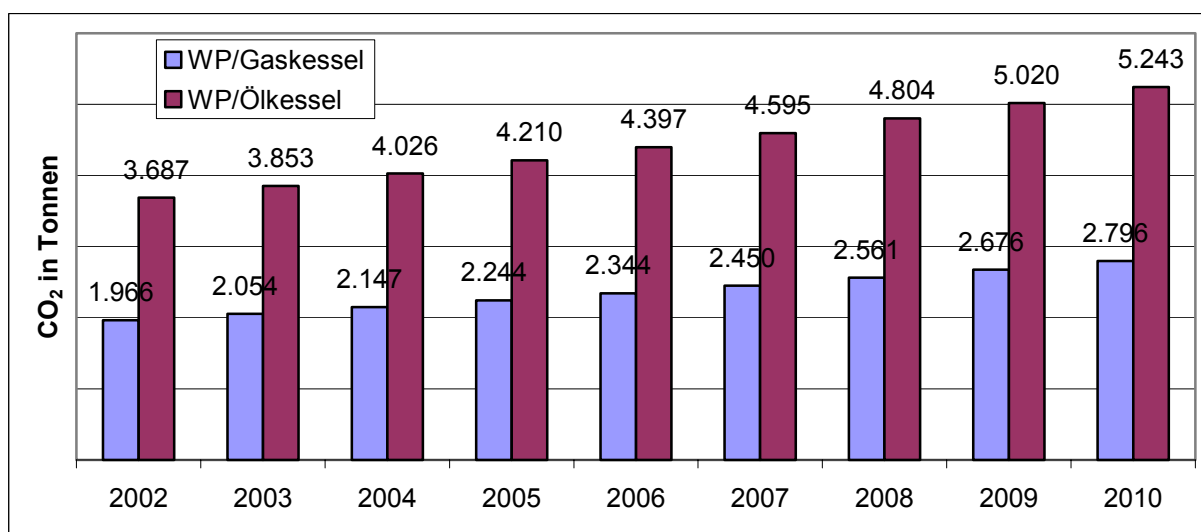
Abbildung 7-10: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 4,5 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Bei einer jährlichen Wachstumsrate der Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ von 4,5 % werden die im Jahr 2002 zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen durch die zusätzliche Installation von 1.024 Wärmepumpen in OÖ zwischen 1.966 und 3.687 Tonnen liegen. Bis zum Jahr 2010 wird eine Steigerung auf 2.796 bis 5.243 Tonnen CO₂ möglich sein. Summiert man die jährliche zusätzliche CO₂-Einsparung von 2002 bis 2010 so führt dies zu 21.239 bis 39.834 Tonnen.

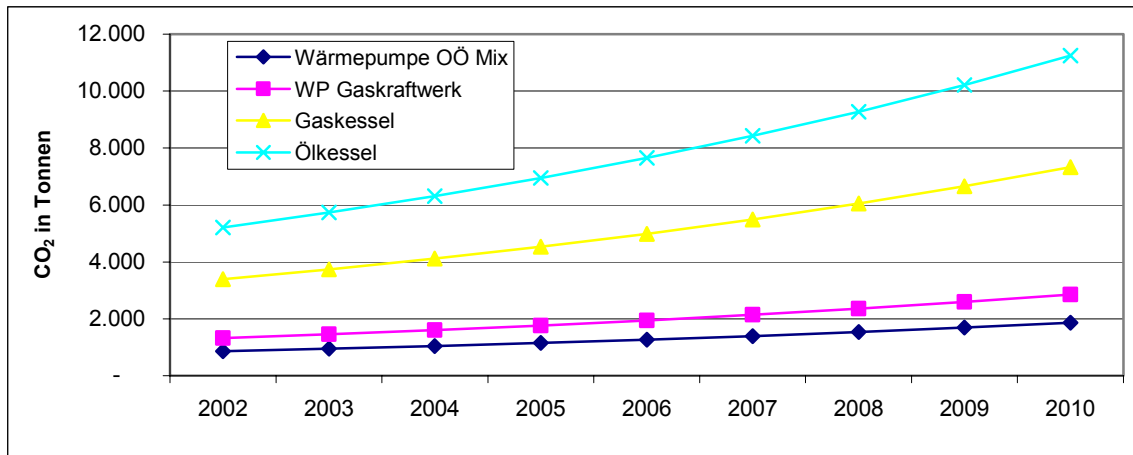
Abbildung 7-11: Zusätzliche CO₂-Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 4,5 %



Quelle: Eigene Berechnungen

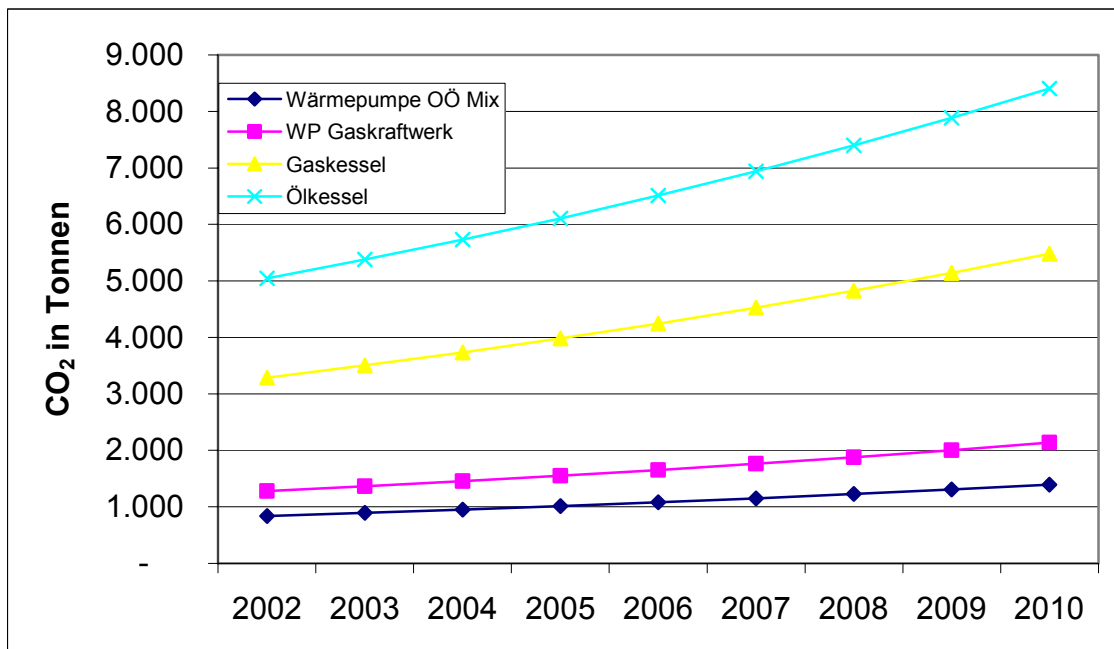
Die folgenden drei Abbildungen 7-12 bis 7-14 veranschaulichen den Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln in drei verschiedenen Prognoseszenarien.

Abbildung 7-12: Prognostizierter Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 10,1 %



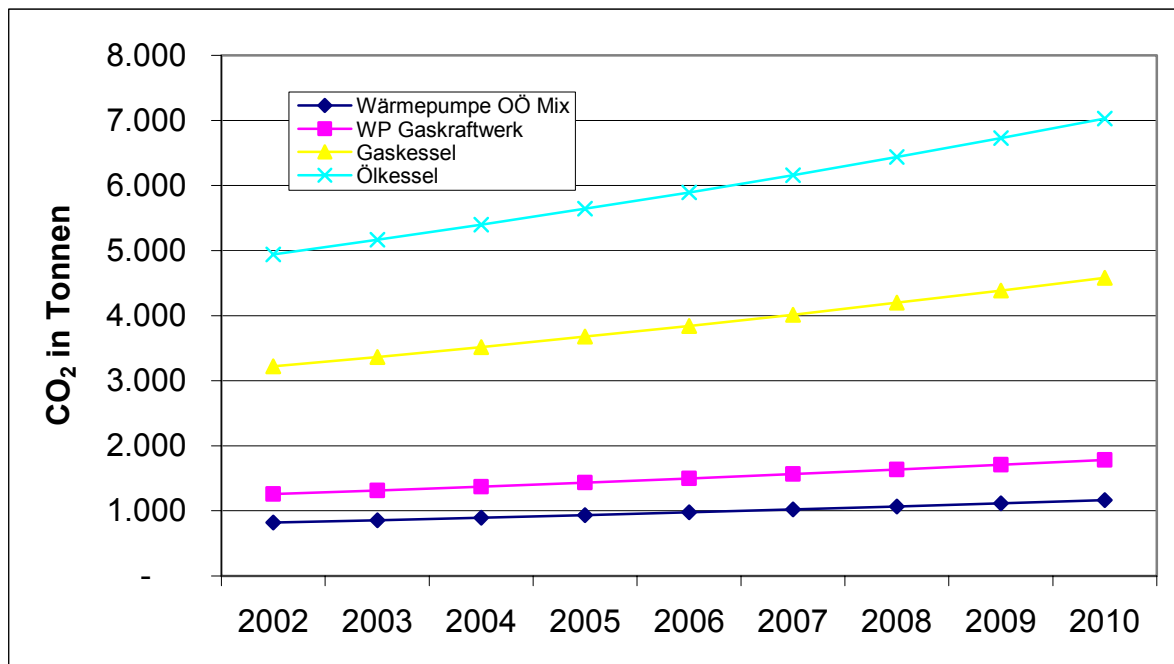
Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 7-13: Prognostizierter Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 6,6 %



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 7-14: Prognostizierter Verlauf der jährlichen zusätzlichen CO₂-Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 4,5 %



Quelle: Eigene Berechnungen

7.3.1 Anteil der durch die Wärmepumpenverwendung eingesparter CO₂ Emissionen an den THG-Emissionen der Raumwärme in Oberösterreich

Laut dem Kyoto-Maßnahmenpaket der österreichischen Bundesregierung, haben sich die Treibhausgasemissionen aus dem Maßnahmenssektor Raumwärme und Kleinverbrauch in der Periode 1990 bis 2000, unter der Berücksichtigung temperaturbedingter Schwankungen, auf einem Niveau von 14 Mio. t CO₂-Äquivalent jährlich eingependelt. Davon werden der Raumwärme selbst 12,5 Mio. t CO₂-Äquivalent zugeordnet.

Wie hoch nun der Anteil der Emissionen aus der Raumwärme im spezifischen Fall für Oberösterreich liegt, wird von offiziellen Stellen soweit nicht publiziert. Aus diesem Grund wird nun versucht die Emissionen für Oberösterreich approximativ herzuleiten. Für diese Berechnung erscheint der Gebäudebestand als praktikables Mittel. Die Statistik Austria weist für Oberösterreich einen Gebäudebestand von 307.850 aus.

Dies entspricht rund 17 % des gesamten Häuser- und Gebäude-bestandes in Österreich¹³. Nimmt man dieses prozentuelle Verhältnis auch als Verhältnismaß zwischen der österreichischen und der oberösterreichischen Emissionsmenge zur Hand, dann ergeben sich für Oberösterreich Treibhaus-gasemissionen aus der Raumwärme im Ausmaß von 2,13 Mio. t CO₂-Äquivalent jährlich.

Berechnet man nun die über die Jahre 1990 bis 2001 durch den zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe, anstelle von Gaskesseln, eingesparten Tonnen CO₂, so ergibt dies durchschnittlich¹⁴ 16.607 Tonnen. Geht man davon aus, dass Wärmepumpen anstelle von Ölkesseln eingesetzt wurden, so führt dies über die Jahre 1990 bis 2001 zu einer zusätzlichen durchschnittlichen Einsparung von 29.640 Tonnen CO₂. In Relation zu den jährlichen oberösterreichischen Treibhausgasemissionen im Bereich Raumwärme sind dies 0,78 % bzw. 1,39 %.¹⁵

Bei einer Wachstumsrate von 10,1 % ergeben sich über den Zeitraum 2002 bis 2010 durchschnittlich 31.385 Tonnen CO₂, die durch den zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe anstelle von Gaskesseln eingespart werden können. Werden Ölkesseln durch Wärmepumpen ersetzt, so führt dies zu einer durchschnittlichen Einsparung von 56.079 Tonnen CO₂. Dies sind 1,47 % bzw. 2,63 % der jährlichen oberösterreichischen Treibhausgasemissionen im Bereich Raumwärme.

Wird eine Wachstumsrate von 6,6 % angenommen, so betragen die über den Zeitraum 2002 bis 2010 zusätzlich durch den Einsatz der Wärmepumpe anstelle von Gaskesseln eingesparten durchschnittlichen CO₂-Emissionen 26.250 Tonnen. Bei einer Substitution von Ölkesseln durch Wärmepumpen ergibt sich eine Einsparung von 46.940 Tonnen CO₂. Dies sind 1,23 % bzw. 2,20 % der jährlichen oberösterreichischen Treibhausgasemissionen im Bereich der Raumwärme.

Und im dritten Prognoseszenario, in dem man von einer Wachstumsrate von 4,5 % ausgeht, liegen die zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen von 2002 bis 2010 durch den zusätzlichen Einsatz der Wärmepumpe anstelle von Gaskesseln bei durchschnittlich 23.595 Tonnen CO₂. Verdrängen die zusätzlich eingesetzten Wärmepumpen Ölkesseln, so ergeben sich 42.190 Tonnen CO₂. Dies entspricht einem Anteil von 1,11 % bzw. 1,98 % an den jährlichen oberösterreichischen Treibhausgasemissionen im Bereich der Raumwärme.

¹³ Es wäre auch vorstellbar als Referenz etwa die Anzahl der Wohnung, oder auch die m² an Nutzfläche heranzuziehen. In jedem Fall bleibt das prozentuelle Verhältnis zwischen Oberösterreich und Österreich auf einem ungefähr gleichen Niveau. Die Wahl des Gebäudebestandes als Referenzmaß wird deshalb herangezogen, da dieser Wert auch den Bestand an öffentlichen und gewerblichen Gebäuden beinhaltet.

¹⁴ Für diese Berechnungen wurde ein Durchschnitt aus den zusätzlichen CO₂-Einsparungen der Wärmepumpe „OÖ-Mix“ und der Wärmepumpe „Gaskraftwerk (siehe Abschnitt 7.3) gebildet.

¹⁵ Andere THG, die durch die Wärmepumpe eingespart werden, werden hier vernachlässigt, wobei der Anteil nur sehr gering ist.

7.3.2 Wohnbauförderung pro eingesparter Tonne CO₂ in Oberösterreich

Geht man davon aus, dass, wie bereits im Kapitel 5 erwähnt, über die Jahre 1998 bis 2002 ungefähr ein Viertel der Fördersumme für alternative Energiegewinnungsanlagen in Oberösterreich (im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung) der Förderung von Heizungswärmepumpen dient, und man dieser Fördersumme die, durch den jährlichen zusätzlichen Einsatz von Heizungs-Wärmepumpen, vermiedene CO₂-Emissionen pro Jahr gegenüberstellt, so führt dies in den Jahren 1998 bis 2002, unter Berücksichtigung einer Bestandsdauer von 20 Jahren, zu folgenden in der Tabelle 7-2 dargestellten Ergebnissen. In den Jahren 1998 bis 2002 konnten durchschnittlich rund 2.800 Tonnen CO₂ pro Jahr durch den zusätzlichen Einsatz von Heizungs-Wärmepumpenanlagen eingespart werden. Ausgehend von einer Bestandsdauer von 20 Jahren und einer durchschnittlichen jährlichen Fördersumme von 1,16 Mio. Euro lag die Förderung pro eingesparte Tonne CO₂ in den Jahren 1998 bis 2002 bei 20,5 Euro.

Tabelle 7-2: Fördersumme im Vergleich zur jährlichen CO₂ Einsparung in OÖ

	ein Viertel der jährlichen Fördersumme für alternative Energiegewinnungsanlagen in Euro	durchschnittliche jährliche CO ₂ -Einsparung in Tonnen	Förderung pro eingesparte Tonne CO ₂ in Euro bei Berücksichtigung einer Bestandsdauer von 20 Jahren
1998	1.052.012	2.570	20,5
1999	944.439	2.774	17,0
2000	1.014.676	2.633	19,3
2001	1.141.636	2.915	19,6
2002	1.626.218	3.208	25,3
Durchschnitt 98-02	1.155.796	2.820	20,5

Quelle: Eigene Berechnungen

Liegen die externen Kosten, wie im Abschnitt 8.2.1 angeführt wird, zwischen 25,44 und 61,77 Euro pro Tonne CO₂, so kann eine durchschnittliche Förderung im Ausmaß von 20,5 Euro pro Tonne CO₂ als durchaus ökonomisch sinnvoll bezeichnet werden.

8 Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Wärmepumpensektors in Oberösterreich

8.1 Mögliche Wertschöpfungseffekte des Ausbaus des Wärmepumpensektors bis 2010

In diesem Kapitel sollen mögliche Wertschöpfungseffekte des Ausbaus des Wärmepumpensektors bis 2010 berechnet werden.

Für die Simulationen werden folgende Fakten der Branche der Gas-, Wasser, Heizungs- und Lüftungsinstallationen als Ausgangsposition herangezogen (Werte gelten für das Jahr 2000):¹⁶

- diese Branche umfasst 2.635 Betriebe,
- diese Betriebe beschäftigen 32.486 Mitarbeiter (selbständig als auch unselbständig),
- die Erlöse (inkl. Wareneigenerzeugung, Handelstätigkeiten, Reparaturen, Montage, Beratung, etc., aber auch Erträge aus Zinsen und Wertpapieren) dieser Branche betragen 2,88 Mrd. Euro,
- das Investitionsvolumen der Branche beträgt 99 Mio. Euro,
- somit werden 3,45 % der Erlöse von der Branche wieder investiert.

8.1.1 Simulationen bei einer Wachstumsrate von 10,10%

Im ersten Fall wird davon ausgegangen, dass der Wärmepumpeneinsatz in Oberösterreich jährlich um 10,1% im Zeitraum von 2002 bis 2010 ansteigt. Für die Simulationen wurde davon ausgegangen, dass für die Installation eines Wärmepumpensystems Ausgaben in der Höhe von 12.500 Euro¹⁷ notwendig sind (diese Berechnung wurde bereits zuvor im Kapitel 6 dieser Arbeit näher erläutert). Eine weitere Annahme die getroffen wird ist jene, dass diese Errichtungskosten in vollem Ausmaß als Erlöse der Branche der Gas-, Wasser, Heizungs- und Lüftungsinstallationen zukommen. Ausgehend von den einleitenden Basisinformationen wird davon ausgegangen, dass 3,45 % dieser Erlöse wiederum als Investitionen der Branche getätigt werden. Da die Erzeugung und Instandsetzung von Wärmepumpen in der oberösterreichischen Wirtschaftslandschaft noch nicht

¹⁶ Vgl., Statistik Austria, Statistisches Jahrbuch Österreichs, 2003

¹⁷ Die im Abschnitt 6.4 angeführten 1.500 Euro für Grabung und Sandhinterfüllung wurden bei den Simulationsberechnungen nicht berücksichtigt, da sie nicht direkt dem Wärmepumpensektor zukommen. Die daraus entstehenden möglichen positiven volkswirtschaftlichen Effekte würden jedoch die Simulationsergebnisse kaum beeinflussen.

sehr weit verbreitet ist, wird davon ausgegangen, dass die Errichtung der Anlagen zwar rein in Oberösterreich durchgeführt werden, die Wertschöpfung jedoch der Branche bzw. Volkswirtschaft auf gesamtösterreichischer Ebene zukommt.

Diese getroffenen Annahmen gelten für alle drei unterschiedlichen Wachstums-szenarien.

Die folgende Tabelle 8-1 zeigt die volkswirtschaftlichen Effekte bei einer Wachstumsprognose von 10,1 % über den Zeitraum von 2002 bis 2010. Aufgrund der getroffenen Annahmen würden die Investitionen der Branche über den genannten Zeitraum in Summe 6,3 Mio. Euro betragen. Diese Investitionen ergeben in der Simulation ein zusätzliches BIP von 11,9 Mio. Euro, zusätzliche Beschäftigte von 126, und ein zusätzliches Volkseinkommen von 6,39 Mio. Euro.

Tabelle 8-1: Simulation 1 - Wachstumsprognose von jährlich 10,1%

Jahr	Investitionen in Euro bei Wachstumsrate von 10,1%	BIP in Mio. Euro	Beschäftigte	Volkseinkommen in Mio. Euro
2002	465.318,75	0,65	7	0,35
2003	512.325,00	0,91	10	0,49
2004	564.075,00	1,06	11	0,57
2005	621.000,00	1,19	13	0,64
2006	683.531,25	1,31	14	0,71
2007	752.962,50	1,45	15	0,78
2008	828.862,50	1,59	17	0,86
2009	912.525,00	1,76	19	0,95
2010	1.004.812,50	1,93	20	1,04
Summe	6.345.412,50	11,86	126	6,39

Quelle: Eigene Berechnungen

8.1.2 Simulation bei einer Wachstumsrate von 6,6%

Die zweite Simulation zeigt die Effekte auf die Volkswirtschaft bei einer Wachstumsprognose von 6,6 % (siehe Tabelle 8-2). Über den Zeitraum von 2002 bis 2010 ergeben sich Investitionen im Ausmaß von 5,3 Mio. Euro, die unter dem Aspekt der getroffenen Annahmen ein zusätzliches BIP von 10 Mio. Euro, 106 zusätzliche Beschäftigte, und ein zusätzliches Volkseinkommen von 5,38 Mio. Euro bringen würden.

Tabelle 8-2: Simulation 2 - Wachstumsprognose von jährlich 6,6 %

Jahr	Investitionen in Euro bei Wachstumsrate von 6,6 %	BIP in Mio. Euro	Beschäftigte	Volkseinkommen in Mio. Euro
2002	450.656,25	0,63	7	0,34
2003	480.412,50	0,86	9	0,46
2004	511.893,75	0,98	10	0,53
2005	545.531,25	1,06	11	0,57
2006	581.756,25	1,13	12	0,61
2007	620.137,50	1,21	13	0,65
2008	661.106,25	1,29	14	0,69
2009	704.662,50	1,37	15	0,74
2010	751.237,50	1,46	15	0,79
Summe	5.307.393,75	9,99	106	5,38

Quelle: Eigene Berechnungen

8.1.3 Simulation bei einer Wachstumsrate von 4,5%

Im dritten Fall, in dem ein jährliches Wachstumspotential von 4,5 % erwartet wird, ergeben sich über die Jahre 2002 bis 2010 folgende Effekte auf die Volkswirtschaft: zusätzliches BIP von 9 Mio. Euro, zusätzliche Beschäftigte im Ausmaß von 95, und ein zusätzliches Volks-einkommen von 4,85 Mio. Euro (siehe Tabelle 8-3).

Tabelle 8-3: Simulation 3 - Wachstumsprognose von jährlich 4,5%

Jahr	Investitionen in Euro bei Wachstumsrate von 4,5 %	BIP in Mio. Euro	Beschäftigte	Volkseinkommen in Mio. Euro
2002	441.600,00	0,62	7	0,33
2003	461.437,50	0,83	9	0,45
2004	482.137,50	0,92	10	0,50
2005	504.131,25	0,98	10	0,53
2006	526.556,25	1,03	11	0,56
2007	550.275,00	1,08	11	0,58
2008	575.287,50	1,13	12	0,61
2009	601.162,50	1,18	12	0,64
2010	627.900,00	1,23	13	0,66
Summe	4.770.487,50	9,01	95	4,85

Quelle: Eigene Berechnungen

Wie man den Ergebnissen aus den drei unterschiedlichen Simulationen entnehmen kann, sind positive Auswirkungen auf die Volkswirtschaft gegeben. Im optimistischsten Szenario, mit einer jährlichen Wachstumsrate von 10,1 %, würde die Beschäftigungszahl der Branche um 0,39 % über den Zeitraum von 10 Jahren steigen.

8.2 Kosteneinsparungspotential für die gesamte öö. Volkswirtschaft

8.2.1 Externe Kosten aus den CO₂-Emissionen

Ziel einer jeden umweltpolitischen Maßnahme ist es, externe Effekte zu internalisieren. Externe Effekte können ganz allgemein so beschrieben werden, dass die Situation eines Wirtschaftssubjektes durch Aktionen eines anderen Wirtschaftssubjektes (sowohl Produktion als auch Konsum) beeinflusst wird, ohne dass dabei eine Gegenleistung (Bezahlung, Entschädigung) erfolgt.¹⁸ Durch das wirtschaftliche Handeln eines Individuums entstehen Nutzen und Kosten, die nicht auf das handelnde Individuum beschränkt bleiben, sondern auch andere Individuen und somit die Gesellschaft als Ganzes betreffen.¹⁹ Externe Effekte liegen vor, wenn sich die Aktionen eines Wirtschaftssubjektes auf die Produktions- oder Nutzenfunktion eines oder mehrerer anderer Wirtschaftssubjekte auswirken, ohne dass sich dies in Änderungen der Faktor- oder Produktpreise niederschlägt. Es besteht demnach hier eine Differenz zwischen privaten und sozialen Kosten der Produktion bzw. Nutzen des Konsums.²⁰ Wichtig dabei ist, dass Handlungen eines Akteurs die Produktions- oder Konsummöglichkeiten anderer verändern, ohne dass sich dies vollständig und ausschließlich in den relativen Preisen niederschlägt. Diese Beeinflussungen betreffen am Preissystem vorbei den direkten Nutzen, und können somit im Preismechanismus nicht koordiniert werden.²¹ Somit entstehen für die Gesellschaft Kosten, ohne dass diese im betrieblichen Rechnungswesen bzw. in der Wirtschaftsrechnung der privaten und öffentlichen Haushalte als Kosten auftauchen.²²

In der Praxis ist es natürlich schwierig festzustellen, wie hoch die externen Effekte tatsächlich sind. Oft kann man den angerichteten Schaden aufgrund von Umweltverschmutzungen nicht exakt feststellen, und schon gar nicht exakt monetär quantifizieren. Als Extrembeispiel sei hier nur das Aussterben einer Tier- oder Pflanzenart genannt, dessen monetärer Schaden für die gesamte Gesellschaft unmöglich festzustellen ist.

Aus diesem Grund muss man sich aus soziökonomischer Sicht anderer Instrumente bedienen.²³ Ein sehr beliebtes Mittel dabei ist es die Vermeidungskosten einer Umweltschädigung heranzuziehen. Zwar ist es auch hier häufig schwierig einen exakten Wert anzuführen, da z.B. die individuellen Grenzvermeidungskosten von

¹⁸ vgl.: Nowotny E., Der öffentliche Sektor, Springer 1996

¹⁹ vgl.: Bartel R., Hackl F., Hauptinstrumente der Umweltpolitik und ihre Wirkungen, in: Einführung in die Umweltpolitik, WiSo-Kurzlehrbücher, Reihe Volkswirtschaft, München 1994, S. 33-60.

²⁰ Nowotny E., Der öffentliche Sektor, Springer 1996, S. 44

²¹ vgl.: Weimann J., Umweltökonomie – Eine theorieorientierte Einführung, Springer 1990

²² Wicke L., Umweltökonomie – eine praxisorientierte Einführung, Berlin 1993, S. 43

²³ Vgl., Proidl H., Ökonomische Analyse von umweltbezogenen Steuern und Abgaben und deren Beitrag zum Kyoto-Ziel in Österreich, Linz, Nov. 2003

Emissionen eines Wirtschaftsbetriebes dem Unternehmensgeheimnis zuzuordnen sind, dennoch besteht zumindest die Möglichkeit eine Bandbreite an Vermeidungskosten festzulegen, um so Rückschlüsse auf die externen Kosten machen zu können.

Wie sieht nun die Situation im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit aus? Da im Bereich Treibhausgaseffekt die externen Kosten sehr wesentlich von der gewählten Vermeidungsstrategie abhängen, wird auch diesbezüglich häufig mit Bandbreiten gerechnet.²⁴ Diese externen Kosten, die von Vermeidungskosten abgeleitet werden, variieren aber sehr stark in den verschiedensten Publikationen.

Auf Grund der Aktualität und der relativ geringen festgesetzten Bandbreite, werden in dieser Arbeit jene Vermeidungskosten im Bezug zum Treibhausgaseffekt gewählt, wie sie in der Fußnote²⁵ zitierten Arbeit des Bundesministeriums für Arbeit und Wirtschaft festgesetzt wurden. In dieser Studie wurde für externe Kosten im Hinblick auf den Treibhausgaseffekt für CO₂ folgende Bandbreite gewählt:

- min: 25,44 €/t CO₂
- max: 61,77 €/t CO₂

Geht man nun bei der Berechnung der, durch die zusätzliche jährliche Installation von Heizungs-Wärmepumpen in OÖ, vermiedenen externen Kosten wiederum von einer Bestandsdauer von 20 Jahren aus, so ergeben sich mit einer durchschnittlichen zusätzlichen Einsparung von 1.381 bzw. 2.470 Tonnen CO₂ pro Jahr (von 1990 bis 2001) zwischen 0,70 Mio. Euro und 3,05 Mio. Euro und mit einer durchschnittlichen zusätzlichen Einsparung zwischen 2.622 und 6.235 Tonnen CO₂ pro Jahr (von 2002 bis 2010 mit drei unterschiedlichen Wachstumsraten) zwischen 1,33 und 7,70 Mio. Euro (Tabelle 8-4).

²⁴ Vgl., Adensam H., Bruck M., Fellner M., Geissler S., „Externe Kosten“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2002

²⁵ ebenda

Tabelle 8-4: Monetäre Bewertung der eingesparten CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Wärmepumpen in OÖ

Zusätzliche durchschnittliche CO ₂ -Einsparung in Tonnen pro Jahr		externe Kosten bei	
		25,44 €/t CO ₂	61,77 €/t CO ₂
bei Einsatz der Wärmepumpe anstelle eines Gaskessels im Zeitraum		in Mio. € bei Berücksichtigung einer Bestandsdauer von 20 Jahren	
1990-2001	1.381	0,70	1,71
2002-2010 bei Wachstum von 10,1 %	3.487	1,77	4,31
2002-2010 bei Wachstum von 6,6 %	2.917	1,48	3,60
2002-2010 bei Wachstum von 4,5 %	2.622	1,33	3,24
bei Einsatz der Wärmepumpe anstelle eines Ölkessels im Zeitraum			
1990-2001	2.470	1,26	3,05
2002-2010 bei Wachstum von 10,1 %	6.235	3,17	7,70
2002-2010 bei Wachstum von 6,6 %	5.215	2,65	6,44
2002-2010 bei Wachstum von 4,5 %	4.688	2,39	5,79

Quelle: Eigene Berechnungen

9 Zusammenfassung und Ausblick

Nach einer Kurzbeschreibung der Technologie und der Anwendungsbereiche der Wärmepumpe im Kapitel 2, kam es im darauf folgenden Kapitel 3 zu einer statistischen Darstellung des Einsatzes der Wärmepumpe im Wohnraumheizungsbereich, wobei insbesondere auf Oberösterreich eingegangen wurde. So erreichte beispielsweise OÖ über die Jahre 1990 bis 2001 einen durchschnittlichen Marktanteil am Heizungs-Wärmepumpenmarkt von rund 41 % und wies somit gegenüber den anderen Bundesländern den größten Heizungs-Wärmepumpenmarkt, gemessen nach der Anzahl der installierten Anlagen, auf. Der durchschnittliche jährliche Anteil der im Energie-AG-Gebiet installierten Wärmepumpen in Oberösterreich lag über die Jahre 1994 bis 2001 bei rund 70 %.

Im Kapitel 4 wurden aus der historischen Entwicklung des Heizungs-Wärmepumpenmarktes in Oberösterreich drei unterschiedliche Prognoseszenarien abgeleitet. Das optimistischste Prognoseszenario beruht auf der 10-jährigen Entwicklung des oberösterreichischen Heizungs-Wärmepumpenmarktes von 1991 bis 2001 und führt zu einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von 10,1 %. Das mittlere Prognoseszenario basiert auf der Marktentwicklung des 5-jährigen Zeitraums von 1996 bis 2001 und ergibt eine jährliche durchschnittliche Wachstumsrate von 6,6 % und das pessimistischste Prognoseszenario mit einer Wachstumsrate von 4,5 % leitet sich aus der 3-jährigen Marktentwicklung von 1999 bis 2001 ab. Im optimistischsten Szenario würden im Jahr 2010 2.230, im mittleren Szenario 1.742 und im pessimistischsten Szenario 1.456 Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich installiert werden.

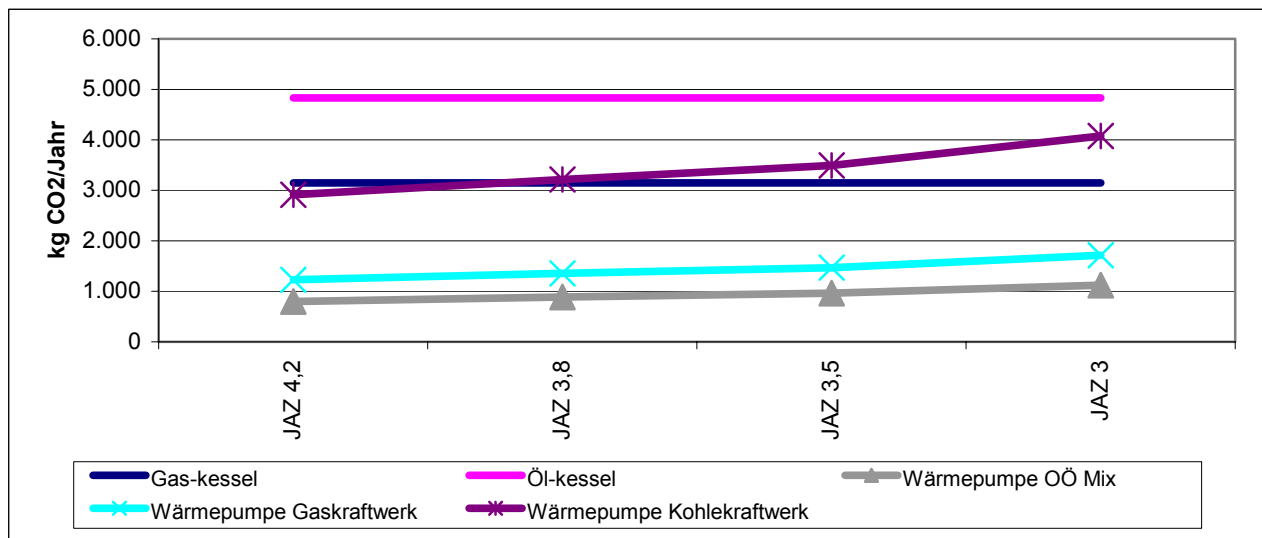
Kapitel 5 gab einen Überblick über die Förderungshöhe und die Anzahl der geförderten Wärmepumpen im Rahmen der oberösterreichischen Wohnbauförderung seit dem Jahr 1980. Es wurde dargestellt, dass über die Jahre 1980 bis 2002 in Oberösterreich 3,57 Mio. Euro pro Jahr in die Förderung von alternativen Energiegewinnungsanlagen floss, wobei das Förderungsvolumen im Laufe der Zeit angestiegen ist. In den 5 Jahren von 1998 bis 2002 lag das Fördervolumen für alternative Energiegewinnungsanlagen in Oberösterreich bei 4,62 Mio. Euro pro Jahr, wobei ungefähr ein Viertel in die Förderung der Heizungs-Wärmepumpe, zwei Drittel in die Förderung von Solaranlagen und der Rest in Fernwärme und andere Wärmepumpenanlagen floss.

Im Kapitel 6 wurde gezeigt, dass der Einsatz von Wärmepumpen als Heizsystem im Wohnbau eine Alternative darstellt, um die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren. Zu dieser Aussage kommt man, wenn man die Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Heizungssysteme vergleicht. So wurden in dieser Studie für ein Haus mit 175 m² Wohnfläche folgende Heizungssysteme verglichen:

- Zentralheizung mit Gasbrennwertkessel
- Zentralheizung mit Ölkessel
- Zentralheizung mit Pelletskessel
- Wärmepumpe mit JAZ zwischen 3 und 4,2 mit Strom gemäß Oö. Strommix
- Wärmepumpe mit JAZ zwischen 3 und 4,2 mit Strom aus einem Gaskraftwerk
- Wärmepumpe mit JAZ zwischen 3 und 4,2 mit Strom aus einem Kohlekraftwerk
- Wärmepumpe mit JAZ zwischen 3 und 4,2 mit Strom aus einem Biomassekraftwerk

Die Ergebnisse hinsichtlich der Treibhausgasemissionen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Betrachtet man nur die direkten CO₂-Emissionen, die bei den Heizkesseln und den Kraftwerken anfallen, so sind die beiden Biomassevarianten die besten, da definitionsgemäß keine CO₂-Emissionen anfallen. Von den Varianten mit fossilen Energieträgern ist bedingt durch die Tatsache, dass beim OÖ-Strommix 69 % des Stroms CO₂ frei produziert wird, diese Variante deutlich besser als alle anderen. Um den Einfluss der Jahresarbeitszahl mitberücksichtigen zu können, wurde ein weiterer Emissionsvergleich durchgeführt, dessen Ergebnis Abbildung 9-1 zeigt.

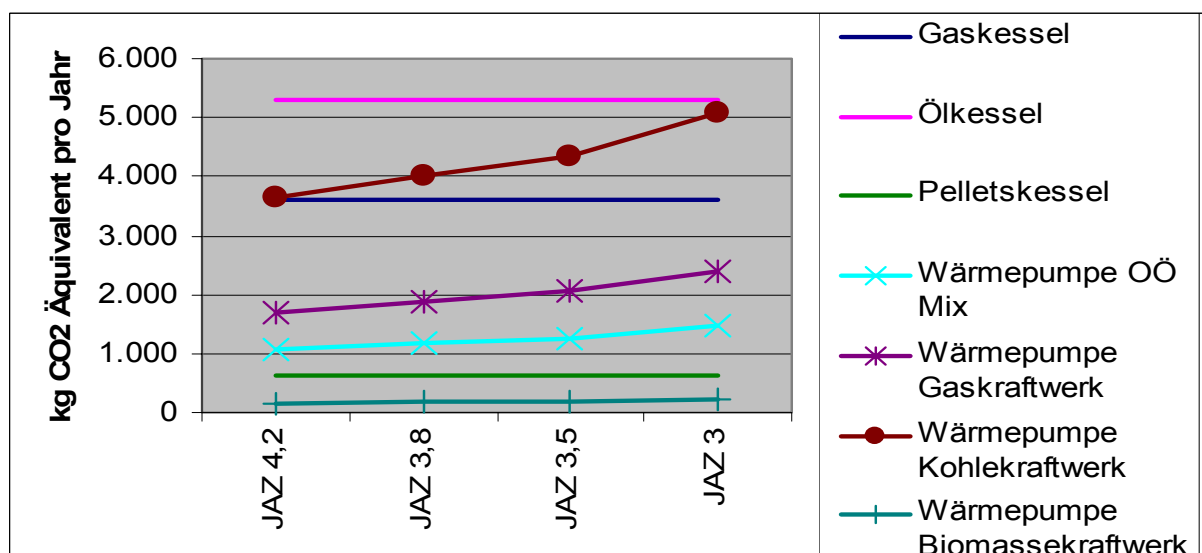
Abbildung 9-1: Kohlendioxidemissionen in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert- und Heizölkessel



Quelle: Eigene Berechnungen

Da bei solchen Betrachtungen auch die Vorleistungen mitberücksichtigt werden sollen, wurde basierend auf Daten des Umweltbundesamtes Berlin auch ein solcher Vergleich durchgeführt, dessen Ergebnisse die nachfolgende Abbildung 9-2 zeigt.

Abbildung 9-2: Emissionen an CO₂-Äquivalenten in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert-, Heizöl- und Pelletskessel



Nach der Betrachtung eines einzelnen Hauses wurden im Kapitel 7 auch Berechnungen über die CO₂-Emissionseinsparungen durch den Einsatz der Wärmepumpe in OÖ angestellt. Dabei werden zuerst die, durch die jährlichen

zusätzlichen Installationen von Wärmepumpenanlagen in OÖ, tatsächlich zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2001 gezeigt. Danach werden auch die prognostizierten zusätzlichen CO₂-Einsparungen von 2002 bis 2010, mit Hilfe der im Kapitel 4 dargestellten unterschiedlichen Prognoseszenarien für die Entwicklung der jährlichen zusätzlichen installierten Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich, dargestellt.

In beiden Fällen werden die CO₂-Emissionen, die bei Einsatz einer Wärmepumpe „OÖ Mix“ und „Gaskraftwerk“ entstehen, den CO₂-Emissionen, die bei Verwendung eines Gas- und Ölkessel entstehen würden, gegenübergestellt. Das bedeutet, dass die Annahme getroffen wird, dass von den eingesetzten Heizungs-Wärmepumpenanlagen zu 100 % Heizsysteme basierend auf fossiler Energie verdrängt werden.

Durch die zusätzliche jährliche Installation von Wärmepumpen in den Jahren 1990 bis 2001 konnten in Summe zwischen 14.921 (Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ gegenüber Gaskessel) und 31.295 (Wärmepumpe „OÖ-Mix“ gegenüber Ölkessel) zusätzliche Tonnen CO₂ eingespart werden. Über die Jahre 2002 bis 2010 wird die Summe der durch die zusätzliche jährliche Installation von Wärmepumpen eingesparten CO₂-Emissionen zwischen 21.239 (Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ gegenüber Gaskessel bei Wachstum von 4,5 %) und 59.263 (Wärmepumpe „OÖ-Mix“ gegenüber Ölkessel bei Wachstum von 10,1 %) liegen.

Gemessen an den jährlichen Treibhausgasemissionen aus der Raumwärme in OÖ betragen die zusätzlich eingesparten Tonnen CO₂ über die Jahre 1990 bis 2001 durchschnittlich zwischen 0,78 % (16.607 Tonnen CO₂) und 1,39 % (29.640 Tonnen CO₂). Bei einer Wachstumsrate von 10,1 % liegen die über die Jahre 2002 bis 2010 aufsummierten zusätzlich eingesparten Tonnen CO₂ durchschnittlich zwischen 1,47 % (31.385 Tonnen CO₂) und 2,63 % (56.079 Tonnen CO₂).²⁶ Über die gesamte Kyoto-Periode von 1990 bis 2010 betragen die zusätzlich eingesparten Tonnen CO₂ bis zu 4,02 % (85.720 Tonnen CO₂) an den jährlichen Treibhausgasemissionen aus der Raumwärme in OÖ.

Weiters wurde im Kaptitel 7 auch berechnet, dass ausgehend von einer Bestandsdauer von 20 Jahren und einer durchschnittlichen jährlichen Fördersumme für Heizungswärmepumpen in OÖ von 1,16 Mio. Euro, die Förderung pro eingesparter Tonne CO₂ in den Jahren 1998 bis 2002 bei 20,5 Euro lag. Liegen die externen Kosten, wie im Abschnitt 8.2.1 angeführt wird, zwischen 25,44 und 61,77 Euro pro Tonne CO₂, so kann eine durchschnittliche Förderung im Ausmaß von 20,5 Euro pro Tonne CO₂ als durchaus ökonomisch sinnvoll bezeichnet werden.

²⁶ Für diese Berechnungen wurde ein Durchschnitt aus den zusätzlichen CO₂-Einsparungen der Wärmepumpe „OÖ-Mix“ und der Wärmepumpe „Gaskraftwerk“ (siehe Abschnitt 7.3) gebildet.

Im Kapitel 8 wurden mögliche Wertschöpfungseffekte des Ausbaus des Wärmepumpensektors bis 2010 in OÖ berechnet. Die nachfolgende Tabelle 9-1 fasst die Ergebnisse zusammen. So würde z.B. ein Wachstum des oberösterreichischen Heizungs-Wärmepumpenmarktes von 10,1 % über die Jahre 2002 bis 2010 zu einem zusätzlichen BIP von 11,86 Mio. Euro, zu 126 zusätzlich beschäftigten Personen und einem zusätzlichen Volkseinkommen von 6,39 führen.

Tabelle 9-1: Aufsummierte Simulationsergebnisse von 2002 bis 2010 bei unterschiedlichen Wachstumsprognosen

Wachstumsrate	Investitionen in Euro	BIP in Mio. Euro	Beschäftigte	Volkseinkommen in Mio. Euro
10,1 %	6.345.412,50	11,86	126	6,39
6,6 %	5.307.393,75	9,99	106	5,38
4,5 %	4.770.487,50	9,01	95	4,85

Quelle: Eigene Berechnungen

Abschließend wurden im Kapitel 8 noch die, durch die jährliche zusätzliche Installation von Wärmepumpen in OÖ, vermiedenen externen Kosten berechnet. Ausgehend von einer Bestandsdauer von 20 Jahren, ergeben sich mit einer durchschnittlichen zusätzlichen Einsparung von 1.381 bzw. 2.470 Tonnen CO₂ pro Jahr (von 1990 bis 2001) zwischen 0,70 Mio. Euro und 3,05 Mio. Euro und mit einer durchschnittlichen zusätzlichen Einsparung zwischen 2.622 und 6.235 Tonnen CO₂ pro Jahr (von 2002 bis 2010 mit drei unterschiedlichen Wachstumsraten) zwischen 1,33 und 7,70 Mio. Euro.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Funktionsweise der Wärmepumpe.....	8
Abbildung 2-2: Aufbau der Wärmepumpe mit Direktverdampfung	8
Abbildung 3-1: Jährlich installierte Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001	14
Abbildung 3-2: Verlauf der jährlich installierten Brauchwasser- und Heizungs- Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001	15
Abbildung 3-3: Verlauf der installierten Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001 – kumulierte Werte	16
Abbildung 3-4: Aufgliederung der Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Leistungsbereichen im Jahr 2001	17
Abbildung 3-5: Aufgliederung der Heizungs-Wärmepumpenanlagen nach Systemen im Jahr 2001	18
Abbildung 3-6: Anzahl der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Österreich und Oberösterreich von 1990 bis 2001	19
Abbildung 3-7: Anzahl der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich und im Energie AG-Gebiet von 1994 bis 2001	20
Abbildung 3-8: Verlauf des Energie-AG-Marktanteils am öö. Heizungswärmepumpenmarkt in %	20
Abbildung 3-9: Verlauf der installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich und im Energie-AG-Gebiet von 1994 bis 2001– kumulierte Werte.....	21
Abbildung 4-1: Mögliche Entwicklung der jährlich installierten Heizungs- Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich bis zum Jahr 2010	23
Abbildung 5-1: Anzahl der jährlich geförderten Wärmepumpen in Oberösterreich von 1980 bis 2002	25
Abbildung 5-2: Verlauf der jährlich geförderten Wärmepumpen in Oberösterreich.....	25
Abbildung 5-3: Jährliches Fördervolumen für alternative Energiegewinnungsanlagen in Oberösterreich.....	26
Abbildung 7-1: Kohlendioxidemissionen in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert- und Heizölkessel .	40
Abbildung 7-2: Emissionen an CO ₂ -Äquivalenten in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert-, Heizöl- und Pelletskessel	41
Abbildung 7-3: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 1990 bis 2001	42
Abbildung 7-4: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 1990 bis 2001	43
Abbildung 7-5: Verlauf der jährlichen CO ₂ -Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln	43

Abbildung 7-6: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 10,1 %	44
Abbildung 7-7: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 10,1 %	45
Abbildung 7-8: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 6,6 %	45
Abbildung 7-9: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 6,6 %	46
Abbildung 7-10: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „OÖ Mix“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 4,5 %	47
Abbildung 7-11: Zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch die zusätzliche Installation von Wärmepumpen „Gaskraftwerk“ anstelle von Gas- bzw. Ölkesseln in den Jahren 2002 bis 2010 – Wachstum von 4,5 %	47
Abbildung 7-12: Prognostizierter Verlauf der jährlichen CO ₂ -Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 10,1 %	48
Abbildung 7-13: Prognostizierter Verlauf der jährlichen CO ₂ -Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 6,6 %	48
Abbildung 7-14: Prognostizierter Verlauf der jährlichen CO ₂ -Emissionen bei Einsatz von Wärmepumpen „OÖ Mix“ oder „Gaskraftwerk“ bzw. bei Einsatz von Gas- oder Ölkesseln – Wachstumsrate 4,5 %	49
Abbildung 9-1: Kohlendioxidemissionen in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert- und Heizölkessel .	59
Abbildung 9-2: Emissionen an CO ₂ -Äquivalenten in Abhängigkeit von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Vergleich zu den Emissionen von Gasbrennwert-, Heizöl- und Pelletskessel	59

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Charakterisierung der Wärmepumpen	12
Tabelle 2-2: Wichtige Kennziffern zur Beurteilung einer Wärmepumpe bzw. einer Wärmepumpenanlage	13
Tabelle 3-1: Installierte Wärmepumpenanlagen in Österreich von 1975 bis 2001 – kumulierte Werte	16
Tabelle 3-2: Installierte Heizungs-Wärmepumpenanlagen in Oberösterreich und im Energie AG-Gebiet in den Jahren 1994 bis 2001 – kumulierte Werte	21
Tabelle 4-1: Entwicklung des Heizungs-Wärmepumpeneinsatzes in Oberösterreich bis 2010 in drei unterschiedlichen Prognoseszenarien	22

Tabelle 4-2: Anteil der jährlich installierten Heizungs-Wärmepumpenanlagen an den in Oberösterreich geförderten Eigenheimen von durchschnittlich 9.191 pro Jahr.....	24
Tabelle 5-1: Wärmepumpenförderung von 1980 bis 2003 in Euro; einmaliger nicht rückzahlbarer Bauzuschuss	24
Tabelle 6-1: Jährliche Schadstoffemissionen des Gaskessels in Kilogramm	30
Tabelle 6-2: Jährliche Schadstoffemissionen verursacht durch Stromproduktion für Umwälzpumpe in Kilogramm.....	31
Tabelle 6-3: Jährliche Schadstoffemissionen des Ölkessels in Kilogramm	31
Tabelle 6-4: Jährliche Schadstoffemissionen des Pelletskessels in Kilogramm	32
Tabelle 6-5: Stromkennzeichnung der Energie AG Oberösterreich	33
Tabelle 6-6: Strommix der Energie AG Oberösterreich nach Zuordnung von Sonstige und UCTE Gesamtstrommix.....	34
Tabelle 6-7: Stromverbrauch jener Energieträger für Wärmepumpe gemäß Strommix Energie AG Oberösterreich	34
Tabelle 6-8: Schadstoffverteilung der Stromerzeugung für den Jahresstrombedarf der Wärmepumpe gemäß Strommix Energie AG Oberösterreich in kg pro Jahr	34
Tabelle 6-9: Schadstoffemissionen eines Gaskraftwerkes.....	35
Tabelle 6-10: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpenheizsystem betrieben mit Strom eines Gaskraftwerk	35
Tabelle 6-11: Schadstoffemissionen eines Steinkohlekraftwerkes	36
Tabelle 6-12: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpenheizsystem betrieben mit Strom eines Steinkohlekraftwerkes	36
Tabelle 6-13: Schadstoffemissionen eines Biomassekraftwerkes	37
Tabelle 6-14: Jährliche Schadstoffemissionen für das Wärmepumpenheizsystem betrieben mit Strom eines Biomassekraftwerkes	37
Tabelle 6-15: Vergleich der Emissionen der untersuchten Systeme in Kilogramm pro Jahr ..	38
Tabelle 6-16: Investitionskostenvergleich der untersuchten Heizsysteme in Euro	38
Tabelle 6-17: Investitionskosten und österreichischer Produktionsumsatz der untersuchten Varianten	39
Tabelle 7-1: Emissionsvergleich der untersuchten Varianten in Kilogramm pro Jahr unter Berücksichtigung der Vorleistungen	40
Tabelle 7-2: Fördersumme im Vergleich zur jährlichen CO ₂ Einsparung in OÖ.....	51
Tabelle 8-1: Simulation 1 - Wachstumsprognose von jährlich 10,1%	53
Tabelle 8-2: Simulation 2 - Wachstumsprognose von jährlich 6,6 %	54
Tabelle 8-3: Simulation 3 - Wachstumsprognose von jährlich 4,5%	54
Tabelle 8-4: Monetäre Bewertung der eingesparten CO ₂ -Emissionen durch den Einsatz von Wärmepumpen in OÖ	57
Tabelle 9-1: Aufsummierte Simulationsergebnisse von 2002 bis 2010 bei unterschiedlichen Wachstumsprognosen.....	61

12 Literaturverzeichnis

Adensam H., Bruck M., Fellner M., Geissler S., „Externe Kosten“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2002

Bartel R., Hackl F., Hauptinstrumente der Umweltpolitik und ihre Wirkungen, in: Einführung in die Umweltpolitik, WiSo-Kurzlehrbücher, Reihe Volkswirtschaft, München 1994, S. 33-60.

Energie AG, Energieratgeber Wärmepumpe

Energiepartner OÖ

EVA, Ausweitung der Studie Wärmepumpen und Öl-/Gasheizungen im Vergleich, Emissionsvergleich, Betriebs- und Service-Aspekte, Wien, 1999

Faninger G., Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, IFF-Universität Klagenfurt, 2002

Frey, Schöler & Scheuber Managementberatung GmbH, Markt für Wärmepumpen in Deutschland und NRW – Strukturen und Entwicklungsmöglichkeiten, Remshalden, Nov. 2002

Land OÖ

Nowotny E., Der öffentliche Sektor, Springer 1996

O.Ö Energiesparverband

Proidl H., Ökonomische Analyse von umweltbezogenen Steuern und Abgaben und deren Beitrag zum Kyoto-Ziel in Österreich, Linz, Nov. 2003

Stanzel W., Jungmeier G. und Spitzer J., Emissionsfaktoren und energietechnische Parameter für die Erstellung von Energie- und Emissionsbilanzen im Bereich Raumwärmeverorgung, Joanneum Research, Institut für Energieforschung, Graz, Juni 1995

Statistik Austria, Statistisches Jahrbuch Österreichs, 2003

Umweltbundesamt, Emissionsfaktoren als Grundlage für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur, Wien, 2001

Weimann J., Umweltökonomie – Eine theorieorientierte Einführung, Springer 1990

Wicke L., Umweltökonomie – eine praxisorientierte Einführung, Berlin 1993, S. 43

www.schnauer.at/energie/frame_kosten.htm

www.energie-tirol.at/sol_raumheizung_funktionsweise.htm

www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/

www.w-reinshagen.de