



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Abteilung Energieeffizienz und Erneuerbare Energien
Abteilung Energiewirtschaft

Basics AG Februar 2008

Referenzentwicklung Wärmepumpenmarkt

Schlussbericht

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Basics AG; Entscheidungsgrundlagen für Politik und Wirtschaft, Technopark,
Technoparkstr. 1, 8005 Zürich

unter Beizug von / des

Basler & Hofmann AG, Zürich

Center for Energy Policy and Economics, ETH, Zürich

Prognos AG, Basel

Autoren:

Walter Baumgartner

Orsolya Ebert-Bolla

Begleitgruppe:

Kurt Bisang, Bundesamt für Energie BFE

Isabel Junker, Bundesamt für Umwelt BAFU

Philippe Méan, Energie Ouest Suisse EOS

Stephan Peterhans, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS

Fabrice Rognon, Bundesamt für Energie BFE

Diese Studie wurde im Rahmen der Evaluationen des Bundesamts für Energie BFE erstellt.
Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 4 |
| Résumé | 5 |
| Vorwort | 6 |
| Stellungnahme FWS | 7 |
| | |
| 1 Einleitung | 8 |
| 2 Absatzentwicklung | 10 |
| 2.1 Schweiz | 10 |
| 2.3 Ausland..... | 14 |
| 3 Einflussfaktoren | 17 |
| 3.1 Bautätigkeit..... | 17 |
| 3.2 Energiepreise | 22 |
| 3.3 Klimaerwärmung | 30 |
| 3.4 Klimabesorgnis..... | 33 |
| 3.5 Wirtschaftsentwicklung..... | 34 |
| 3.6 Förderung | 35 |
| 3.7 Reduktion des Raumwärmebedarfs | 37 |
| 3.8 Effizienzverbesserung der Wärmepumpe | 40 |
| 3.9 Vorschriften | 42 |
| 3.10 Hemmnisse | 43 |
| 3.11 Exkurs: Hemmnisse beim Sanieren..... | 44 |
| 4 Referenzentwicklung | 46 |
| 4.1 Methodisches | 46 |
| 4.2 Rahmenentwicklung..... | 50 |
| 4.3 Referenzentwicklung | 52 |
| 4.4 Einordnung der Referenzentwicklung | 62 |
| 4.5 Vergleich mit den Perspektiven..... | 63 |
| 5 Massnahmen und ihre Wirkung | 66 |
| 5.1 Einleitung..... | 66 |
| 5.2 Wirkung direkter Massnahmen..... | 67 |
| 5.3 Wirkung indirekter Massnahmen..... | 69 |
| 5.4 Mögliche Massnahmen | 72 |
| 6 Fazit und Empfehlungen | 74 |



Zusammenfassung

Im Rahmen des Kyoto-Mechanismus, aber auch im Zusammenhang mit der Wirkungsanalyse von EnergieSchweiz stellt sich dem Bundesamt für Energie (BFE) die Frage nach den jeweils "richtigen" Referenzentwicklungen und den Möglichkeiten, direkte und indirekte Fördermassnahmen relativ zu diesen Referenzentwicklungen zu quantifizieren. Am Beispiel des Wärmepumpenmarktes sollte diese Frage - angesichts einer konkreten Förderstrategie der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) mit indirekten Massnahmen - näher untersucht werden.

Basierend auf den Resultaten der erst kürzlich abgeschlossenen Arbeiten zu den Energieperspektiven 2035 wurde zunächst eine detaillierte Referenzentwicklung für den Wärmepumpenmarkt definiert, die davon ausgeht, dass die bisherigen Förderanstrengungen mit direkten und indirekten Massnahmen aufrechterhalten bleiben. Diese Referenzentwicklung lässt sich etwa wie folgt umreissen: Im wichtigsten Teilmarkt, nämlich im Neubaubereich von Ein- und Zweifamilienhäusern, hat die Wärmepumpe bereits eine Sättigungsgrenze erreicht, was einen deutlichen Trendbruch in den Wachstumsraten erwarten lässt. Die Absätze werden zwar weiterhin zunehmen und sich bis 2035 nochmals verdoppeln (vor allem als Folge des Ersatzmarktes); Zuwachsraten von 30 oder mehr Prozent wird es aller Voraussicht nach aber nicht mehr geben. Sehr grosse Potenziale liegen im Sanierungsbereich, d.h. im Ersatz einer fossilthermischen Heizung durch eine Wärmepumpenanlage, aber die technischen und wirtschaftlichen Hindernisse sind zurzeit so gross, dass in der Referenzentwicklung nur eine eher bescheidene Marktausdehnung angenommen wird. Gesamthaft werden bis 2035 rund 450'000 Wärmepumpen im Betrieb sein, die zusammen etwa 6000 GWh Umweltwärme nutzen werden.

In dem der Wärmepumpenmarkt entlang der angedeuteten Teilmärkte geeignet gesplittet wird, lässt sich aus dieser Referenz angesichts der heute relativ klaren Marktsituation auch eine neue Referenz für EnergieSchweiz konstruieren. Mit einem analogen Raisonement kann man auch Marktsegmente aussondern, in denen indirekte Massnahmen als additional gelten können, also für inländische CO₂-Kompensationen in Frage kommen könnten. Grundsätzlich bleibt es aber immer ein schwieriges Unterfangen, indirekten Massnahmen kausale Wirkungen auf konkrete Anlagen zuzuschreiben. Damit hängt denn auch das Problem der "Adressierung" von Wirkungen zusammen: Wem gehören bei indirekten Massnahmen die vermiedenen CO₂-Emissionen?



Résumé

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) est amené à se demander, dans le cadre du mécanisme de Kyoto mais aussi à propos de l'analyse des effets de SuisseEnergie, quelle est à chaque fois la «bonne» évolution de référence et quelles sont les possibilités de quantifier les effets des mesures directes ou indirectes d'encouragement axées sur ces évolutions de référence. La présente étude tente de répondre à la question à partir de l'exemple du marché des pompes à chaleur, pour lequel le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP) a mis en place une stratégie d'encouragement concrète prévoyant des mesures indirectes.

La première étape a consisté à définir, sur la base des perspectives énergétiques 2035 récemment mises au point, une évolution de référence détaillée pour le marché des pompes à chaleur, qui prévoit le maintien à leur niveau actuel des efforts de promotion sous forme de mesures directes ou indirectes. Les traits saillants de cette évolution de référence sont les suivants. Dans le principal segment du marché, soit la construction de maisons individuelles ou mitoyennes, les pompes à chaleur ont déjà atteint le point de saturation, laissant prévoir un tassement des taux de croissance. Les ventes continueront sans doute à augmenter, et devraient encore doubler d'ici 2035 (grâce au marché du remplacement notamment); mais apparemment l'époque des taux de croissance de 30 % ou davantage est révolue. En revanche, le potentiel est réel dans le segment de l'assainissement, soit le remplacement d'un chauffage à combustion fossile par une pompe à chaleur. L'évolution de référence ne prévoit toutefois qu'une légère expansion de ce marché, en raison des obstacles techniques et économiques à surmonter. Au total, près de 450'000 pompes à chaleur seront en activité d'ici 2035, utilisant près de 6000 GWh de chaleur ambiante.

Les segments susmentionnés sont aisés à distinguer dans le marché des pompes à chaleur. A partir de là et compte tenu de la situation relativement claire du marché, l'étape suivante consiste à définir une nouvelle référence pour SuisseEnergie. Un raisonnement analogue permet de distinguer des segments de marché où des mesures indirectes pourraient intervenir à titre complémentaire, soit pour la compensation indigène des émissions de CO₂. Il reste néanmoins difficile par principe d'établir un lien de cause à effet entre les mesures indirectes et des installations concrètes. Le problème tient notamment à l'attribution des effets: à qui faut-il imputer les émissions de CO₂ évitées grâce aux mesures indirectes?



Vorwort

Der Wärmepumpenmarkt in der Schweiz verzeichnete in den letzten Jahren ein erfreuliches Wachstum. In Neubauten unter 20 kW mit Wärmequelle Luft behaupten sich die Wärmepumpen gegenüber den Heizsystemen mit fossilen Energieträgern und geniessen bereits Wettbewerbsvorteile. Bei Hausanierungen hingegen können beim Ersatz eines Heizsystems mit Wechsel auf einen anderen Energieträger erheblich höhere Kosten anfallen, als wenn beispielsweise eine alte durch eine neue Ölheizung ersetzt würde. Bei grösseren Wärmepumpen schliesslich fallen die Investitionskosten stärker ins Gewicht.

Insgesamt ist die Entwicklung des Wärmepumpenmarkts eine Erfolgsgeschichte für die Schweiz. Der Bund hat diese Entwicklung unterstützt und begleitet, zum Beispiel indem er zunächst Forschungs- und Entwicklungsarbeiten unterstützte. Später hat er im Rahmen von EnergieSchweiz zusammen mit der Branche durch Qualitätsanforderungen, -sicherungsmassnahmen und Feldmonitoring den guten Ruf der Anlagen begründet oder die Ausbildungen einer ausreichenden Anzahl an Fachkräften unterstützt.

Die Erfolgsgeschichte der Wärmepumpen soll in der Schweiz weitergehen. Besonders im Sanierungsbereich bestehen Potentiale, die in Zukunft möglichst weit ausgeschöpft werden sollten. Dabei stellt sich aber eine Reihe von Hemmnissen (siehe z.B. Kapitel 3.11). Liegt das Hauptproblem in der fehlenden Wirtschaftlichkeit, sind finanzielle Anreize nahe liegend (direkte Massnahmen). Fehlt es – unabhängig davon, ob Wirtschaftlichkeit gegeben ist – am Wissen und Können, sind Information, Beratung und Ausbildung angezeigt (indirekte Massnahmen).

Neben der Art der Massnahmen muss auch danach gefragt werden, wer diese Massnahmen trägt und finanziert. In welchen Bereichen ist eine Finanzierung durch die öffentliche Hand sinnvoll? Wo kann diese alleine durch die Anbieter getragen werden? Gibt es weitere Private, die an einer Unterstützung interessiert sind und davon einen direkten Nutzen haben? Für letzteres ist an die Betreiber von Gas- und Dampfkraftwerken, die Stiftung Klimarappen und weitere Private zu denken, welche Unterstützung bieten, wenn sie sich dafür exklusiv anrechenbare CO₂-Kompensationen sichern können.

Die vorliegende Arbeit liefert notwendige Beiträge zur Beantwortung der verschiedenen Fragen für das Beispiel der Wärmepumpen. Dabei leistete sie ein Stück weit Pionierarbeit, weil die allgemeinen Regeln für mögliche Kompensationsmassnahmen von Gas- und Dampfkraftwerken in der Schweiz parallel oder sogar zeitlich verschoben ausformuliert wurden. Eine der wichtigsten Ergebnisse für die Förderung von Wärmepumpen ist sicherlich, dass für den Bund allfällige Kompensationen durch indirekte Massnahmen mit einem nachvollziehbaren Nachweis zwischen den einzelnen Massnahmen und Teilmärkten erfolgen muss und nicht mit einer den gesamten Markt übergreifenden Referenzentwicklung abgedeckt werden kann.

Das Gutachten hat im BFE lebhaft Diskussionen über die Zukunft der indirekten Förderung ausgelöst und wird weiter in diese einfließen. Einen weiteren Niederschlag findet sie in der Wirkungsanalyse von EnergieSchweiz. Und schliesslich kann der Bund das Gutachten nutzen, falls Anträge für Kompensationsmassnahmen zu prüfen sind.

Es ist zu hoffen, dass dies zu einem weiteren erfolgreichen Kapitel der Wärmepumpen in der Schweizer Klima- und Energiepolitik beiträgt.

Michael Kaufmann, Leiter Abteilung Energieeffizienz und Erneuerbare Energien, BFE
Pascal Previdoli, Leiter Abteilung Energiewirtschaft, BFE



Stellungnahme FWS

Die Prognosen im Schlussbericht basieren auf der Annahme, dass der Wärmepumpenmarkt bis zum Jahr 2035 ceteris paribus bearbeitet wird. Das heisst, die Kantone fördern den Einbau von Wärmepumpen, die Elektrizitätsunternehmen engagieren sich wie heute, der Bund beteiligt sich an der Qualitätssicherung (Beitrag an das Wärmepumpentestzentrum Buchs) und unterstützt die Aktivitäten der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS für Information, Beratung, Öffentlichkeitsarbeit, Aus- und Weiterbildung, Qualitätssicherung von Wärmepumpen und Erdwärmesonden sowie das Normenwesen.

Für die Abschätzung der Wirkung von CO₂-Kompensationsleistungen wäre erforderlich, eine Referenzentwicklung ohne Förderaktivitäten des Bundes und eine Referenzentwicklung mit den Förderaktivitäten des Bundes. Es ist ebenfalls erforderlich, dass die Wirkung von direkten und indirekten Massnahmen quantifiziert wird: z.B. wie viele Franken direkte Förderung sind notwendig, um positive Entschiede für Wärmepumpen in den verschiedenen Marktsegmenten auszulösen. Das gleiche müsste auch für indirekte Massnahmen erarbeitet werden. Schon heute liegen Erkenntnisse vor. Die Werte können ex post von der 15-jährigen Tätigkeit der FWS und anderer aktiver Netzwerke abgeleitet werden. Die Analyse der Ergebnisse zeigt eine klar positive Korrelation zwischen den indirekten Massnahmen und dem Marktzuwachs. Dies beweisen die positiven Feedbacks der Mitglieder der FWS und tausende Kontakte mit Endverbrauchern. Letztlich ist es nicht wichtig zu wissen welche Wärmepumpe im Einzelnen auf Grund welcher indirekten Massnahme installiert wurde. Ganz klar bleibt festzuhalten, dass bisherige Markterfahrungen über mittel- und langfristige Verhaltensänderungen zeigen, dass auch indirekte Massnahmen für den nachhaltigen Erfolg unabdingbar und effektiv sind.

Im Schlussbericht werden viele Punkte ausführlich beschrieben. Nach unserer Erfahrung ist es aber zu einfach, den Wärmepumpenabsatz pro Jahr nur in den Zusammenhang zur Entwicklung der Energiepreise, Neubautätigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern und der Bruttoinlandproduktion zu stellen. Es fehlt zum Beispiel die Beschreibung der Wirkung des Wettbewerbs wie Öl-, Gas-, Holz- und Solarheizungen. Einen weiteren Einfluss werden neue und die Verbreitung bestehender Baunormen haben.

Die Arbeit zeigt nach unserer Meinung, dass die Marktentwicklung von Wärmepumpen nicht alleine durch Kohortenalgorithmen dargestellt werden kann. Die Herleitung der Aussagen im Bericht erfolgt mit rein naturwissenschaftlichen Ansätzen. Es fehlen die marktwirtschaftlichen Komponenten. Nur so ist es erklärbar, dass von „Selbstläufern“, die es in einem Käufermarkt nicht gibt, die Rede sein kann! Die Berechnung sagt aus, dass im Jahr 2035 im Anlagebestand Schweiz alleine mit den heutigen Massnahmen 450'000 Wärmepumpen installiert sein werden. Diese Aussage können wir nicht stützen, weil zum Beispiel heute gut ausgebildete Fachkräfte für den Sanierungsmarkt fehlen.

Fazit: Der Schlussbericht ist ein Input für die weitere Entwicklung von „Regeln für CO₂-Kompensationsleistungen“. Marktwirtschaftliche Überlegungen müssen zusätzlich eingebracht werden, so zum Beispiel die Differenzierung der Massnahmen für Neubauten und Sanierungen von Wärmeerzeugungsanlagen.

Bern, 2. April 2008 – Stephan Peterhans



1 Einleitung

Mit der vorliegenden Untersuchung werden gleichzeitig drei Problemkreise thematisiert, die alle im Grundsatz darum kreisen, was am Beispiel des Wärmepumpenmarktes eine faire Referenzentwicklung ist und wie man bestimmten Fördermassnahmen eine quantifizierte physische Wirkung gegenüberstellen könnte:

- Alljährlich wird für die Aktivitäten von EnergieSchweiz eine Wirkungsanalyse durchgeführt. Dabei geht es darum, einer Vielzahl von ganz unterschiedlichen Aktivitäten im energiepolitischen Bereich eine Wirkung zuzuordnen. Bei diesen Aktivitäten handelt es sich um direkte Massnahmen (wie Subventionen) aber auch um indirekte Massnahmen (wie Marketingaktivitäten, Ausbildung, Qualitätssicherung). In Bezug auf den Wärmepumpenmarkt heisst dies damit u.a.: Welcher Anteil des Absatzes ist der Wirkung von EnergieSchweiz zuzuordnen? In der Analyse für das Berichtsjahr 2006 wird mehr als 70% des gesamten Absatzes auf die Wirkung von EnergieSchweiz zurückgeführt (Infras 2007). Gemessen wird diese Wirkung anhand eines Referenzszenarios, das angesichts der aktuellen Entwicklung (boomartige Absatzsteigerung, Selbstläufereffekte, "garantierter" Ersatz-Absatz, hohe Ölpreise, weit verbreitete Klimabesorgnis in der Bevölkerung u.a.) eine Reihe von Fragen aufwirft und gegebenenfalls über die bereits vorgenommenen Korrekturen hinaus noch weiter angepasst werden sollte.
- Da ein wichtiger Teil der Förderung von Wärmepumpen eine indirekte ist, stellt sich ganz grundsätzlich die Frage, in wie weit die aktuellen methodischen Vorgaben des UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) bezüglich der Additionalität bzw. der Festlegung einer geeigneten Referenzentwicklung für Massnahmen zur CO₂-Minderung auch auf indirekte Massnahmen übertragen werden könnte. Denn einerseits ist die Wirkung indirekter Massnahmen nur schwer (wenn überhaupt) quantifizierbar und andererseits stellt sich die Gefahr von Doppelzählungen (die gleiche Emissionsminderung wird mehr als einmal in Rechnung gestellt, da nicht eindeutig adressiert).
- Die Energie Ouest Suisse (EOS) plant ein Gaskombikraftwerk Chavalon. Da ein Teil der damit einhergehenden CO₂-Emissionen mit inländischen Sparmassnahmen kompensiert werden muss, wird eine indirekte Förderung von Wärmepumpen ins Auge gefasst, die von der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) umgesetzt würde. Die Details der vorgesehenen Aktivitäten und die quantitativen Abschätzungen sind im Dokument "EOS Förderprogramm für die zusätzliche Installation von Wärmepumpen im Heizungsmarkt Schweiz" (FWS 2007) dargestellt. Es stellen sich hier analoge Fragen, wie bei der Wirkungsanalyse von EnergieSchweiz: Was ist eine faire Referenzentwicklung, was sind ihre Determinanten?

Das Bundesamt für Energie (BFE) ist deshalb an Basics gelangt, um die folgenden drei Grundfragen zu beantworten:

- Wie sieht unter Berücksichtigung der methodischen Vorgaben des Kyoto-Mechanismus eine in sich stimmige Referenzentwicklung des Wärmepumpenbestandes ohne zusätzliche Förderung aus (Baseline)?
- Was kann man zur Quantifizierung von (direkten und indirekten) Fördermassnahmen zur Entwicklung des Wärmepumpenmarktes aussagen?



- Wie sollte die bestehende Wirkungsanalyse angesichts der Marktentwicklungen angepasst werden?

Das vorliegende Dokument fasst die wichtigsten Untersuchungsergebnisse zusammen. Es ist wie folgt gegliedert:

Kapitel 2 gibt einen knappen Überblick über die aktuelle Marktsituation in der Schweiz und im Ausland.

In *Kapitel 3* werden die wesentlichen Determinanten des Wärmepumpenabsatzes diskutiert. Thematisiert werden u.a. Einflüsse wie Bautätigkeit, Energiepreise, Klimaerwärmung und -besorgnis, Förderanstrengungen, aber auch verschiedene Hemmnisfaktoren, die vor allem im Sanierungsmarkt (Wärmepumpe ersetzt anderes Heizsystem) von Bedeutung sind.

Nach einem methodischen Exkurs wird in *Kapitel 4* eine detaillierte Referenzentwicklung vorgestellt, die unter der Annahme einer gleich bleibenden direkten und indirekten Förderung die bisherige Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes bis ins Jahr 2035 extrapoliert. Dabei werden wesentlich die soeben veröffentlichten Resultate der Perspektivarbeiten des Bundes verwendet (BFE 2007a) und wo nötig aktualisiert und ergänzt. Ein Vergleich mit den im EOS Förderprogramm dargestellten Entwicklungen und mit den Resultaten der Energieperspektiven rundet das Kapitel ab.

In *Kapitel 5* geht es um die Wirkung von direkten und indirekten Massnahmen, insbesondere darum, wie man sie quantifizieren könnte. Dabei wird auch die Grundlage für eine neue Referenz für die Wirkungsanalyse EnergieSchweiz skizziert. Schliesslich werden einige Bedingungen für indirekte Massnahmen diskutiert, mit denen das Kriterium der Additionalität gegenüber der in Kapitel 4 dargestellten Referenzentwicklung möglichst erfüllt werden könnte.

Nach einem kurzen Fazit schliesst die Studie in *Kapitel 6* mit einigen Empfehlungen zu Händen des Auftraggebers.



2 Absatzentwicklung

2.1 Schweiz

Abb. 2-1 gibt einen Gesamtüberblick über den Wärmepumpenmarkt in der Schweiz. Die Darstellung beschränkt sich auf den Raumwärmebereich (exkl. Einzelraumwärmepumpen). Während der Absatz in den Jahren 2003 bis 2006 sehr stark zugenommen hat (die Wachstumsraten betragen 12.9, 21.8 und 32.4%), zeigt sich für das Jahr 2007 eine deutliche Verlangsamung des Wachstums; der Absatz hat nur noch um 5.8% zugenommen. Anders als im nahe gelegenen Ausland (vgl. Abschnitt 2.2) dominiert in der Schweiz die Wärmequelle "Luft".

Abb. 2-1: Wärmepumpenabsatz im Raumwärmebereich (ohne Einzelraumwärmepumpen; Stückzahlen, Quelle: FWS, Auswertung: Basics)

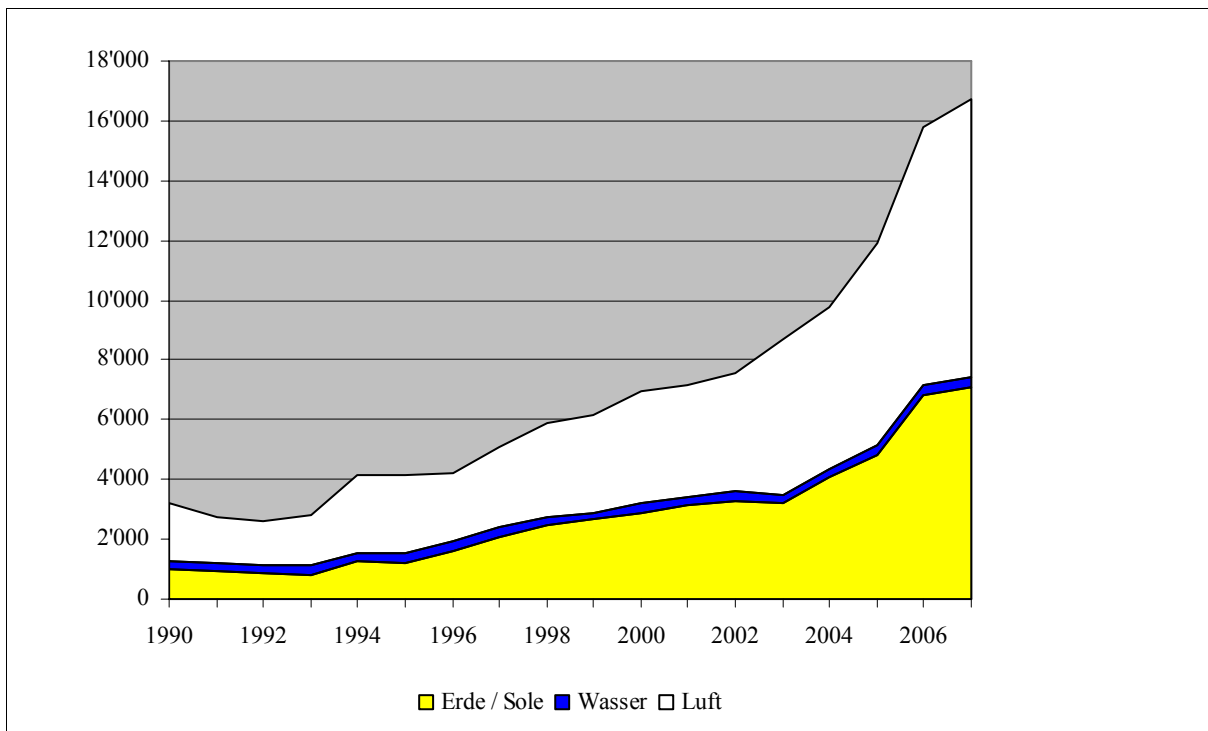
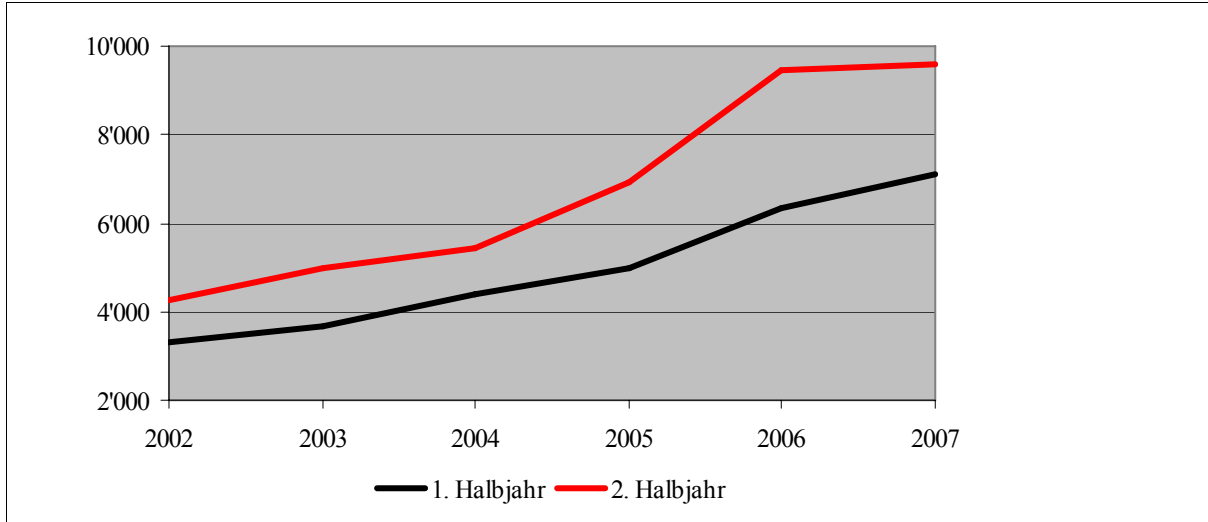


Abb. 2-2 zeigt die Absatz-Entwicklung nach Halbjahren getrennt (wiederum nur Heizwärmepumpen). Es zeigt sich, dass die stürmische Absatzentwicklung der letzten Jahre quantitativ vor allem vom zweiten Halbjahr getragen wurde, sich im zweiten Halbjahr 2007 aber ein eigentlicher Trendbruch ankündigt. Wie in Kapitel 4 gezeigt wird, ist dieser Trendbruch kein zufälliges Ereignis, sondern ergibt sich in der Fortschreibung als Resultat der bisherigen Entwicklung.

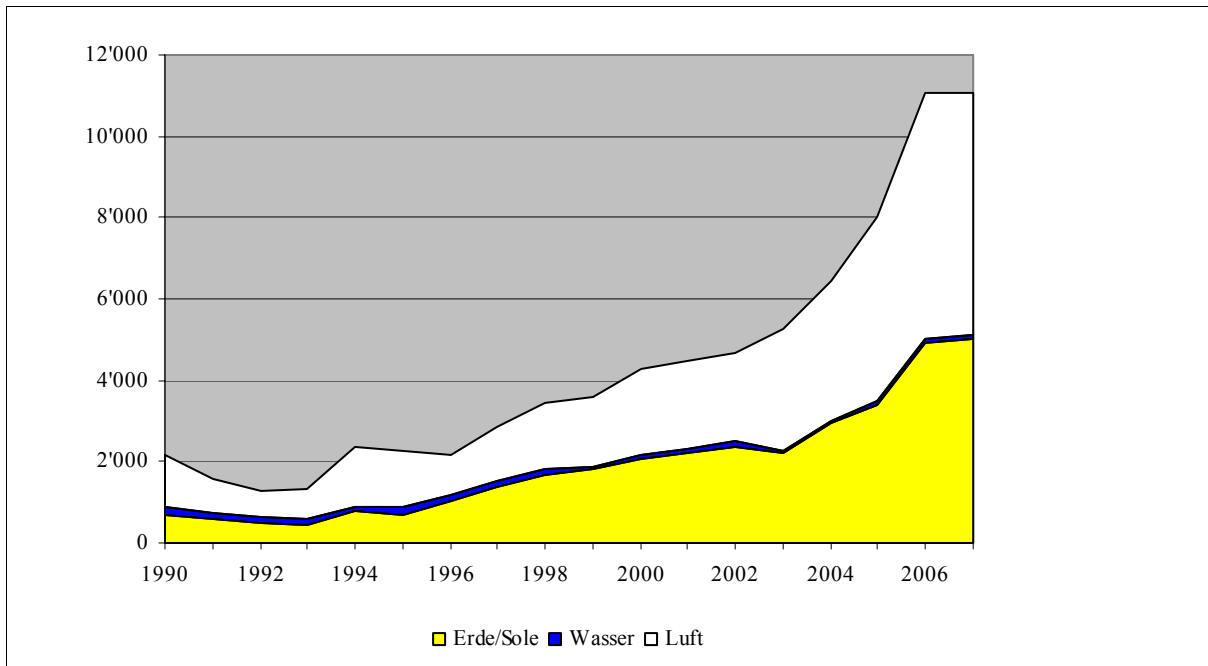


Abb. 2-2: Absatzentwicklung nach Jahreshälften (Quelle: FWS)



Der Löwenanteil des derzeitigen Wärmepumpenabsatzes geht zurzeit in den "Neubau" (vgl. Abbildung 2-3). Unter "Neubau" wird dabei jener Teil des Gesamtabsatzes verstanden, der sich aus dem gesamten Absatz vermindert um den reinen Wärmepumpen-Ersatz und dem Absatz für den Ersatz eines andern Heizungssystems ergibt. Die genaue Rechnung ist kompliziert und wird in Kapitel 4 skizziert.

Abb. 2-3: Gesamtzahl der für Heizzwecke abgesetzten Wärmepumpen im "Neubau" (Quelle: FWS, Auswertung: Basics).



Noch deutlicher als im Gesamtabsatz zeigt sich hier ein klarer Trendbruch. Wie in Kapitel 3 und 4 dargestellt wird, hat dies mit Sättigungstendenzen beim Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern zu tun.



Abbildung 2-4 zeigt die Absatzentwicklung der Wärmepumpen, die anlässlich eines so genannten "Umbaus" installiert wurden. Im eigentlichen Sinne statistisch verfügbar sind nur Daten ab 1991. Während die Angabe der Absatzzahlen von Wärmepumpen, die unter dem Stichwort "Umbau" andere Heizsysteme ersetzen, als korrekt übernommen werden, dürfte die in der Statistik ausgewiesene Gesamtzahl zum "Umbau" die wahren Verhältnisse wohl unterschätzen Denn in ihr sollten mindestens ab 1999 auch alle jene Wärmepumpen enthalten sein, die andere *Wärmepumpen* ersetzen. Wie von uns selbst im Rahmen einer Aktualisierung der Wärmepumpenstatistik festgestellt wurde, scheint dies aber nicht der Fall zu sein (Basics 2007). Diese mutmassliche Unterschätzung des "Umbaus" ist in der Abbildung 2-3 für den Neubau in Rechnung gestellt worden.

Abb. 2-4: Wärmepumpenabsatz im Rahmen eines "Umbaus"
(Quelle: FWS, Auswertung: Basics)

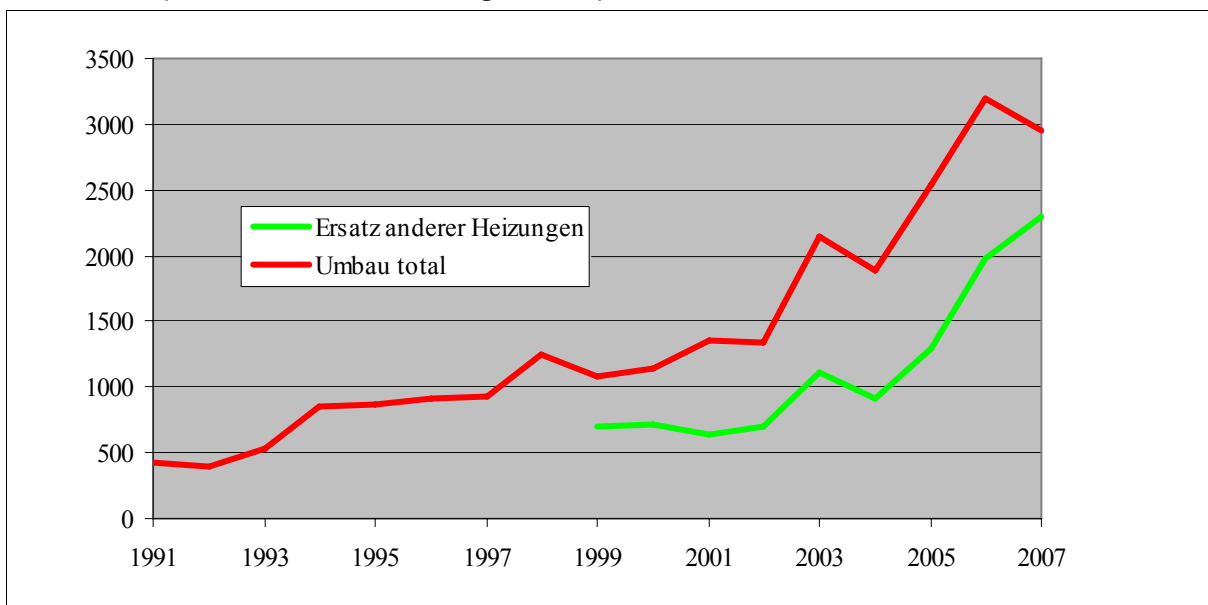


Abbildung 2-5 zeigt die Anzahl Wärmepumpen, die für den Ersatz anderer Heizungen installiert wurden, differenziert nach Leistungskategorien. Die Daten sind direkt der Absatzstatistik entnommen. Leider sind nur Daten ab 1999 verfügbar. Die klar ersichtliche Verkaufsspitze im Jahre 2003 könnte auf eine Aktion der BKW zurückzuführen sein, die in den Jahren 2003 und 2004 den Ersatz von Elektrowiderstandsheizungen durch Wärmepumpen finanziell stark förderte. Gesamthaft wurden so rund 400 Wärmepumpen subventioniert, was unter Berücksichtigung eines eher kleinen Mitnahmeeffektes gerade etwa die richtige Grössenordnung ergeben würde. Die Abbildung zeigt, dass der Ersatz von andern Heizungen durch Wärmepumpen vor allem im kleinen Leistungsbereich stattfindet, d.h. im Ein- und Zweifamilienhausbereich.

Energetisch (und damit auch CO₂-mässig) sieht das Bild allerdings etwas anders aus, als die grösste Kategorie ein rund 10-mal stärkeres Gewicht erhält als die kleinste Kategorie. Aber selbst in einer solchen Gewichtung macht die kleinste Kategorie aber immer noch rund zwei Drittel des Gesamtbefnisses aus.



Abb. 2-5: Absatzentwicklung im Ersatzmarkt (Stückzahlen, Quelle: FWS, Auswertung: Basics)

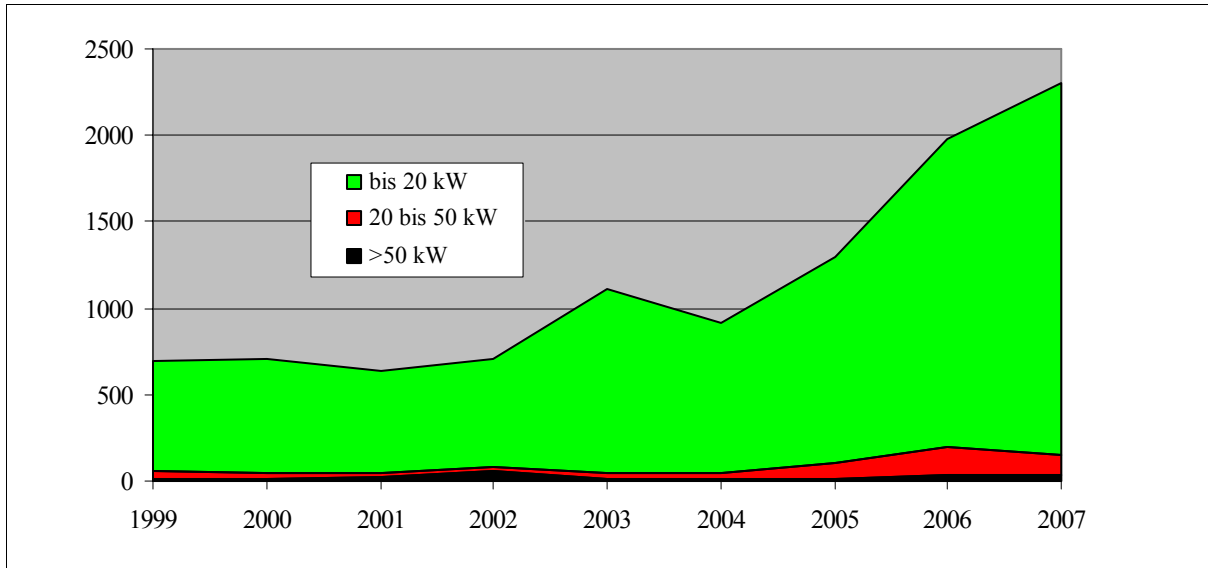


Abbildung 2-6 gibt schliesslich einen Gesamtüberblick über den gesamten Wärmeerzeugermarkt. Nicht enthalten sind Kessel für Feststoffe (Doppelbrand und Holzkessel), von denen pro Jahr zusätzlich rund 1000 Einheiten abgesetzt werden. Die Daten für 2007 sind in Bezug auf die Kessel eine Schätzung der Procal; zusätzlich wird für alle Jahre ein Zuschlag für die Direktimporte und die Nicht-Procal-Mitglieder berücksichtigt. In Bezug auf die Wärmepumpen entsprechen die Daten der Absatzstatistik. Auffällig ist der starke Rückgang im Ölkesselbereich. Allerdings täuscht das Bild hier insofern etwas, als verschiedene Experten davon ausgehen, dass gerade in diesem Bereich ein grosser Investitionsrückstau anzunehmen ist: Viele Kessel, die eigentlich schon längstens durch einen moderneren hätten ersetzt werden können, werden so lange betrieben, wie es technisch irgend möglich und von den Vorschriften her (LRV) gerade noch zulässig ist. Zudem ist zu beachten, dass ein Kessel eine deutliche grössere Lebensdauer aufweist als ein Brenner. Trotz dieser Einschränkungen ist unverkennbar, dass die Wärmepumpe im Wärmeerzeugermarkt ihren Marktanteil beträchtlich ausgebaut hat und aktuell einen Marktanteil von rund 32% erreicht.

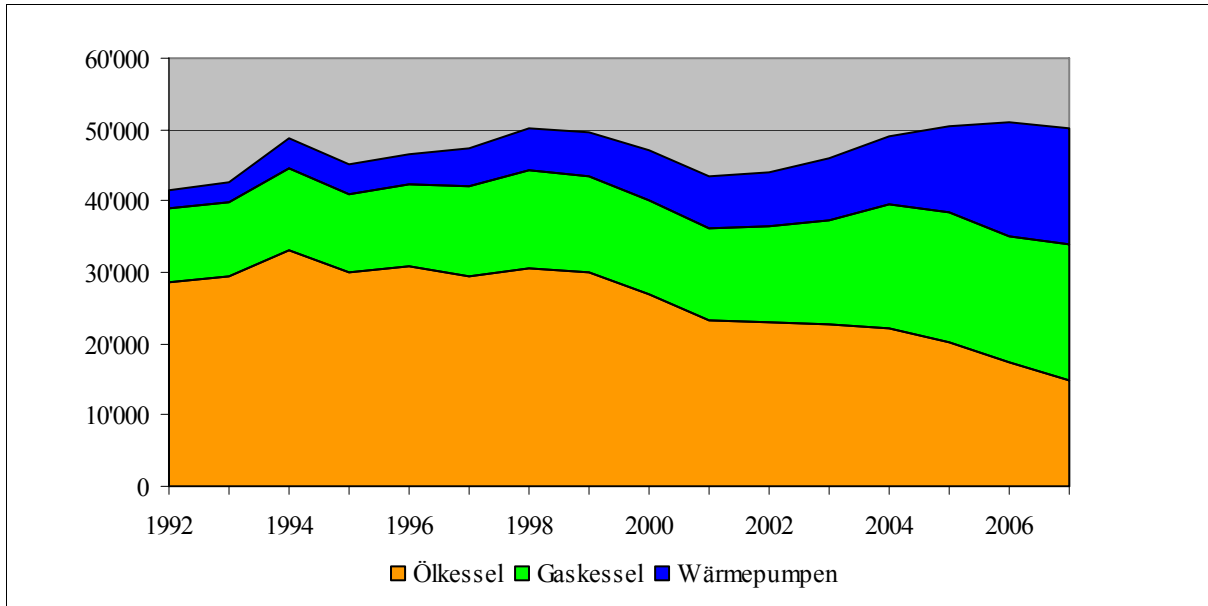
Dieser Marktanteil bezieht sich auf Anlagen. Würde man den Absatz mit der thermischen Leistung gewichten, wäre der Marktanteil aber deutlich geringer; denn die durchschnittliche Leistung der abgesetzten Wärmepumpen lag 2006 bei nur 13.95 kW, der Median¹ gar nur bei 9.54 kW, bei den Ölkesseln vermutlich aber deutlich höher.²

¹ Der Median entspricht jener Leistung, für die gilt, dass die Hälfte der Anlagen einer kleinere, die andere Hälfte der Anlagen eine grössere Leistung aufweist.

² Leider waren für Öl- und Gaskessel keine leistungsbezogenen Daten verfügbar.



Abb. 2-6: Wärmerezeugermarkt (Stück; Daten für 2007 bei Öl- und Gaskessel Prognose; Quellen: Procal, FWS, Expertenmeinung, Basics)



2.3 Ausland

Für die Festlegung einer Referenzentwicklung des schweizerischen Wärmepumpenmarktes ist ein Blick über die Grenze hilfreich. Tabelle 2-7 fasst die Absatzdaten für die vier letzten Jahre für 20 europäische Länder zusammen. Daraus wird deutlich, dass der Wärmepumpenabsatz in praktisch allen Ländern zur Zeit grosse Zuwachsraten aufweist – bei allerdings sehr unterschiedlichen Marktanteilen. Selbst in Ländern, in denen die Wärmepumpen schon sehr verbreitet sind, wie etwa in Schweden, welches in dünn besiedelten Bereichen optimale Voraussetzungen für den Wärmepumpeneinsatz bietet, hat der Absatz in den letzten Jahren noch stark zugenommen. Auch wenn laut FWS die Angaben zu den Verkaufszahlen der einzelnen Länder nicht ganz vergleichbar sind, zeigt sich doch, dass europaweit die Wärmepumpen stark im Vormarsch sind.



Tab. 2-7: Absatzdaten für Heizwärmepumpen (z.T. auch als Abwärmenutzung; kursiv: Schätzungen, fett: Länder mit Statistik; Quellen: EHPA, Basics)

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | Zuwachs 2005/2006 (%) |
|------------------------------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------------------|
| Bulgarien | 15 | 25 | <i>56</i> | <i>67</i> | <i>20</i> |
| Dänemark | | | <i>4000</i> | <i>4800</i> | <i>20</i> |
| Deutschland | 15838 | 19636 | 25486 | 51827 | 103 |
| Estland | 510 | 750 | 1095 | 2333 | 113 |
| Finnland | 8540 | 12648 | 22307 | 36950 | 66 |
| Frankreich | 13700 | 17300 | 25200 | 61510 | 144 |
| Griechenland | | | | | |
| Irland | 1300 | 1800 | <i>2300</i> | <i>2972</i> | <i>29</i> |
| Italien | | 12131 | <i>13000</i> | <i>17165</i> | <i>32</i> |
| Niederlande | 1557 | 1800 | 1891 | 2767 | 46 |
| Norwegen | 55081 | 35390 | <i>40000</i> | 55500 | 39 |
| Österreich | 3780 | 5129 | 6098 | 8853 | 45 |
| Polen | | | <i>1465</i> | <i>1758</i> | <i>20</i> |
| Portugal | 25252 | 31885 | 46274 | 55529 | 20 |
| Rumänien ⁵⁾ | 6 | 30 | 13 | 40 | |
| Schweden | 68100 | 100215 | 101350 | 122473 | 21 |
| Schweiz⁷⁾ | 8732 | 9796 | 12008 | 15806 | 32 |
| Slovenien | 25 | 35 | <i>50</i> | <i>60</i> | <i>20</i> |
| Spanien | | | | na | |
| Tschechische Repu- blik | 2200 | 4500 | 7000 | 10000 | 43 |
| Vereinigtes Königreich | | | <i>750</i> | <i>900</i> | <i>20</i> |
| Total | 204636 | 253070 | 310343 | 451310 | 45 |

Die Abbildungen 2-8 und 2-9 zeigen die Absatzdaten für Österreich und Deutschland, jeweils differenziert nach den Wärmequellen. Anders als in der Schweiz ist die Wärmequelle "Luft" deutlich weniger wichtig, wenn auch von wachsender Bedeutung.



Abb. 2-8: Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes in Österreich (Heizwärmepumpen, Quelle: Österreichisches Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie)

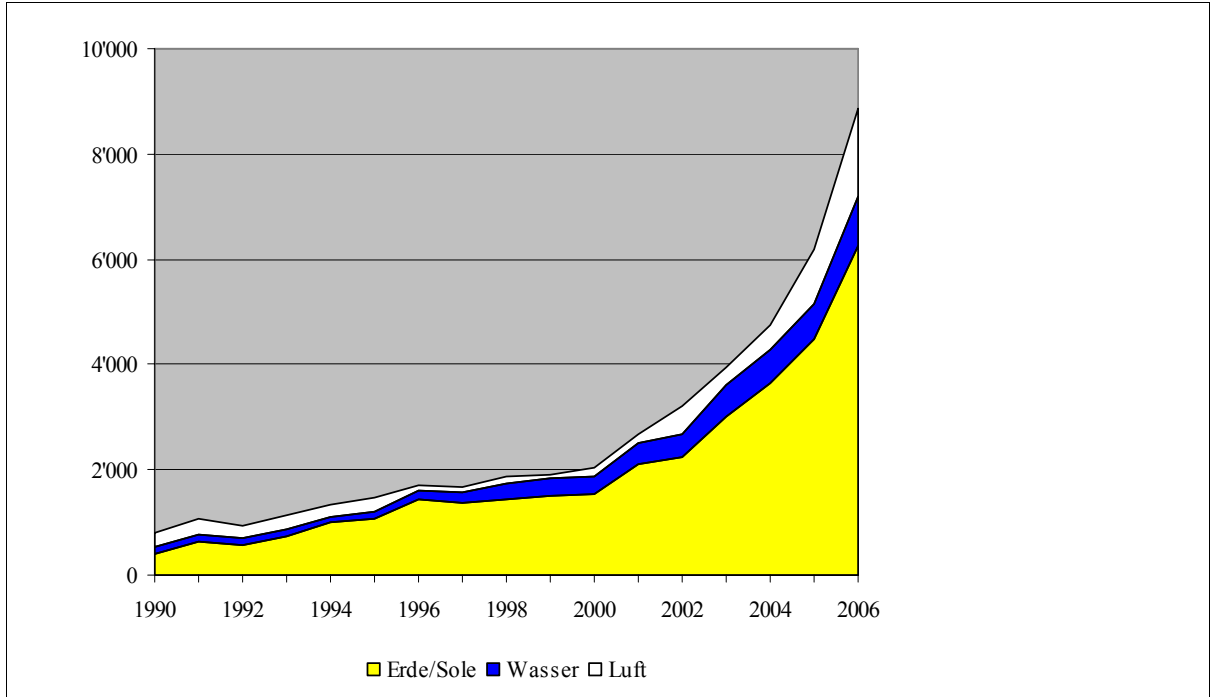
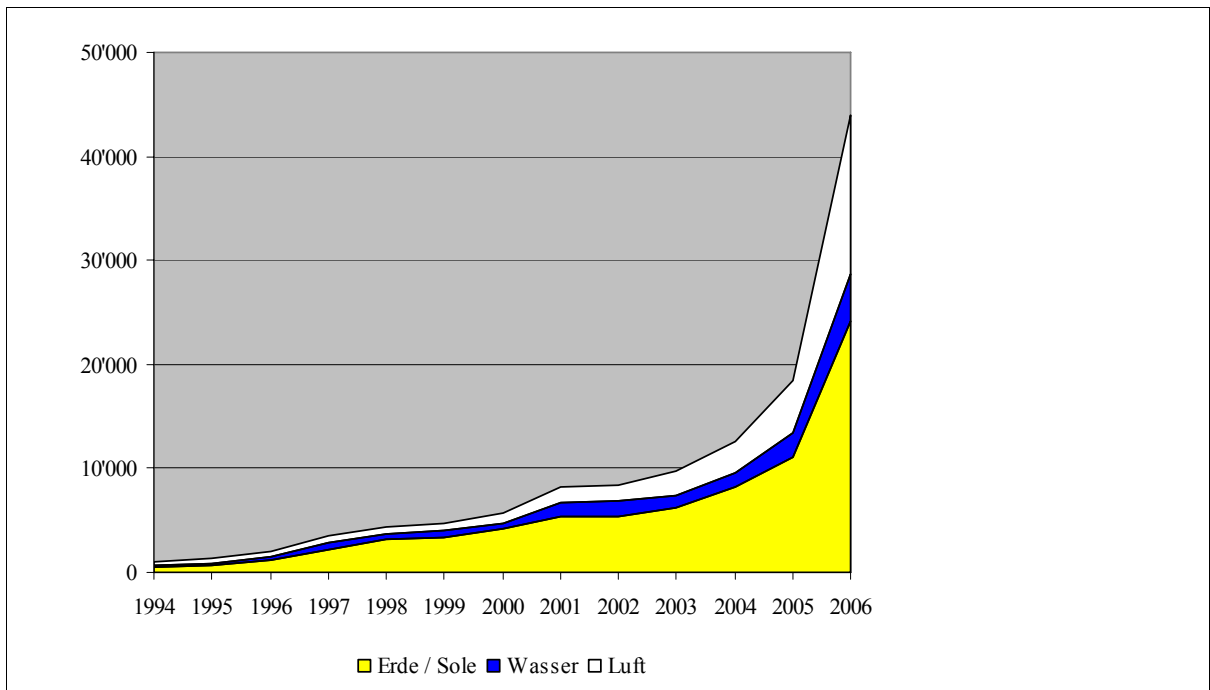


Abb. 2-9: Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes in Deutschland (Heizwärmepumpen, Quelle: Bundesverband WärmePumpe (BWP) e.V.)





3 Einflussfaktoren

Hier geht es darum, die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Wärmepumpen-Absatz zu identifizieren. Nur wenige dieser Einflussfaktoren haben eine direkt quantifizierbare Wirkung (etwa die Bautätigkeit). Bei den allermeisten Faktoren ist die Wirkung eine semiquantitative oder gar nur qualitative. Man kann zwar einen Zusammenhang argumentativ aufbauen, aber einen algorithmischen, das heisst zahlenmässigen Zusammenhang zu finden, ist nicht oder nur eingeschränkt möglich. Zu vielschichtig sind die Einflussfaktoren als dass man hier mit den üblichen Mitteln der multivariaten Zeitreihenanalyse inhaltlich verlässliche und für Prognosezwecke brauchbare quantitative Zusammenhänge finden könnte (vgl. z. B. Schlittgen 2001 oder Stier 2001). Umso wichtiger ist es, mit "inhaltlichen" Argumenten die Grundzüge der bisherigen Entwicklung so einfangen zu können, dass in der Prognose die mutmassliche Entwicklung vor allem "nach unten" abgesichert werden kann. Mit andern Worten soll so sichergestellt werden, dass die Referenzentwicklung mit den dargestellten Annahmen tatsächlich so etwas wie eine "Baseline" definiert, die in einer plausiblen Fortsetzung der bisherigen Trends nicht unterschritten werden dürfte.

Wenn im Folgenden verschiedene Einflussfaktoren einzeln besprochen werden, dann bedeutet dies natürlich nicht, dass diese unabhängig voneinander wirken würden, ganz im Gegenteil. Indirekte und direkte Förderung von Wärmepumpen, hohe Ölpreise, wachsende Klimabesorgnis usw. – sie alle wirken in die gleiche Richtung und dürften sich in ihrer Wirkung wechselseitig verstärken.

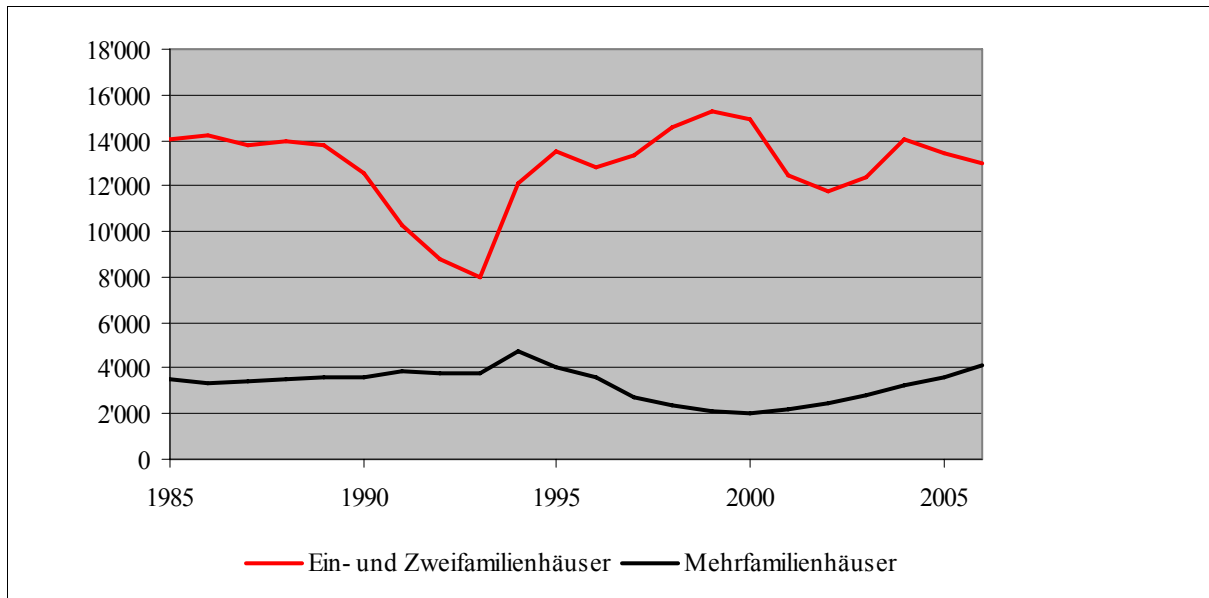
Schliesslich noch eine Bemerkung zum aktuellen "Datenrand". Für die meisten der hier verwendeten Daten sind zum Zeitpunkt der Niederschrift dieser Zeilen (Februar 2008) statistische Angaben nur bis und mit 2006 verfügbar. Die gewichtigste Ausnahme stellt der Absatz der Wärmepumpen selbst dar – hierzu verfügen wir für die Schweiz bereits über die Daten des Jahres 2007 (wie in Kapitel 2 gezeigt). Um eine Vermischung von Ist- und Prognosedaten möglichst zu vermeiden, variiert in den folgenden Darstellungen und Tabellen das jeweils aktuellste Jahr; je nach Zusammenhang ist es 2006 oder 2007. In einzelnen Fällen wurde eine Vermengung von Ist- und Prognosedaten aber bewusst in Kauf genommen, weil das Jahr 2007 im Absatz einen eigentlichen Trendbruch markiert und die entsprechenden Darstellungen trotz "Prognose-Vorbehalt" kein falsches Bild erwecken sollten – etwa bei der Abbildung 3-2.

3.1 Bautätigkeit

Die wichtigste Determinante überhaupt stellt die Bautätigkeit selbst dar. Abbildung 3-1a zeigt in Gebäudezahlen, wie stark die Bautätigkeit im Laufe der Jahre geschwankt hat (Tabelle 3-1b gibt die entsprechenden Energiebezugsflächen – die etwas weniger variieren).



Abb. 3-1a: Anzahl Neubauten differenziert nach Ein- und Zweifamilienhäusern einerseits und Mehrfamilienhäusern mit mehr als drei Wohnungen andererseits (Quelle: BFS, Umrechnungen: Basics)



Tab. 3-1b: Energiebezugsflächen der Neubauten (Mio m², Quelle: Prognos)

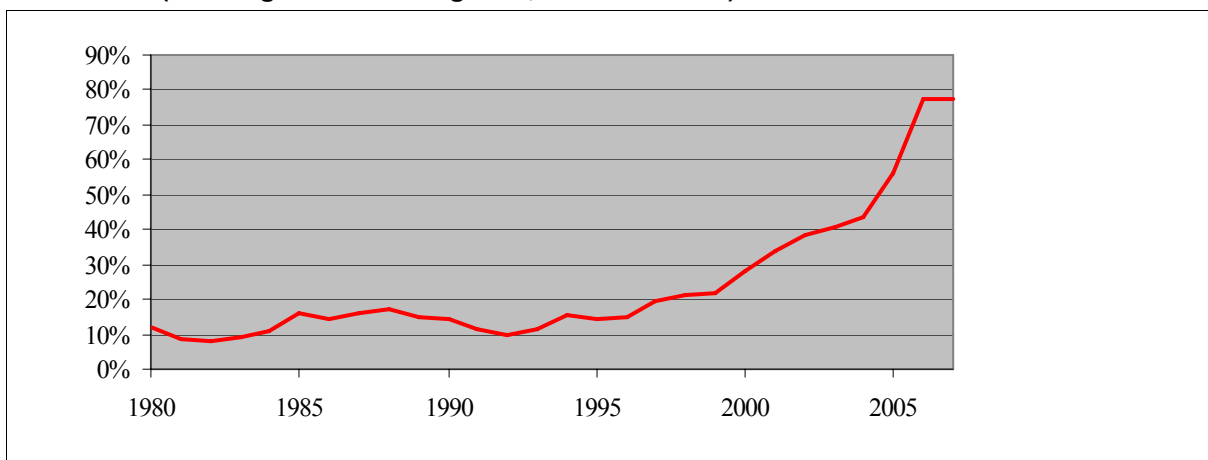
| Jahr | Ein- und Zweifamilienhäuser | Mehrfamilienhäuser | Nichtwohngebäude mit Wohnungen |
|------|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 1991 | 2.24 | 3.20 | 0.20 |
| 1992 | 2.01 | 3.18 | 0.20 |
| 1993 | 1.88 | 3.15 | 0.19 |
| 1994 | 2.71 | 4.10 | 0.24 |
| 1995 | 2.87 | 3.81 | 0.22 |
| 1996 | 2.93 | 3.26 | 0.19 |
| 1997 | 2.93 | 2.60 | 0.14 |
| 1998 | 3.05 | 2.20 | 0.12 |
| 1999 | 3.18 | 2.06 | 0.11 |
| 2000 | 3.04 | 1.93 | 0.10 |
| 2001 | 2.52 | 1.82 | 0.09 |
| 2002 | 2.44 | 1.94 | 0.09 |
| 2003 | 2.56 | 2.21 | 0.10 |
| 2004 | 2.86 | 2.58 | 0.11 |
| 2005 | 2.95 | 2.67 | 0.11 |
| 2006 | 2.65 | 2.16 | 0.10 |

Ceteris paribus übertragen sich die Schwankungen der Gebäudeanzahlen 1:1 auf den Wärmepumpenabsatz, wenn man davon ausgeht, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmter Prozentsatz der Bauherren sich tatsächlich für eine Wärmepumpe entscheidet.



Tatsächlich ergibt sich unter der *Annahme*, dass die Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung bis 20 kW vor allem im Ein- und Zweifamilienhausbereich eingesetzt werden (was nicht ganz stimmt, aber der Einfachheit hier und in den weiteren Ausführungen angenommen wird) und unter Berücksichtigung von Sanierungen (Ersatz einer andern Heizung durch Wärmepumpen und Ersatz einer Wärmepumpe durch eine andere/neue Wärmepumpe (vgl. die methodischen Ausführungen in Kapitel 4) eine deutlich weniger verzackte Kurve: Der (indikative) Marktanteil der Wärmepumpe nimmt im Zeitablauf recht gleichmässig zu (vgl. Abbildung 3-2).

Abb. 3-2: (Indikativer) Marktanteil der Wärmepumpen bei Ein- und Zweifamilienhäusern (Bautätigkeit 2007: Prognose; Quelle: Basics)



Insbesondere zeigt sich der enorme Baueinbruch zu Beginn der 90er Jahre nur sehr abgeschwächt. Allerdings wird in dieser Darstellung aber auch der sich ab 2007 anbahnende Trendbruch deutlich: Der Marktanteil stagniert auf hohem Niveau. Tabelle 3-3 zeigt in Zahlen die Aufteilung des Wärmepumpenabsatzes nach verschiedenen Nachfragekategorien. Es muss hier ausdrücklich betont werden, dass diese Aufteilung ein Modellresultat darstellt und keine Statistik im üblichen Sinne ist. Es bildet die Basis für die Extrapolation in die Zukunft.



Tab. 3-3: Aufteilung der Wärmepumpen im Neubaubereich nach Verbrauchskategorien (die Daten anfangs der 80er Jahre sind sehr unsicher; ohne Einzelraumwärmepumpen und Warmwasserwärmepumpen; Berechnung: Basics)

| Jahr | Ein- und Zweifamilienhäuser | Mehrfamilienhäuser | Dienstleistungen, Industrie, Fernwärme u.a. |
|------|-----------------------------|--------------------|---|
| 1980 | 2260 | 226 | 466 |
| 1981 | 1547 | 155 | 320 |
| 1982 | 1210 | 122 | 252 |
| 1983 | 1188 | 121 | 250 |
| 1984 | 1502 | 154 | 320 |
| 1985 | 2228 | 100 | 175 |
| 1986 | 2017 | 147 | 287 |
| 1987 | 2225 | 169 | 266 |
| 1988 | 2389 | 140 | 232 |
| 1989 | 2095 | 130 | 155 |
| 1990 | 1805 | 200 | 136 |
| 1991 | 1172 | 209 | 195 |
| 1992 | 858 | 238 | 196 |
| 1993 | 932 | 202 | 176 |
| 1994 | 1894 | 247 | 243 |
| 1995 | 1963 | 188 | 126 |
| 1996 | 1907 | 184 | 101 |
| 1997 | 2609 | 161 | 99 |
| 1998 | 3097 | 197 | 173 |
| 1999 | 3339 | 94 | 172 |
| 2000 | 4150 | 58 | 66 |
| 2001 | 4216 | 128 | 117 |
| 2002 | 4479 | 115 | 75 |
| 2003 | 5067 | 155 | 45 |
| 2004 | 6114 | 241 | 92 |
| 2005 | 7559 | 245 | 237 |
| 2006 | 10102 | 563 | 387 |

Im Hinblick auf die Sanierungsoption "Wärmepumpe ersetzt anderes Heizsystem" ist natürlich auch die Charakterisierung der Bautätigkeit in Bezug auf Sanierungen interessant – auch wenn diese Sanierung zurzeit quantitativ noch nicht stark zu Buche schlägt (siehe weiter unten). Leider ist dieser Teil der Bautätigkeit statistisch deutlich weniger genau zu fassen als der Neubau. Wir übernehmen hier deshalb die u.a. an den Volkszählungen geeichten Daten von Prognos für die Haushalte (Mitteilung vom November 2007, vgl. Tabelle 3-4) in Bezug auf die Energiebezugsflächen. Gemeint sind Verbesserungen an der Bauhülle, nicht etwa ein Heizungsersatz. Wie aber aus vielen Expertengesprächen klar hervorgeht, ist in der Regel erst nach sanierter Bauhülle ein etwaiger Einbau einer Wärmepumpe sinnvoll.



Tab. 3-4: Energiebezugsflächen für die verschiedenen Typen von Wohngebäuden (NWG = Nichtwohngebäude mit Wohnungen) und gebäudetechnische Sanierungen (Angaben in Mio m² EBF; Quelle: Prognos)

| | Bestand EZH | MFH | NWG | Sanierung EZH | MFH | NWG |
|------|----------------|--------|-------|------------------|------|------|
| 1991 | 158.79 | 180.09 | 16.84 | 1.31 | 2.20 | 0.18 |
| 1992 | 161.33 | 183.56 | 17.05 | 1.33 | 2.20 | 0.18 |
| 1993 | 163.75 | 187.02 | 17.26 | 1.34 | 2.20 | 0.18 |
| 1994 | 167.01 | 191.42 | 17.52 | 1.34 | 2.21 | 0.18 |
| 1995 | 170.45 | 195.55 | 17.75 | 1.34 | 2.21 | 0.18 |
| 1996 | 173.97 | 199.14 | 17.95 | 1.36 | 2.36 | 0.19 |
| 1997 | 177.50 | 202.08 | 18.11 | 1.37 | 2.37 | 0.19 |
| 1998 | 181.17 | 204.63 | 18.25 | 1.38 | 2.37 | 0.19 |
| 1999 | 184.98 | 207.04 | 18.38 | 1.38 | 2.38 | 0.19 |
| 2000 | 188.67 | 209.34 | 18.49 | 1.38 | 2.38 | 0.19 |
| 2001 | 191.62 | 211.38 | 18.58 | 1.56 | 2.64 | 0.21 |
| 2002 | 194.51 | 213.55 | 18.68 | 1.56 | 2.64 | 0.21 |
| 2003 | 197.52 | 216.00 | 18.78 | 1.56 | 2.64 | 0.21 |
| 2004 | 200.84 | 218.82 | 18.89 | 1.57 | 2.64 | 0.21 |
| 2005 | 204.26 | 221.74 | 19.00 | 1.58 | 2.64 | 0.21 |
| 2006 | 207.39 | 224.16 | 19.10 | 1.71 | 2.96 | 0.22 |

Analog wie für die Haushalte kann man auch für die Industrie und die Dienstleistungen solche Tabellen aufstellen, wobei in den Dienstleistungen die Sanierungsrate etwas höher ist als bei den Wohnungen, in der Industrie (unter Ausklammerung der Umnutzungen und der Industriebrachen) aber tiefer.

Die nachfolgende Tabelle 3-5 zeigt in der Gesamtübersicht nach thermischen Leistungen differenziert, wie viele Wärmepumpen in der Vergangenheit im Sinne einer Sanierung abgesetzt wurden. Anders als beim Neubau entsprechen diese Zahlen von der Grundintention her den Angaben in der Wärmepumpenstatistik, da aber die "volle" Information nur bis 1999 zurückreicht, sind die früheren Jahre mit plausiblen Proportionalisierungen geschätzt worden (vgl. auch Abbildung 2-4).

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Neubau- und Sanierungsraten werden gemäss Szenario II, Preise Hoch (siehe Kapitel 4) übernommen. Die Durchdringungsraten der Neubauten mit Wärmepumpen werden angesichts des höheren Ausgangsniveaus etwas angehoben, orientieren sich aber an den Szenario-Rechnungen. Die Sanierungsraten werden mit einem logistischen Ansatz in die Zukunft prognostiziert.



**Tab. 3-5: Wärmepumpen, die andere Heizsysteme ersetzen, so genannte Sanierungen
(Quellen: FWS-Statistik, Rechnungen: Basics)**

| | < 20 kW | 20 bis 50 kW | 50 bis 100 kW* | > 100 kW | total |
|------|---------|--------------|----------------|----------|-------|
| 1990 | 286 | 38 | 9 | 7 | 40 |
| 1991 | 226 | 41 | 22 | 8 | 37 |
| 1992 | 203 | 48 | 21 | 5 | 78 |
| 1993 | 226 | 42 | 24 | 6 | 39 |
| 1994 | 351 | 55 | 26 | 7 | 39 |
| 1995 | 373 | 44 | 18 | 5 | 40 |
| 1996 | 382 | 35 | 24 | 8 | 49 |
| 1997 | 477 | 39 | 25 | 4 | 44 |
| 1998 | 546 | 41 | 40 | 5 | 32 |
| 1999 | 642 | 43 | 8 | 6 | 39 |
| 2000 | 657 | 36 | 13 | 3 | 39 |
| 2001 | 591 | 28 | 10 | 12 | 41 |
| 2002 | 623 | 28 | 53 | 0 | 34 |
| 2003 | 1069 | 34 | 11 | 2 | 116 |
| 2004 | 871 | 35 | 2 | 8 | 16 |
| 2005 | 1195 | 94 | 9 | 3 | 301 |
| 2006 | 1779 | 159 | 20 | 18 | 376 |
| 2007 | 2149 | 122 | 13 | 19 | 303 |

* inkl. WRG < 100 kW

3.2 Energiepreise

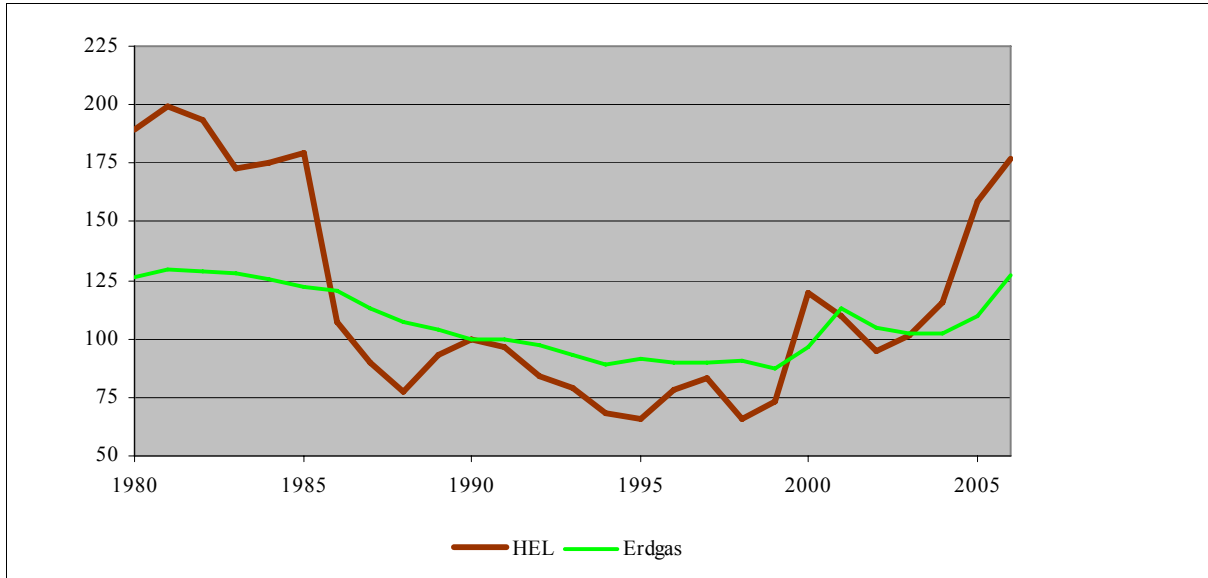
Abbildung 3-6 zeigt die Entwicklung der Preise für Erdgas (Jahresverbrauch 20'000 kWh) und Heizöl extra leicht (3000 bis 6000 l)³. Die Angaben sind jeweils Jahresdurchschnittswerte. Zurzeit (Februar 2008) kosten 100 l Heizöl extra leicht zwischen 90 und 100 Franken, eine kWh Erdgas (H_o) rund 8.5 Rappen (was heute einem Indexwert von rund 200 bzw. 125 entsprechen würde⁴).

³ Quelle: Gesamtenergiestatistik, Berichtsjahre 2003 und 2006

⁴ Diese Schätzung basiert auf Angaben des BFS (Monatsdaten für den LIK), sowie der EWB, der Erdgas AG Zürich und der Migrol AG.



Abb. 3-6: Entwicklung der durchschnittlichen Jahrespreise für Heizöl extra leicht (HEL) und Erdgas für den Zeitraum 1980 bis 2006 (Quelle: BFE)

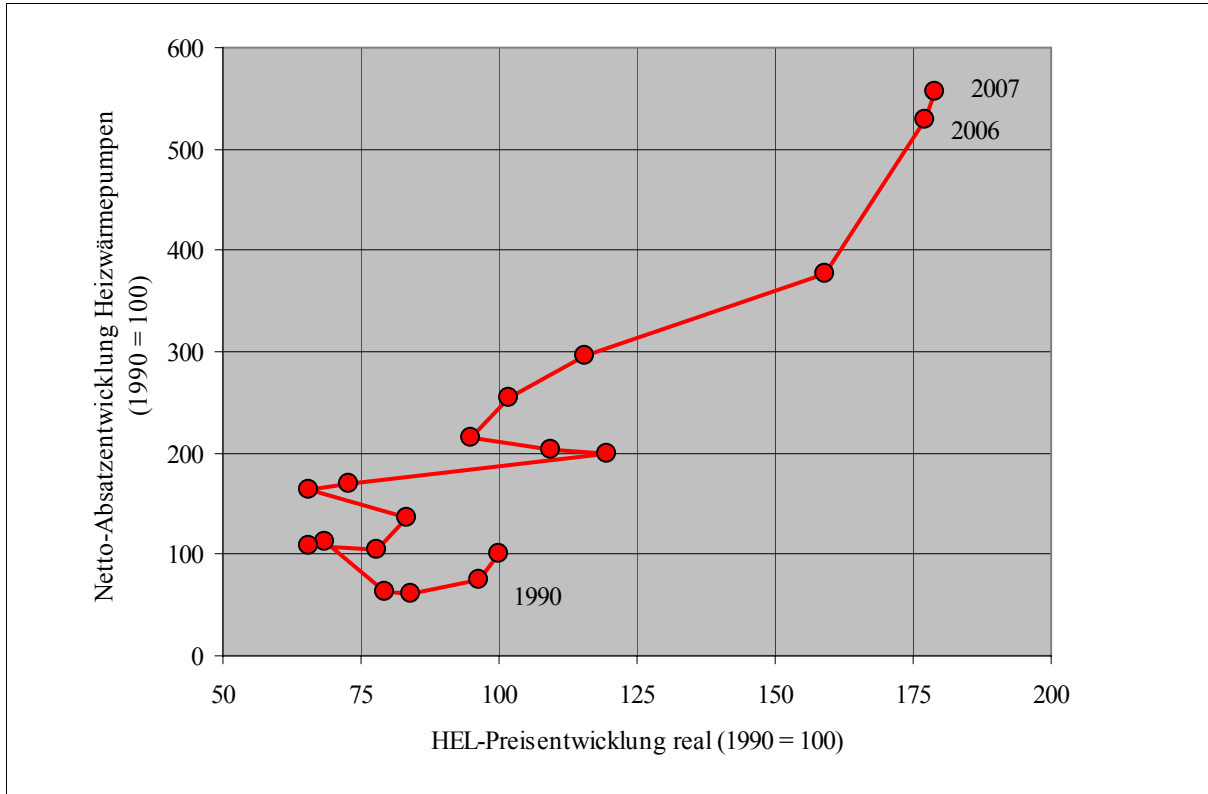


Dass die Preise der fossilen Energieträger einen Einfluss auf den Wärmepumpenabsatz gehabt haben dürften, ergibt sich aus einer einfachen Gegenüberstellung (vgl. Abbildung 3-7): Aufgetragen sind in Indexform die Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes gegen die Entwicklung des Heizölpreises (des "direkten Konkurrenten"). Hierzu wurde der Wärmepumpenabsatz (es werden nur Wärmepumpen für Heizzwecke berücksichtigt) um den mit dem Statistikmodell (vgl. Basics 2007) ermittelten Ersatzbedarf korrigiert, um so etwas wie einen Nettoabsatz zu erhalten.

Aus der Gegenüberstellung ergibt sich alles über alles ein deutlicher Zusammenhang: Je höher tendenziell die Heizölpreise sind, desto höher auch der Absatz. Allerdings: In welchem Umfang diese Gleichsinnigkeit effektiv für eine *kausale* Abhängigkeit steht, kann so nicht gesagt werden. Denn zwei Grössen, die in der Zeit zunehmen, zeigen automatisch eine Korrelation. Zudem zeigt die Abbildung, dass offenbar verschiedene Phasen des Wärmepumpenabsatzes zu unterscheiden sind: die frühen 90er Jahre mit rückläufigem bzw. stagnierendem Markt, dann die späteren 90er Jahre mit anziehendem Markt bei schwankenden Ölpreisen und schliesslich die Jahre ab 2001 mit einem stark expandierendem Markt und gleichzeitig stark steigenden Ölpreisen.



Abb. 3-7: Zusammenhang zwischen der HEL-Preisentwicklung und dem Netto-Wärmepumpenabsatz (Quellen: BFE, BFS, Basics)

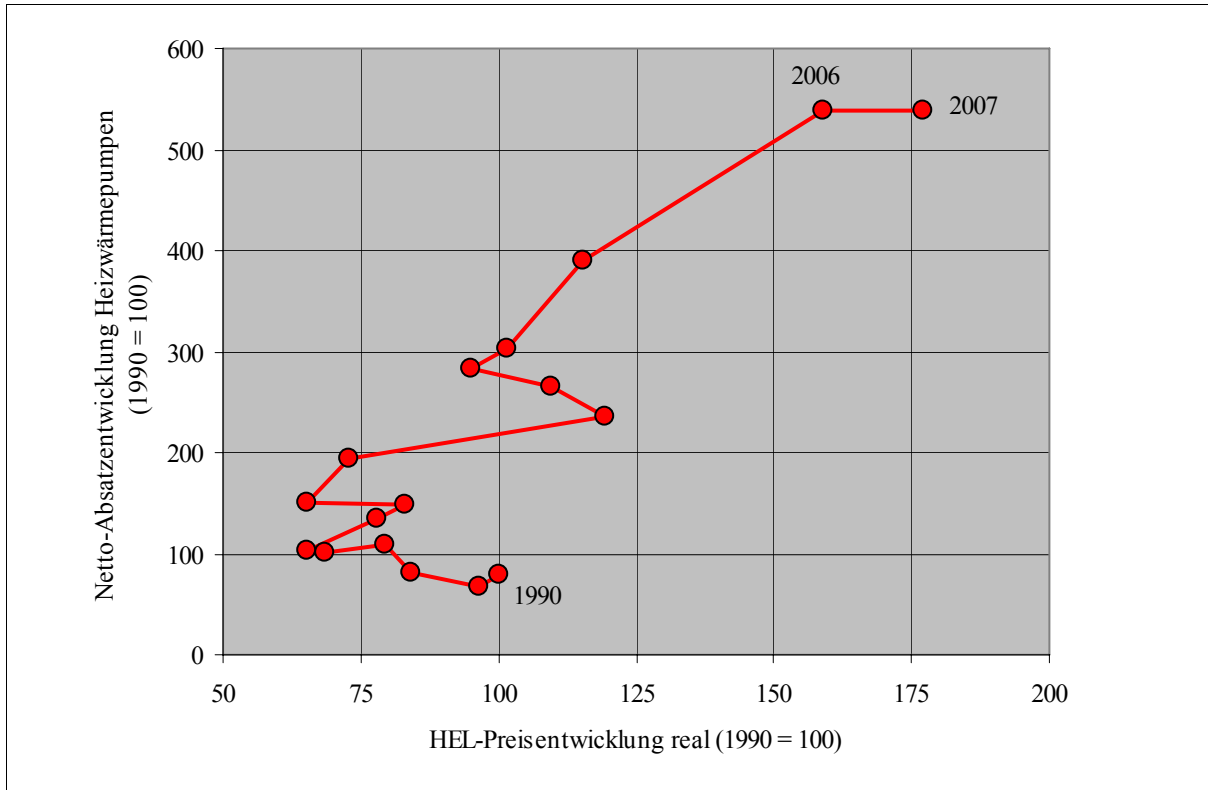


Ein ähnliches Muster zeigt Abbildung 3-8. In ihr wird der mit der Bautätigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern korrigierte Absatz von Wärmepumpen mit einer Heizleistung bis zu 20 kW mit dem Ölpreis des *Vorjahres* verglichen. Dies in der Annahme, dass im Neubau ein Entscheid für eine Wärmepumpe in aller Regel ein Jahr vor der effektiven Installation getroffen wird. Tatsächlich zeigt sich in dieser Darstellung, (von zwei Ausnahmejahren abgesehen), dass der Wärmepumpenabsatz auch bei sinkenden Ölpreisen angestiegen ist – wenn auch weniger stark. Dies dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Effekt der ab 1992 / 1993 stark zunehmenden Wärmepumpenförderung sein (vgl. auch Abschnitt 3.6). Anders als in der vorigen Darstellung zeigt sich aber das Jahr 2007 als eigentlicher Trendbrecher: Trotz der im Vorjahr stark gestiegenen Heizölpreise hat der Nettoabsatz im Ein- und Zweifamilienhausbereich offenbar einen Plafond erreicht.⁵

⁵ Allerdings muss hier betont werden, dass die Bautätigkeit für das Jahr 2007 eine Prognose ist. Die Darstellung zeigt nur bis und mit dem Jahr 2006 IST-Daten.



Abb. 3-8: Mit der Neubautätigkeit (bis 2006 Statistik, für 2007 Prognose) korrigierter Wärmepumpenabsatz bis 20 kW im Vergleich zum Ölpreis des Vorjahres (Quellen: BFS, Prognos, Basics)



Das alles in allem die über viele Jahre hinweg stark angestiegenen Heizölpreise den Wärmepumpenabsatz unterstützten, scheint plausibel. Wenn der Wärmepumpenabsatz aber effektiv auf die Heizölpreise reagieren würde, müssten die Heizkosten für Wärmepumpen heute in einem Bereich liegen, indem der zunehmend besser werdende Vergleich mit einer fossilen Heizung zumindest in einer Vollkostenrechnung tatsächlich zu Buche schlagen kann. Dies ist aber auch tatsächlich der Fall. Im Rahmen der vorliegenden Studie hat Basler & Hofmann einen aktuellen Heizkostenvergleich angestellt und in einem Excel-basierten Tool zusammengefasst.

Hierzu wurden für *Neubauten* die folgenden Heizsysteme untersucht (die stichwortartigen Kommentare stammen von Basler & Hofmann):

- Öl: Es muss ein neuer Tank und auch ein Tankraum erstellt werden. Daher kann der zusätzliche Raumbedarf über spezifische Raumkosten berücksichtigt werden. Die Tankraumgröße wird je nach Kesselleistung zwischen 0.5 (1 MW) und 1 (< 50 kW) des Jahresbedarfs festgelegt (Auslegungsbasis).
- Gas: Für Neubauten, wenn Gas vorhanden ist, wird dies meist die "Standardvariante": Günstige Investition, effizienter Betrieb.



- Sole-Wärmepumpe: Meistens die Variante mit den tiefsten Betriebskosten. Sehr effizient, da Sole im Winter deutlich wärmer als Aussenluft ist. Die hohen Investitionskosten wirken sich vor allem bei grösseren Gebäuden stark aus (Hemmnis). Zusatznutzen vor allem für Dienstleistungsgebäude durch Kühlmöglichkeit über die Erdsonde (bei guter Auslegung direkte Kühlung möglich), mit eher geringen Mehrinvestitionen für diesen Zusatznutzen. Wegen den hohen Kosten für die Erdsonde wird bei grossen Anlagen (ab ca. 100 kW) oft eine bivalente Lösung (z.B. mit Gas) gewählt. Zum Teil ist das Bohren von Erdsonden nicht erlaubt oder eingeschränkt (Erdsondenkarten).
- Luft-Wärmepumpe: Stellt oft die insgesamt günstigste Variante dar (Lebenszykluskosten). Daher häufiger eingesetzt als Erdsonden. Mässige Effizienz im Vergleich zu Sole-Wärmepumpen. Die Betriebskosten sind stärker vom Strompreis abhängig als bei Sole-Wärmepumpen (höherer Strombedarf). Kein Zusatznutzen für direkte Kühlung vorhanden. Heute werden jedoch auch "reversible Wärmepumpen" eingesetzt, welche auch als Kältemaschine arbeiten können.
- Holz-Pellets: Wie beim Öl muss ein Lagerraum bereitgestellt werden. Daher kann der zusätzliche Raumbedarf über spezifische Raumkosten berücksichtigt werden. Insbesondere bei kleinen Anlagen in letzter Zeit beliebt. Abschwächung jedoch durch den stark gestiegenen Pelletpreis (Preisdifferenz zu Öl nicht mehr so gross wie früher). Die Silogrösse wird in Abhängigkeit der Kesselleistung zwischen 0.3 (1 MW) und 1 (< 50 kW) des Jahresbedarfs festgelegt (Auslegungsbasis).
- Solaranlagen für Warmwasser: Vor allem für Wohnbauten sinnvoll. Deckungsgrad üblicherweise 30 - 60% des Warmwasserbedarfs. Solaranlagen sind nach wie vor teurer als eine konventionelle Wärmeerzeugung, werden daher vor allem aus Umweltgründen installiert.

Für *Erneuerungen* wird grundsätzlich von günstigen Voraussetzungen ausgegangen, die keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bieten. Die Heizung vor der Erneuerung ist in allen Fällen Öl. Dabei wird ein kompletter Ersatz der bestehenden Kessel angenommen. Für den Kamin und den Heizverteiler in der Zentrale wird eine Erneuerung angenommen (Alter ca. 30 - 40 Jahre). Mit Ausnahme der Variante "wieder Öl" wird von einer Demontage der Öltanks ausgegangen. Im Einzelnen wurden die folgenden Fälle untersucht:

- Öl: Es entstehen geringe Investitionskosten im Umbaufall, da Tank und Leitungen bereits vorhanden sind. Für die Berechnung wurde angenommen, dass der Ölkessel ersetzt wird, nicht aber der Tank.
- Gas: Bei einer Erneuerung ist Gas nur dann eine Variante, wenn ein Anschluss möglich oder bereits vorhanden ist. In der Berechnung wird davon ausgegangen, dass Gasanschlussgebühren anfallen, aber die Versorgung im Quartier bereits besteht.
- Sole-Wärmepumpe: Eignet sich vor allem für wärmetechnisch sanierte Gebäude (sonst eher nicht wegen den hohen Vorlauftemperaturen). Meistens stellt dies die Variante mit den tiefsten Betriebskosten dar. Ansonsten gelten die Bemerkungen wie beim Umbaufall.
- Luft-Wärmepumpe: Eignet sich nur für wärmetechnisch sanierte Gebäude (sonst schlechte Effizienz). Bei gut gedämmten Gebäuden stellt sie oft die insgesamt günstigste Variante dar (Lebenszykluskosten). Ansonsten gelten die Bemerkungen wie beim Neubau.
- Holz-Pellets: Sie stellen eine geeignete Erneuerungsvariante für alte Ölfeuerungen dar, wenn der Tankraum für das Pelletsilo genutzt werden kann (kein zusätzlicher Raumbedarf). Es wird davon ausgegangen, dass der für den Pelletspeicher benötigte Raum tatsächlich zur Verfügung steht.
- Solaranlagen für Warmwasser: Es gelten die Bemerkungen wie beim Neubau.

Im Rahmen der vorliegenden Berichterstattung wird folgendes Set von Preisannahmen ausgewählt und durchgerechnet (vgl. Tabelle 3-9). Für die nachfolgend dargestellten Resultate wurden bezüglich



Grösse und Wärmebedarf (inkl. Warmwasser) die in Tabelle 3-10 zusammengefassten Annahmen getroffen.

Tab. 3-9: Preisannahmen für den Wirtschaftlichkeitsvergleich

| Heizenergiekosten | Betrag | Einheit |
|--------------------------|--------|-----------------------|
| Heizöl EL | 80* | CHF/ 100 Liter |
| Erdgas Grundpreis | 300 | CHF/ a |
| Erdgas (Bezug Ho!) | 7.1** | Rp/ kWh _{Ho} |
| Strom Grundpreis | 125 | CHF/ a |
| Strom HT | 19.5 | Rp/ kWh |
| Strom NT | 8 | Rp/ kWh |
| Strom Winter WP-Tarif HT | 15 | Rp/ kWh |
| Strom Winter WP-Tarif NT | 11 | Rp/ kWh |
| Pellets | 350 | CHF/ t |

* aktuell etwa 90 - 100, ** aktuell etwa 8.5

Tab. 3-10 Objektannahmen für den Wirtschaftlichkeitsvergleich

| Typ | EBF (m ²) | Wärmebedarf inkl. Warmwasser (MJ / m ²) |
|-----------------------------------|-----------------------|---|
| Wohnen Neubau | 200 | 275 |
| Wohnen Erneuerung | 1000 | 405 |
| Dienstleistungsgebäude Neubau | 5000 | 175 |
| Dienstleistungsgebäude Erneuerung | 5000 | 345 |

Die Resultate der Analyse zeigt Tabelle 3-11. Zusätzlich werden die beiden Fälle für den Wohnbereich noch grafisch gezeigt (Abb. 3-12 und 3-13).

Aus diesen Zahlen ergibt sich recht klar, dass Wärmepumpen beim Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern bei heutigen Energiepreisen in einer Vollkostenrechnung konkurrenzfähig sind – insbesondere auch gegenüber den "Mitbewerbern" bei den andern Erneuerbaren Energien (Holz und Sonne). Tatsächlich stellen die Luft-Wasser-Wärmepumpen sogar die absolut günstigste Variante dar. Von daher verwundert es auch nicht, dass gerade dieser Wärmepumpentyp weiter zugelegt hat.⁶ Je grösser die Leistung einer Wärmepumpe, desto schlechter wird tendenziell die Wirtschaftlichkeit. Deshalb kommt (vor allem im Dienstleistungsbereich) der Bivalenz eine grosse Bedeutung zu, indem sie es möglich macht, bei passender Auslegung die Jahreskosten zu senken.

⁶ Tatsächlich ist die *absolute* Zunahme der Wärmepumpenabsatzes im Jahr 2007 gegenüber 2006 zu rund 65 % auf diesen Typ zurückzuführen.



Tab. 3-11: Wärmekosten im Detail (Fr., Quelle: Basler & Hofmann)

| Wohnen Neubau | Heizenergiekosten | Heiznebenkosten | Kapitalkosten | CO ₂ -Abgabe | Total |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------------|--------|
| Öl | 1'306 | 1'518 | 3'019 | 51 | 5'894 |
| Gas | 1'553 | 1'250 | 3'315 | 37 | 6'155 |
| WP Sole | 722 | 990 | 4'249 | 0 | 5'961 |
| WP Luft | 899 | 1'270 | 3'257 | 0 | 5'426 |
| Holz-Pellet | 1'271 | 2'007 | 4'786 | 0 | 8'064 |
| Öl/Sonne | 1'126 | 1'723 | 3'852 | 44 | 6'745 |
| Gas/Sonne | 1'392 | 1'470 | 4'144 | 32 | 7'038 |
| WP Sole/Sonne | 647 | 1'200 | 5'080 | 0 | 6'927 |
| WP Luft/Sonne | 800 | 1'490 | 4'112 | 0 | 6'402 |
| Pellet/Sonne | 1'110 | 2'222 | 5'631 | 0 | 8'963 |
| Wohnen Erneuerung | | | | | |
| Öl | 9'820 | 2'698 | 5'063 | 381 | 17'962 |
| Gas | 9'720 | 2'070 | 6'262 | 278 | 18'330 |
| WP Sole | 5'525 | 2'750 | 15'453 | 0 | 23'728 |
| WP Luft | 6'605 | 3'320 | 9'871 | 0 | 19'796 |
| Holz-Pellet | 9'576 | 3'692 | 9'244 | 0 | 22'512 |
| Öl/Sonne | 8'878 | 3'473 | 8'418 | 346 | 21'115 |
| Gas/Sonne | 8'897 | 2'770 | 9'562 | 253 | 21'482 |
| WP Sole/Sonne | 5'058 | 3'470 | 18'599 | 0 | 27'127 |
| WP Luft/Sonne | 6'038 | 4'040 | 13'226 | 0 | 23'304 |
| Pellet/Sonne | 8'751 | 4'359 | 12'585 | 0 | 25'695 |
| Dienstleistung Neubau | | | | | |
| Öl | 20'775 | 4'673 | 10'307 | 807 | 36'562 |
| Gas | 24'090 | 3'550 | 10'379 | 589 | 38'608 |
| WP Sole | 9'625 | 5'700 | 33'438 | 0 | 48'763 |
| WP Luft | 12'440 | 6'570 | 16'972 | 0 | 35'982 |
| Holz-Pellet | 20'214 | 6'314 | 14'714 | 0 | 41'242 |
| Öl/Sonne | 19'201 | 5'840 | 14'794 | 749 | 40'584 |
| Gas/Sonne | 22'473 | 4'740 | 15'033 | 547 | 42'793 |
| WP Sole/Sonne | 9'001 | 6'890 | 37'963 | 0 | 53'854 |
| WP Luft/Sonne | 11'615 | 7'770 | 21'790 | 0 | 41'175 |
| Pellet/Sonne | 18'872 | 7'488 | 19'201 | 0 | 45'561 |
| Dienstleistung Erneuerung | | | | | |
| Öl | 41'827 | 6'444 | 11'943 | 1'624 | 61'838 |
| Gas | 40'420 | 4'680 | 14'275 | 1'186 | 60'561 |
| WP Sole | 22'728 | 7'820 | 47'525 | 0 | 78'073 |
| WP Luft | 27'438 | 8'620 | 23'978 | 0 | 60'036 |
| Holz-Pellet | 40'789 | 8'465 | 19'887 | 0 | 69'141 |
| Öl/Sonne | 40'061 | 7'613 | 16'959 | 1'565 | 66'198 |
| Gas/Sonne | 39'050 | 5'610 | 19'250 | 1'143 | 65'053 |
| WP Sole/Sonne | 21'964 | 8'790 | 52'097 | 0 | 82'851 |
| WP Luft/Sonne | 26'502 | 9'580 | 28'995 | 0 | 65'077 |
| Pellet/Sonne | 39'414 | 9'372 | 24'875 | 0 | 73'661 |



Abb. 3-12: Neubau Wohnen 200 m2: Wirtschaftlichkeitsvergleich (Quelle: Basler & Hofmann)

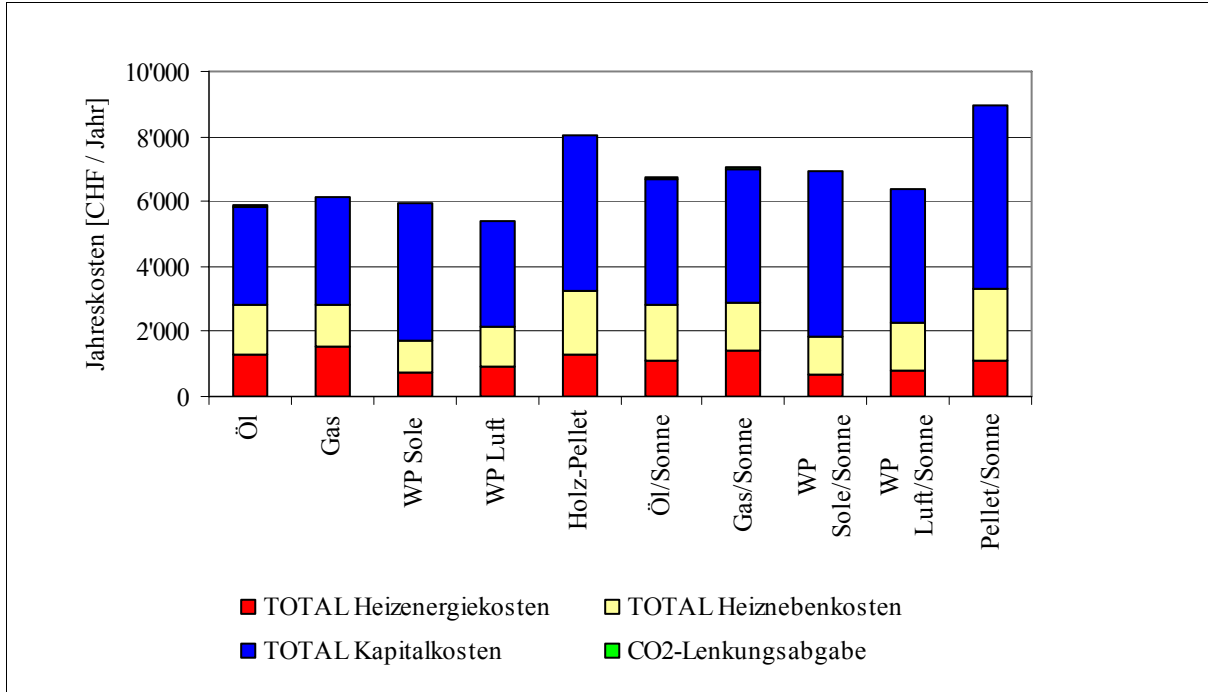
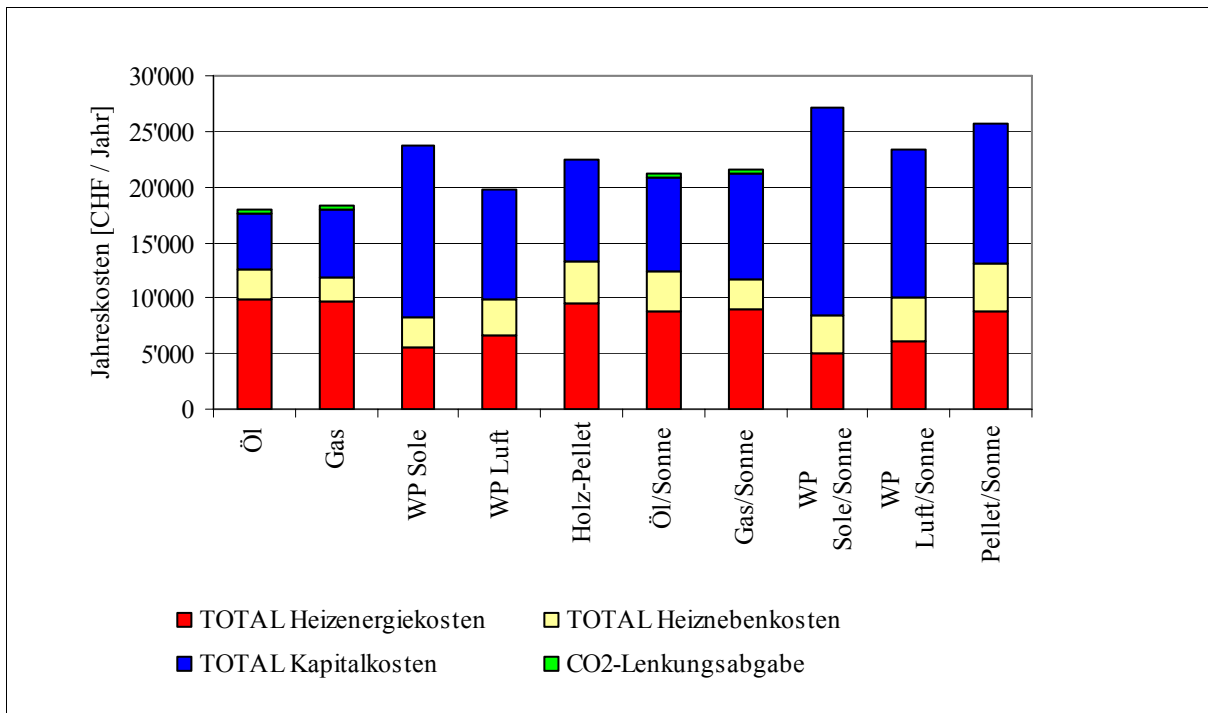


Abb. 3-13: Erneuerung Wohnen 1000 m2: Wirtschaftlichkeitsvergleich (Quelle: Basler & Hofmann)



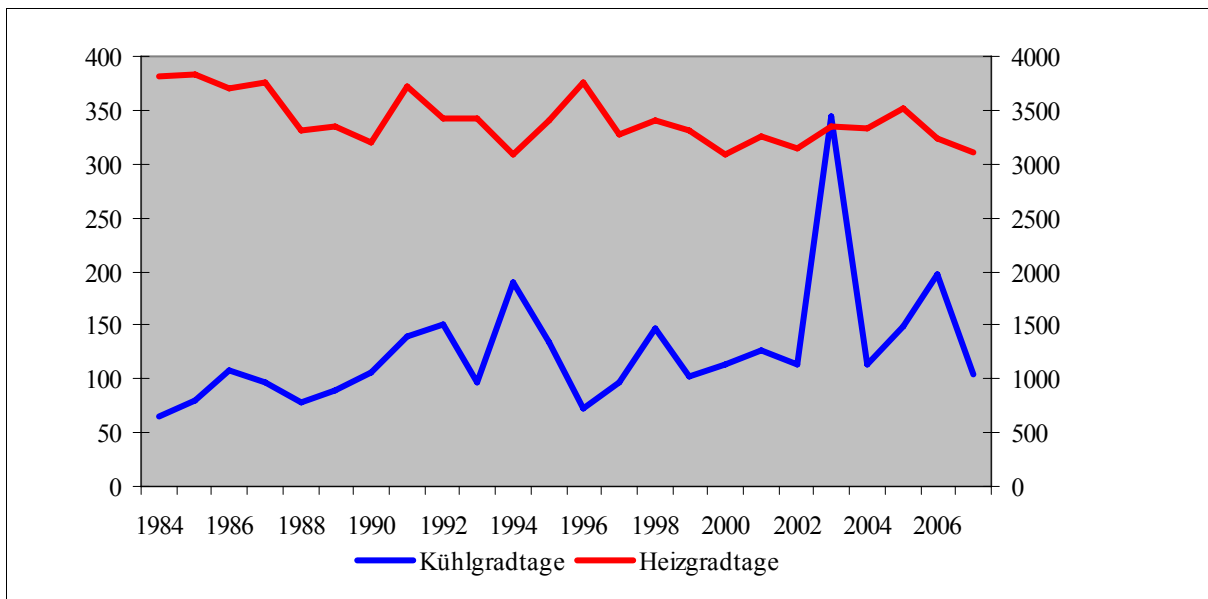


Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Es werden die Preisannahmen des Szenarios Preise Hoch (Details Kapitel 4) übernommen. Diese liegen zwar im Moment etwas unterhalb der aktuellen Preissituation, scheinen in einer längerfristigen Optik aber durchaus realistisch (ev. von der Strompreisentwicklung abgesehen). Nach den vorgestellten Überlegungen dürften diese Preise ausreichen, einen Absatzrückgang bei den Wärmepumpen *aus Energiepreisgründen allein* zu vermeiden. Die mit diesen Preisannahmen getriggerten gebäudetechnischen Entwicklungen (Energiekennzahlen, Durchdringungsraten mit Wärmepumpen u.a.) werden passend zur aktuellen statistischen Ausgangslage von den Perspektiven übernommen.

3.3 Klimaerwärmung

Die Klimaerwärmung weist zwei Komponenten auf: Einerseits muss während der Heizperiode weniger (lang) geheizt werden, andererseits nimmt der Kühlbedarf im Sommer zu. Abbildung 3-14 zeigt 1984 bis 2007 den Verlauf der Heiz- und Kühlgradtage. In beiden Fällen zeigt sich ein der Klimaerwärmung entsprechender Trend.

Abb. 3-14: Kühlgradtage (linke Ordinate) und Heizgradtage (rechte Ordinate) im Zeitablauf (Jahreswerte, Quelle: Basics, Prognos)



Beide Trends unterstützen *in der Extrapolation in die Zukunft* die Verbreitung von Wärmepumpen. In dem der Heizenergiebedarf allmählich abnimmt, kann eine Wärmepumpe kleiner dimensioniert werden (Anpassung von SIA-Normen), was die Investitionskosten erniedrigt. Dies vor allem dann, die Gebäudehülle bei den (neueren) Bauten kurzzeitige Kältespitzen immer besser abzufangen vermag.

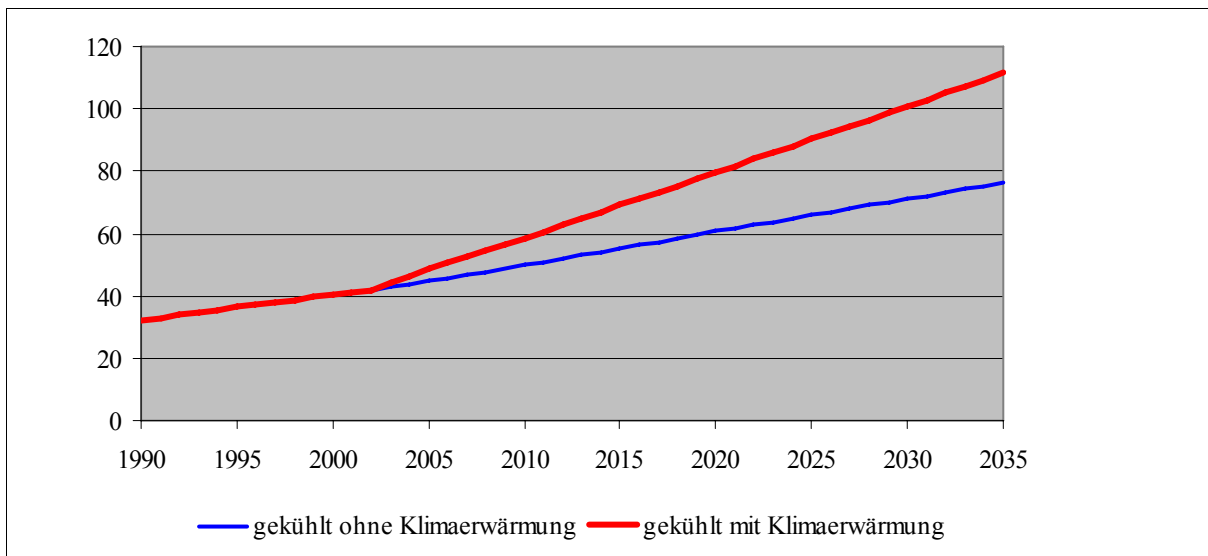
Umgekehrt wird die Kühlung im Sommer mit der zunehmenden Klimaerwärmung immer mehr ein Thema (werden). Die Kombination mit einer Wärmepumpenheizung liegt dann auf der Hand. Vor allem bei Neubauten kann der erwartete sommerliche Kühlungsbedarf ein zusätzliches Argument für den Einbau einer Wärmepumpe darstellen. ("Heizen und Kühlen mit der gleichen Anlage"). Mit der sommerlichen Kühlung kann zudem eine (gewisse) Regeneration der Wärmequelle verbunden sein, etwa bei Erdsonden, die Regenerationseffekte sind aber nicht sehr gross (vgl. BFE 2007b). Es muss aber betont werden, dass die Integration der Kühlmöglichkeit die Investitionskosten tendenziell erhöht. Und es muss auch die Gefahr von Kondensatbildung erwähnt werden, die zwar nach der gleichen



Studie nicht besonders gross ist, aber in speziellen Fällen doch von Bedeutung werden kann (z.B. in Räumen mit grossen Feuchtelasten sollte nicht über Flächen gekühlt werden).

Welches Ausmass der zusätzliche Kühlungsbedarf mit zunehmender Klimaerwärmung tatsächlich haben könnte, zeigt sich exemplarisch im Dienstleistungssektor. Denn dieser Sektor wird mutmasslich am schnellsten und konsequentesten darauf reagieren. Hierzu wurde im Rahmen der Perspektivarbeiten des Bundes (BFE 2007a) angenommen, dass die durchschnittliche Temperatur ab 2006 bis 2035 vom September bis Mai um 1 Grad und von Juni bis August um 2 Grad zunehmen wird. Das Resultat der sommerlichen Zunahme (die weit unter dem liegt, was z.B. der Sommer 2003 bedeutete) zeigt Abbildung 3-15.

Abb. 3-15: Gekühlte Flächen im Dienstleistungssektor mit und ohne Klimaerwärmung (Energiebezugsflächen, Mio m², Quelle: CEPE)





Auch wenn die Klimaerwärmung tendenziell die Verbreitung von Wärmepumpen fördern dürfte, so lässt sich dies nach den Perspektivrechnungen des Bundes (BFE 2007a, Band 4) vor allem in den Stückzahlen ablesen: Es werden mehr Quadratmeter mit Wärmepumpen beheizt, die Wärmepumpen werden aber tendenziell kleiner und laufen weniger lang. Gesamthaft hat dies in den Szenarien die Folge, dass die effektiv genutzte Umweltwärme (und damit das Substitutionsbetroffnis) zurückgeht (vgl. auch Kapitel 4).

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Für die in dieser Arbeit ausgewiesene Referenzentwicklung wird ausdrücklich *keine* Klimaerwärmung unterstellt. Mit andern Worten: Es wird weiterhin von einem durchschnittlichen Jahreswert von 3588 Heizgradtagen ausgegangen. Diese Annahme wird aus mehreren Gründen getroffen:

- (1) In den Perspektivarbeiten des Bundes (vgl. 2007a) wird die Klimaerwärmung nur als Sensitivitätsvariante und nicht etwa als Basisvariante durchgerechnet. Dies bedeutet, dass die Szenarien mit Klimaerwärmung *nicht* in der gleichen Detaillierung und Analysetiefe untersucht und dargestellt wurden, wie es für die Szenarien ohne Klimaerwärmung der Fall war. Wenn man also die Ergebnisse der Perspektivarbeiten für die vorliegende Arbeit soweit als möglich nutzen will, dann sollte aus *methodischen* Gründen von der Klimaerwärmung abgesehen werden.
- (2) Nach unserer Einschätzung dürften die in den Perspektivarbeiten zur Klimaerwärmung unterstellten Temperaturerhöhungen bis 2035 zudem eher zu *gering* ausgefallen sein, wenn man die bisherige Entwicklung trendmässig fortschreibt (vgl. die Abbildung 3-14 weiter oben). Dies bedeutet, dass vom Einbezug der Klimaveränderung auf dieser Grundlage aus *quantitativen* Gründen abgesehen wird.
- (3) Tatsächlich ist unklar, ob man im Rahmen der Klimaerwärmung rechnerisch einfach unterstellen darf, dass sich die Durchschnittstemperaturen relativ gleichförmig im oben erwähnten Ausmass erhöhen. Würde die Zunahme der durchschnittlichen Temperaturen von einer Vergrösserung der Extreme überlagert, dann wären die "haustechnischen" Implikationen nur schwer abzuschätzen, etwa im Sinne von: Wird auf die Extreme dimensioniert oder nicht? Es sprechen damit auch *inhaltliche* Gründe gegen den Einbezug der Klimaerwärmung.
- (4) Falls die Klimaerwärmung aber schon in den nächsten Jahren quantitativ für die Referenzentwicklung von Bedeutung werden sollte, dann müssen eben mit den dann zur Verfügung stehenden Daten die notwendigen Korrekturen beim Monitoring der Wärmepumpenentwicklung vorgenommen werden. Soweit die Klimaerwärmung vorläufig "nur" einfach wärmere Winter bringt und ansonsten keinen Einfluss hat, kann man diesen Einfluss CO₂-mässig mit dem bestehenden Statistik-Tool leicht ausrechnen.

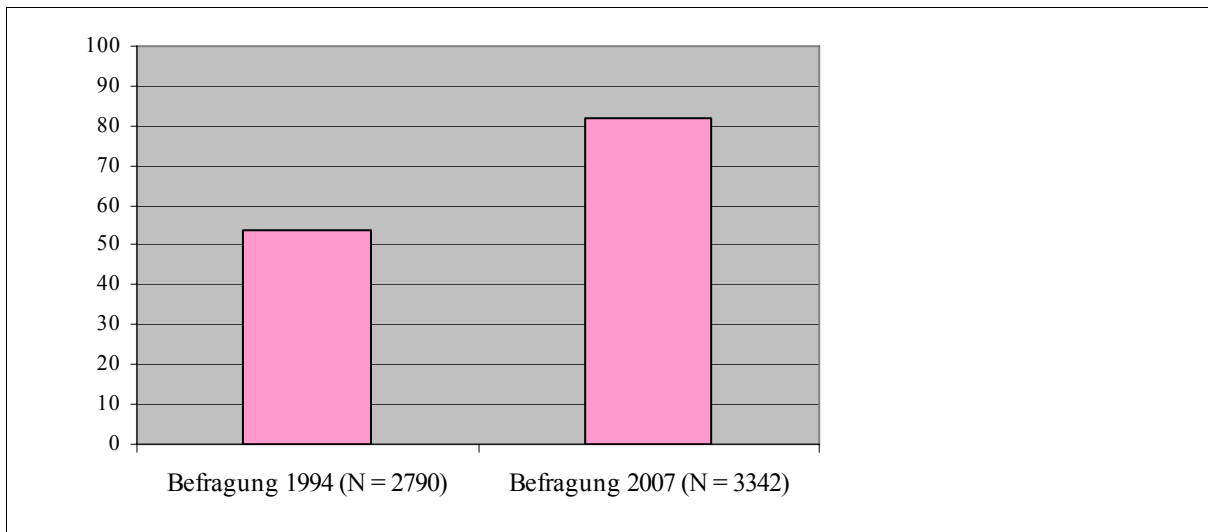


3.4 Klimabesorgnis

Während die im vorigen Abschnitt diskutierte Klimaerwärmung quasi den "physischen" Teil des Einflusses auf den Wärmepumpenmarkt bzw. die Nutzung von Wärmepumpen skizzierte, soll hier noch auf die Wahrnehmung der Klimaerwärmung eingegangen werden. Denn diese hat sich in der Schweizer Bevölkerung in den letzten Jahren deutlich verändert. Und es ist nicht unplausibel, dass sich eine zunehmende Klimabesorgnis positiv auf den Wärmepumpenabsatz niederschlagen dürfte. Leider gibt es für die Schweiz keine, einen längeren Zeitraum überstreichende Zeitreihe der "Klimabesorgnis", die man Jahr für Jahr mit dem Wärmepumpenabsatz vergleichen könnte.

Aus zwei Umweltsurveys zu den Jahren 1994 und 2007 (Diekmann 2007) liegen aber dennoch sehr verlässliche Daten vor, die eine deutliche Zunahme der Klimabesorgnis bezeugen (vgl. Abbildung 3-16). Der hohe Wert von 82 % im Jahr 2007 ist im vorliegenden Zusammenhang vor allem auch deshalb von Bedeutung, weil diese Besorgnis einhergeht mit dem Wissen darum, dass die Verbrennung von Öl, Kohle oder Gas zum Treibhauseffekt beiträgt: 89 % der Antwortenden haben eine entsprechend formulierte Aussage als richtig taxiert (Diekmann 2007).

Abb. 3-16: Klimabesorgnis: Einschätzung der "Gefahr vom Treibhauseffekt und von der Klimaerwärmung für Mensch und Umwelt" in der schweizerischen Bevölkerung 1994 und 2007 (prozentualer Anteil der Antworten 4 oder 5 auf einer Skala von 1 "überhaupt keine Gefahr" bis 5 "sehr hohe Gefahr"; Quelle: Diekmann 2007)



Auch wenn einige Personen die richtige Antwort wohl nicht gewusst, sondern nur geraten haben (die Antwortmöglichkeiten waren "richtig", "falsch" und "weiss nicht"), darf man wohl davon ausgehen, dass eine *sehr grosse Mehrheit* der Bevölkerung um den Zusammenhang zwischen der Verbrennung fossiler Brennstoffe und dem Treibhauseffekt (bzw. der Klimaerwärmung) weiss. Dass damit die Wärmepumpe das Heizsystem der Wahl ist (wenn man überhaupt wählen kann und die Kostenseite noch einigermaßen "stimmt") liegt auf der Hand. Mit andern Worten: Die boomartige Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes der letzten drei oder vier Jahre könnte tatsächlich auch von einer gewissen Klimabesorgnis getragen sein.⁷ In welchem Umfang dies der Fall ist, muss ohne zusätzliche Untersuchungen aber im Moment offen bleiben.

⁷ Die Schweiz steht im internationalen Vergleich bezüglich der Klimabesorgnis tatsächlich sogar an der Spitze: Gemäss der aktuellen Ausgabe der AC-Nielsen-Studie "Consumer Confidence And Major Concerns" (AC Nielsen 2007): "Kein anderes Land weltweit nennt Klimaveränderung so häufig."



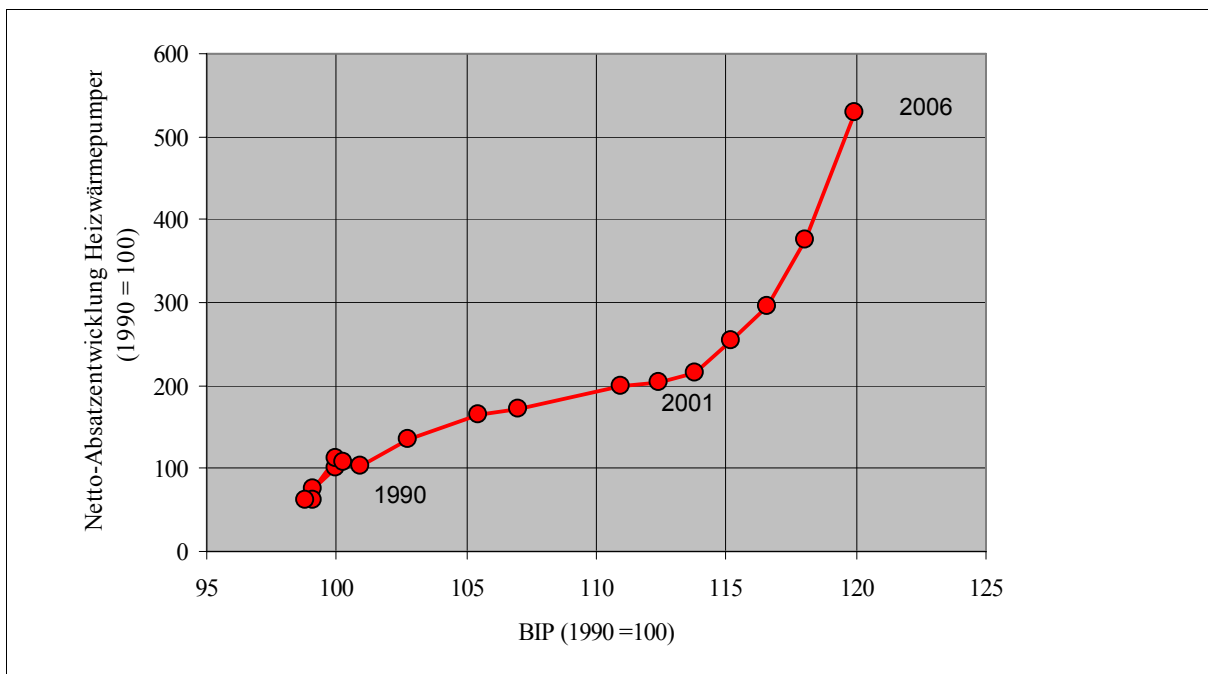
Annahmen für die Referenzentwicklung: Wir gehen davon aus, dass die Klimaerwärmung in der öffentlichen Wahrnehmung langfristig ein Thema bleiben und gar an Intensität zunehmen dürfte. Quantitativ ist dies für die Referenzentwicklung zwar nicht von Bedeutung; die Annahme dient aber dazu, den Referenzpfad "nach unten" zusätzlich abzusichern: Ein Einbruch beim Wärmepumpenabsatz bei gleichzeitig grosser Klimabesorgnis scheint uns *ceteris paribus* nicht sehr wahrscheinlich.

3.5 Wirtschaftsentwicklung

Natürlich hängt der Wärmepumpenabsatz auch von der Wirtschaftsentwicklung im Allgemeinen, nicht nur von der Bautätigkeit allein ab. Abbildung 3-17 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Nettoabsatz und dem Bruttoinlandprodukt für die Jahre 1990 bis 2006. Die Stagnation des Wärmepumpenabsatzes zu Beginn der 90er Jahre passt gut zur damals stagnierenden BIP-Entwicklung. Umgekehrt wird deutlich, wie ab 2001 ein eigentlicher "Regimewechsel" stattgefunden hat. Im Sinne einer Trendfortsetzung dürfte der Wärmepumpenabsatz im Jahr 2006 nur etwa einen Indexwert um 250 erreichen. Tatsächlich ist er etwa doppelt so hoch.

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Es wird für die Zukunft die Wirtschaftsentwicklung der Trendvariante der Perspektiven unterstellt. Dies stellt sicher, dass einerseits genügend gebaut (und saniert!) wird, andererseits aber auch das Geld zur Verfügung steht, die (mindestens in der Anschaffung) teureren Wärmepumpen wie bis anhin finanzieren zu können. Eine tendenziell stagnierende Wirtschaft (wie anfangs der 90er Jahre) könnte zu einem Einbruch beim Wärmepumpenabsatz führen.

Abb. 3-17: Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Wärmepumpenabsatz (Quelle: Basics)





3.6 Förderung

Die Wärmepumpen wurden in den letzten zwei Jahrzehnten von den verschiedensten Akteuren stark gefördert. Und selbst heute noch sind beträchtliche Fördergelder auszumachen. Im Sinne einer indikativen Abschätzung werden in Abbildung 3-18 die im Zeitablauf in die Förderung der Wärmepumpen investierten Gelder ausgewiesen. Darin enthalten sind die Beiträge des Bundes wie auch zum grössten Teil jene der Kantone und einzelner Elektrizitätswerke. Tendenziell dürften die direkten Förderbeiträge aber unterschätzt werden. Dazu kommt, dass in diesen Beträgen allfällige Sonderkonditionen bei den Elektrizitätstarifen nicht mitgezählt werden, genauso so wenig wie Steuererleichterungen für energiesparende Investitionen, welche von einigen Kantonen gewährt werden.

Sehr genau bekannt ist die indirekte Förderung – vor allem jener Teil, der vom Bundesamt für Energie finanziert worden ist. Dazu zählen u.a. die Unterstützung der Forschung (inkl. Pilot- und Demonstrationsanlagen) des Marketings (vor allen durch die FWS) und der Qualitätssicherung (Testzentrum u.a.). Die indirekte Förderung wird zum grössten Teil durch das BFE finanziert, allerdings in der letzten Zeit deutlich zunehmend auch durch die Beiträge der FWS-Mitglieder. Die Abbildung 3-19 zeigt die Aufteilung der indirekten Förderung nach verschiedenen Aktivitätsfeldern.

Abb. 3-18: Finanzielle Förderung der Wärmepumpen im Zeitablauf (direkt und indirekte Förderung, in 1000 Fr., Quellen: BFE, einzelne EVU's; die direkte Förderung ist eine indikative Schätzung durch Basics)

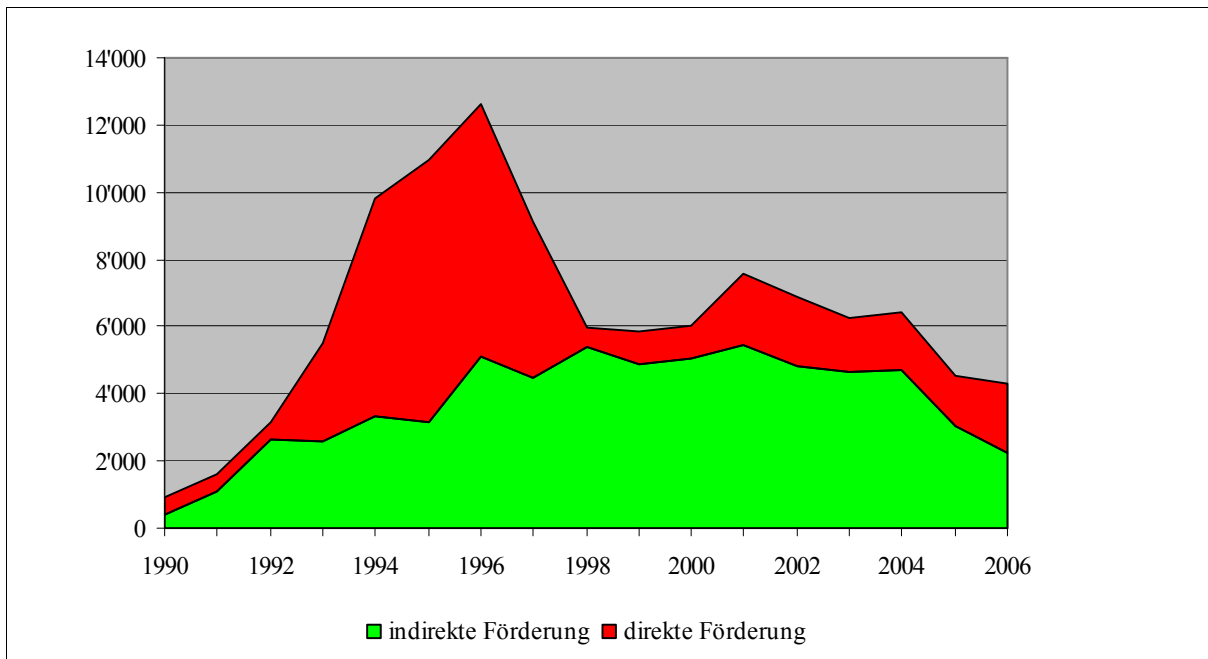
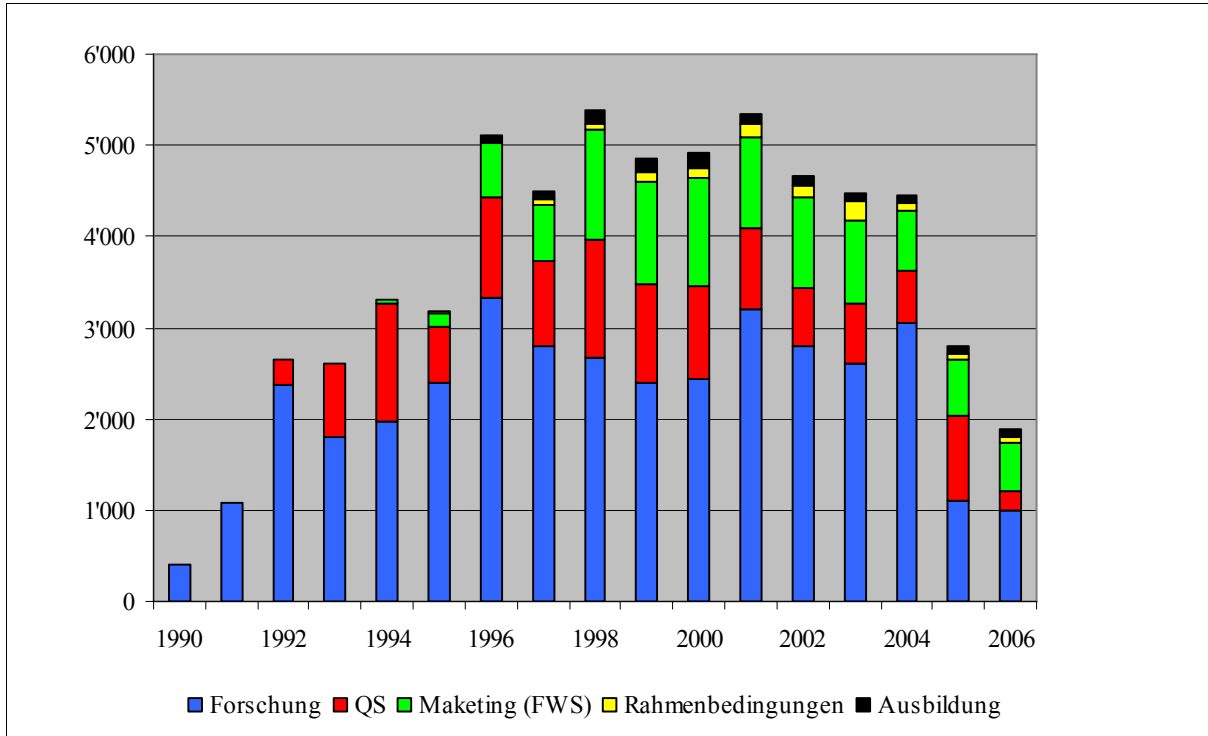




Abb. 3-19: Aufteilung der indirekten Förderung nach verschiedenen Aktivitätsfeldern (QS = Qualitätssicherung, Quelle: BFE)



Auch wenn das Gesamtbetrag der finanziellen Förderung der Wärmepumpen nur ungenau bekannt ist, so lassen sich doch – vor allem auch über den Mitteleinsatz des Bundesamtes für Energie – einige Schlussfolgerungen ziehen.

Zunächst wird im Vergleich mit der Entwicklung der Absatzzahlen (vgl. Abschnitt 2) deutlich, dass die massive Förderung in den 90er Jahren wohl eine zentrale Voraussetzung für den Markterfolg der Wärmepumpe dargestellt haben dürfte. Dies zeigt auch ein Vergleich mit der Entwicklung in Österreich, wo in den 90er Jahren nicht Wärmepumpen sondern Holzheizungen stark gefördert wurden. Wie man aus einer Arbeit von Madlener und Koller (Madlener 2006) entnehmen kann, ist die unterschiedliche Diffusion von Wärmepumpen und Pelletheizungen in Deutschland und Österreich ein klarer Hinweis darauf, dass die Absatzdynamik sich am Markt etablierender (neuer) Technologie keine selbstlaufende Entwicklung ist, sondern nur durch passende Rahmenbedingungen und Förderaktivitäten erreicht wurde. Von grosser Bedeutung für die Wärmepumpen sind nach allgemeiner Einschätzung insbesondere die Anstrengungen zur Qualitätssicherung (u.a. durch den Aufbau eines Testzentrums) und die von der FWS durchgeführten Marketingaktivitäten gewesen. Kaum zum Tragen kamen bisher Aktivitäten im Rahmen der Aus- und Weiterbildung, was im Hinblick auf künftige Arbeitsschwerpunkte der FWS von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein dürfte – vor allem dann, wenn die Hauptanstrengungen der FWS wie angekündigt in Richtung Sanierung gehen sollten.

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Auch wenn quantitative Effekte von Fördermassnahmen für prognostische Zwecke von einzelnen Ausnahmen abgesehen kaum angebar sind (etwa im Sinne von $x\%$ des Absatzes ist *kausal* auf eine bestimmte Förderung zurückzuführen, vgl. auch Kapitel 5), so wird doch vorausgesetzt, dass die bisher in der Schweiz durch eine Vielzahl von Akteuren praktizierte direkte und indirekte Förderung der Wärmepumpe qualitativ und quantitativ auf vergleichbarem Niveau weitergeführt wird. Insbesondere wird angenommen, dass die FWS im bisherigen Rahmen ihre Anstrengungen fortführt.



3.7 Reduktion des Raumwärmebedarfs

Für eine gegebene Objektgrösse ist der Raumwärmebedarf keine Konstante. Der spezifische Energieverbrauch hat in der Vergangenheit im Gegenteil recht stark abgenommen und wird auch in Zukunft weiter abnehmen. Je geringer der spezifische Energieverbrauch ist, desto kleiner kann eine Wärmepumpe gewählt werden und desto wirtschaftlicher wird sie. Abbildung 3-20 zeigt den Verlauf des spezifischen Heizenergieverbrauchs für Neubauten im Wohnungs- und Dienstleistungsbereich – sowohl in der Vergangenheit wie auch gemäss Annahme für die Zukunft. Auch das, was im Rahmen einer Sanierung eines Gebäude erreicht wird (bzw. erreicht werden muss), verbessert sich im Zeitablauf beträchtlich. Dies zeigt am Beispiel der Dienstleistungen die Abbildung 3-21. Etwas zeitverschoben und mit grösseren Sprüngen (neue Vorschriften) folgt die Sanierungskurve der Neubaukurve.

Abb. 3-20 Spezifischer Heizenergieverbrauch für Neubauten (MJ pro m², Quellen: Prognos, CEPE)

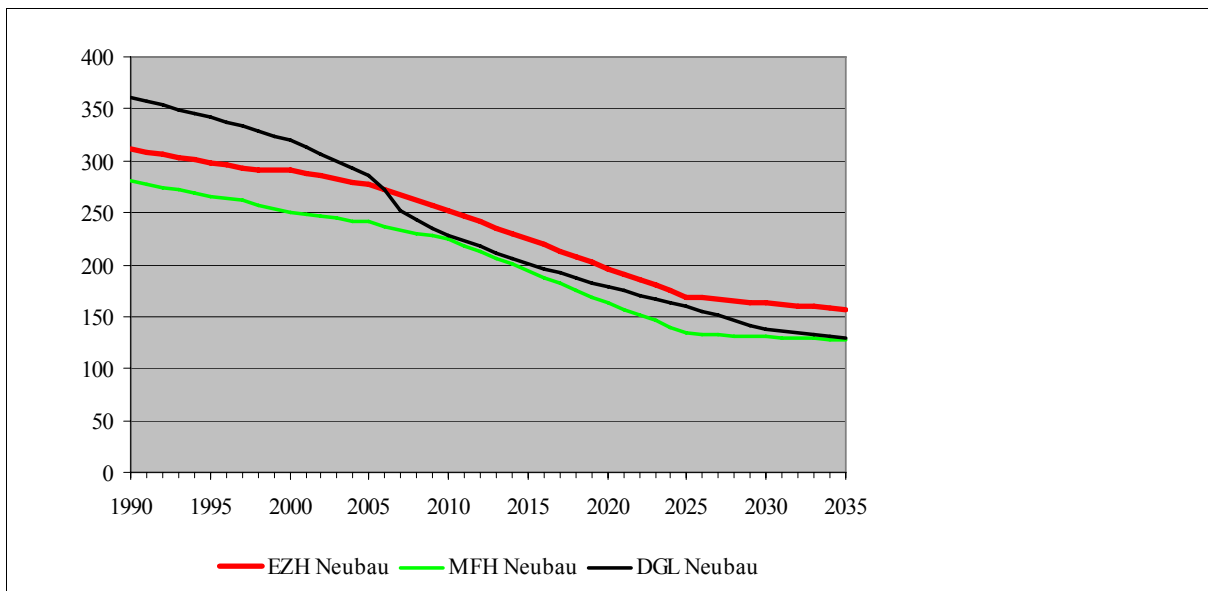
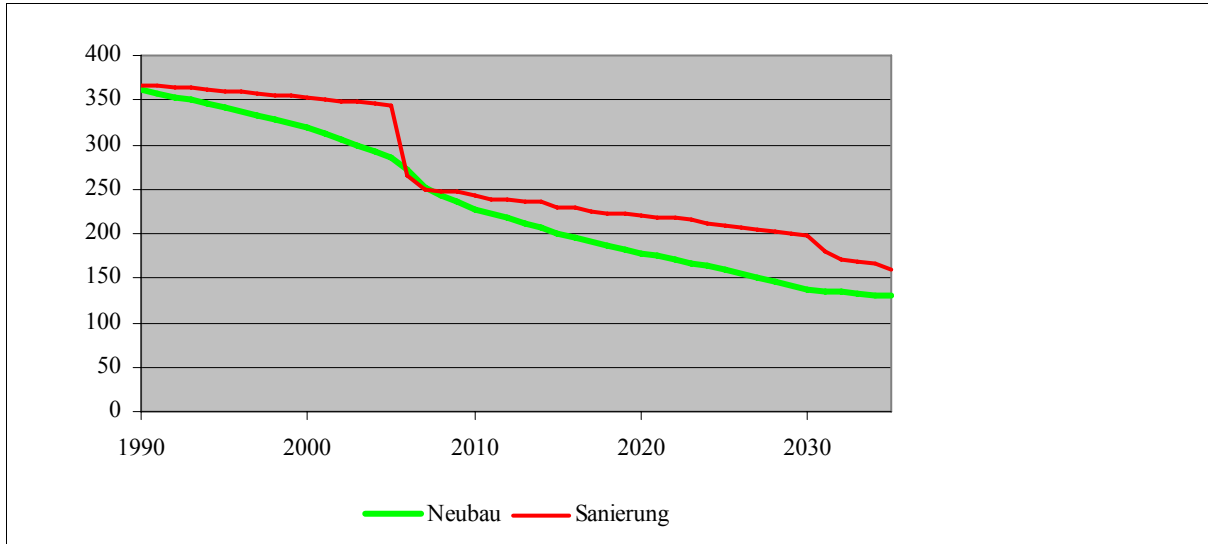




Abb. 3-21 Energiekennzahlen für Neubauten und Sanierungen im Dienstleistungsbereich (Durchschnittswerte pro Jahr; Quelle: CEPE)

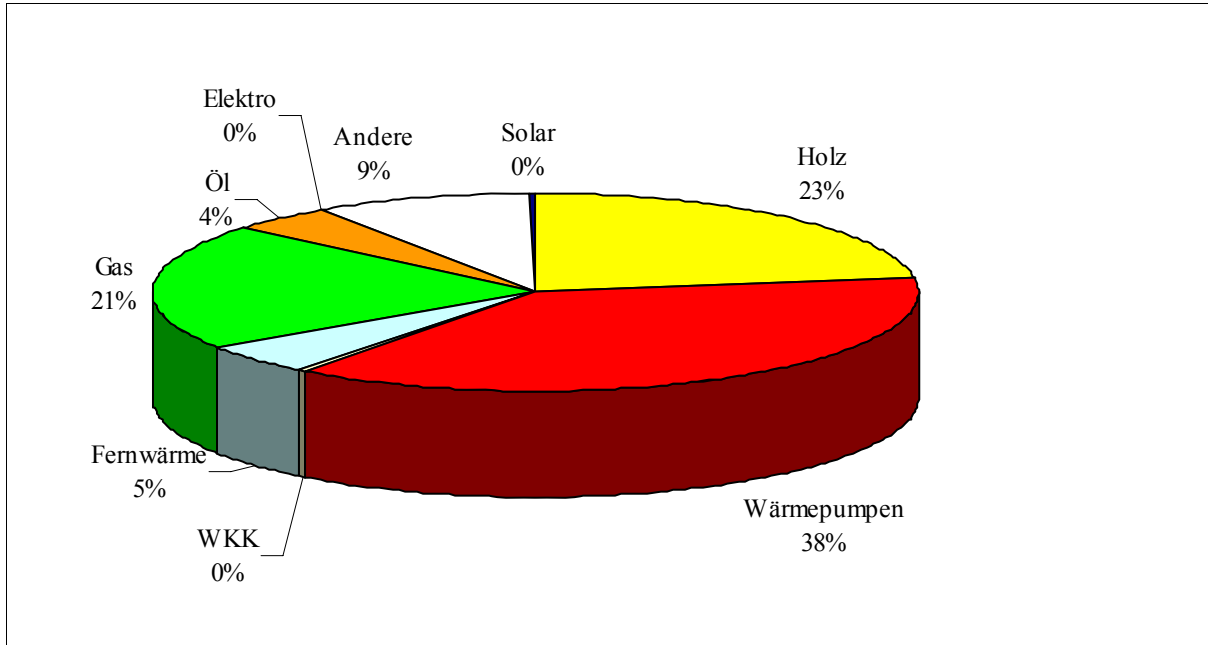


Zusätzlich zum Heizenergieverbrauch muss auch Energie für die Warmwasseraufbereitung eingesetzt werden. Im Zeitablauf ergeben sich in diesem Bereich aber nur geringe Verbesserungen. Der Energieverbrauch liegt in den Haushalten bei rund 60 MJ/m^2 und Jahr, bei den Dienstleistungen bei etwa 40 MJ/m^2 . Auch wenn kleine spezifische Energieverbräuche die Wärmepumpe attraktiv(er) machen, muss daraus nicht automatisch folgen, dass schliesslich sämtliche Neubauten und sanierten Gebäude mit Wärmepumpen ausgestattet sein werden. Dies zeigt ein Blick auf die Minergiehäuser, die ja schon heute einem avancierten energetischen Standard entsprechen (vgl. Abbildung 3-22).

Allerdings muss dabei beachtet werden, dass die Minergiestatistik sich auf eher grössere Objekte bezieht, wodurch die Holzheizungen ein übermässiges Gewicht erhalten. Klammert man diese aus, dann erreicht die Wärmepumpe einen Anteil von ziemlich genau 50%. Dies ist weniger, als heute im Ein- und Zweifamilienhausbau erreicht wird. Von daher wäre es denkbar, dass längerfristig der Marktanteil der Wärmepumpe bei den Neubauten wieder zurückgehen könnte. (Für unsere Referenz haben wir langfristig tatsächlich eine Durchdringungsrate von 70% angenommen, vgl. Kapitel 4).



Abb. 3-22: Beheizungsstruktur der neuen Minergiehäuser 2006 (1184 Gebäude mit einer gesamten EBF von rund 1.4 Mio m², Quelle: MINERGIE® Agentur Bau)



Wenn der spezifische Heizwärmebedarf eines typischen Gebäudes im Laufe der Zeit zurückgeht, dann können die Wärmepumpen kleiner dimensioniert werden. Da die Referenzentwicklung in einer "Vorausschätzung" der Wärmepumpenstatistik beruht, welche die Wärmepumpen in Leistungsklassen einteilt, muss dieser Effekt durch eine geeignete Zuordnung zur "richtigen" Leistungskategorie berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass eine bestimmte Leistungskategorie Wärmepumpen zur nächst unteren Leistungsklasse verliert, von der nächst oberen Leistungsklasse aber Wärmepumpen erhält. Um diese "Wanderbewegung" einigermaßen zutreffend mit der energetischen Ertüchtigung algorithmisch verkoppeln zu können, verwenden wir das in Basics (2007) dargestellte Verfahren, um einen Zusammenhang zwischen der Leistungsgrösse und der abgesetzten Anzahl Wärmepumpen quantitativ fassen zu können.

Das Verfahren wird anhand der Absatzdaten für die Jahre 2003 bis 2006 für Sole/Wasser-Wärmepumpen angedeutet. In diesem Fall (wie auch in der Gesamtbilanz) gilt das unterstellte Potenzgesetz über viele Zehnerpotenzen sehr genau.

Man setzt an:

$$y = a \cdot x^b$$

Dabei meint y die Anzahl Wärmepumpen mit einer Leistung grösser oder gleich x , gemessen in kW. Gemäss dieser Formel ergäbe sich y als die b -te Potenz von x , welche mit der festen Zahl a multipliziert wird.

Abbildung 3-23 zeigt grafisch die resultierende Regression. Daraus folgt die folgende Beziehung zwischen x und y :

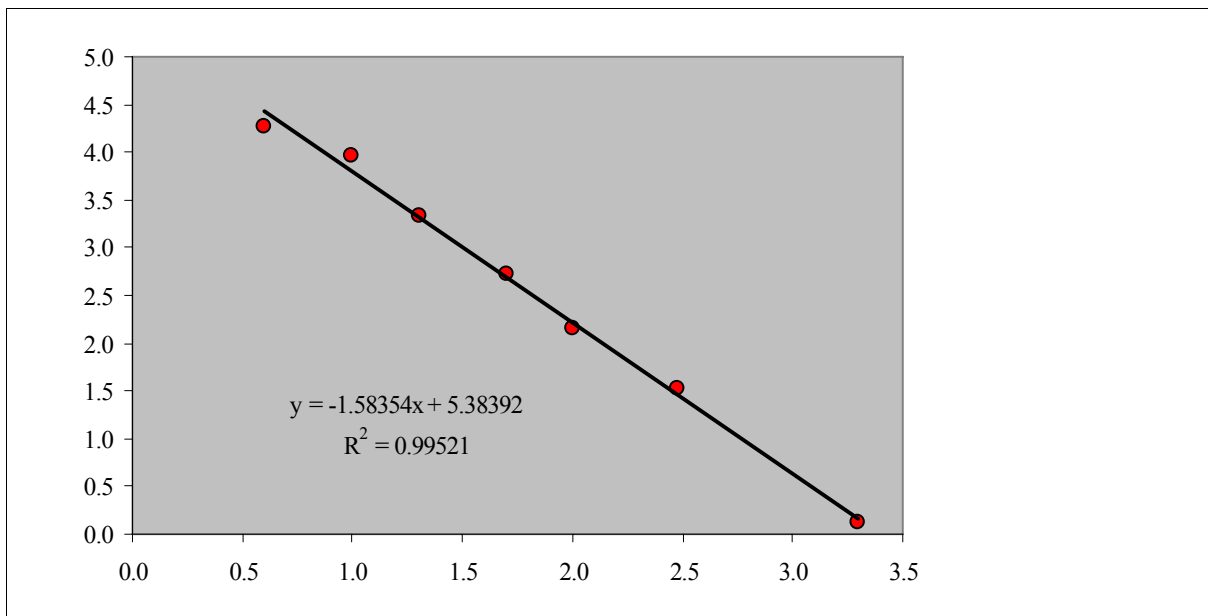
$$y = 242'059 \cdot x^{-1.58354} \text{ (mit } R^2 = 0.995 \text{)}.$$



Aus dieser Beziehung ergibt sich z.B., dass mit einer spezifischen Verbesserung um 10 Prozent jede Leistungskategorie, ausser der untersten, die gewissermassen als Sammelbecken dient, ceteris paribus etwa 15% an Wärmepumpen netto verliert. Dies bedeutet, dass durch die stete Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs das Potenzial pro Gebäude-Einheit zur Reduktion der CO₂-Emissionen abnimmt. Diese Reduktion wird durch die angenommene Expansion der Energiebezugsflächen *nicht* kompensiert.

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Die spezifischen Verbesserungen der Wärmenachfrage wird bei allen Verbrauchssektoren entlang der Perspektivrechnungen für Szenario II berücksichtigt. Algorithmisch wird dies durch den oben skizzierten "Shiftprozess" abgebildet. Wir sind uns dabei bewusst, dass wir durch dieses Verfahren den Shift zu kleineren WP-Leistungen tendenziell *überzeichnen* dürften; in den energetischen Auswirkungen dürfte er aber korrekt sein.

Abb. 3-23: Verteilung der Leistungen für Sole/Wasser-Wärmepumpen (eingetragen sind nicht die x- und y-Werte selbst, sondern deren Zehnerlogarithmen)



3.8 Effizienzverbesserung der Wärmepumpe

Je "besser" eine Wärmepumpe arbeitet - ausgedrückt als Verhältnis von produzierter Wärme und der dazu benötigten elektrischen Antriebsenergie (Jahresarbeitszahl, JAZ) - desto weniger Elektrizität benötigt sie für einen vorgegebenen thermischen Output. Dies ist nicht nur für die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe von Bedeutung, sondern auch für die CO₂-Bilanz der Wärmepumpe selber. Denn wenn die Inputelektrizität mit in die Bilanz aufgenommen wird und die verwendete Elektrizität ganz oder zum Teil fossil-thermisch erzeugt wird, dann ist die Grösse der JAZ von entscheidender Bedeutung für die CO₂-mässige Gesamteffizienz des Systems. Denn gerade die populären Luft-Wasser-Wärmepumpen weisen im Vergleich zu den andern Typen deutlich geringere Jahresarbeitszahlen auf. Und dies ist bei Förderüberlegungen in Rechnung zu stellen.



Wie Abbildung 3-24 zeigt, hat die Jahresarbeitszahl im Mittel der neu installierten Wärmepumpen tatsächlich zugenommen, stagniert aber in den letzten Jahren. Dabei ist die Streuung sehr gross, wie sich aus den Abbildungen 3-25 und 3-26 ergibt. Die Abbildungen zeigen die effektiv gemessenen Jahresarbeitszahlen im Rahmen der Feldanalyse Wärmepumpen (FAWA).⁸

Abb. 3-24: Entwicklung der JAZ im gewichteten Mittel der neuinstallierten Wärmepumpen (Quelle: Basics)

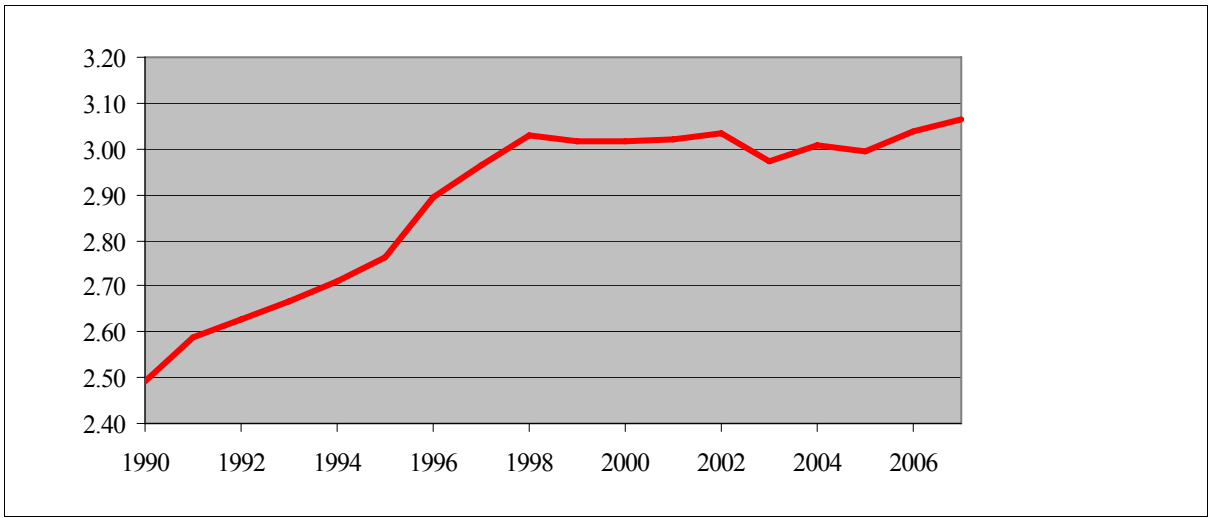
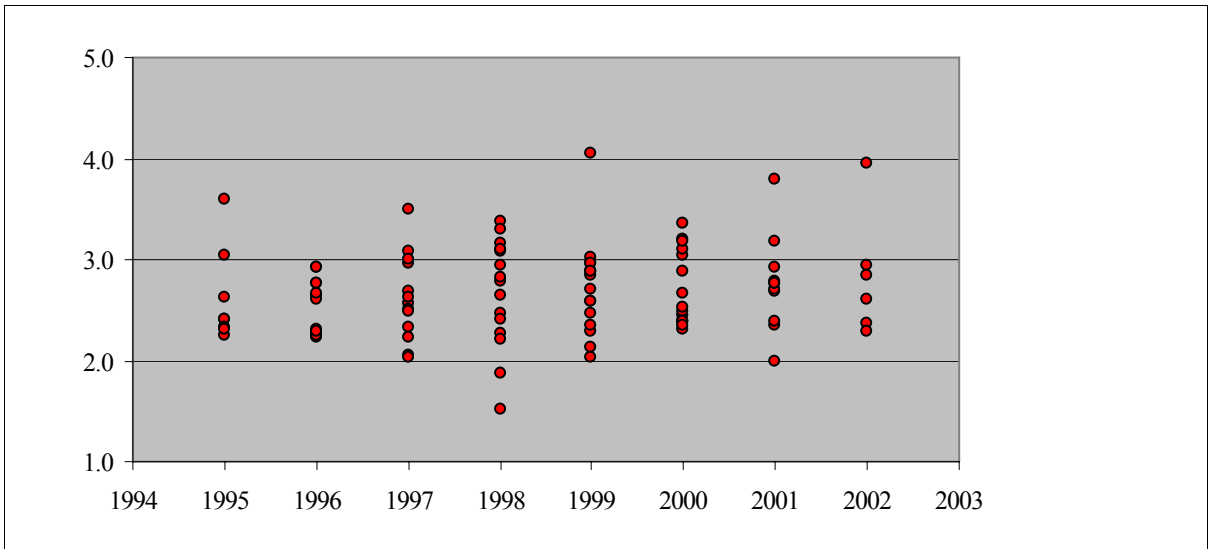


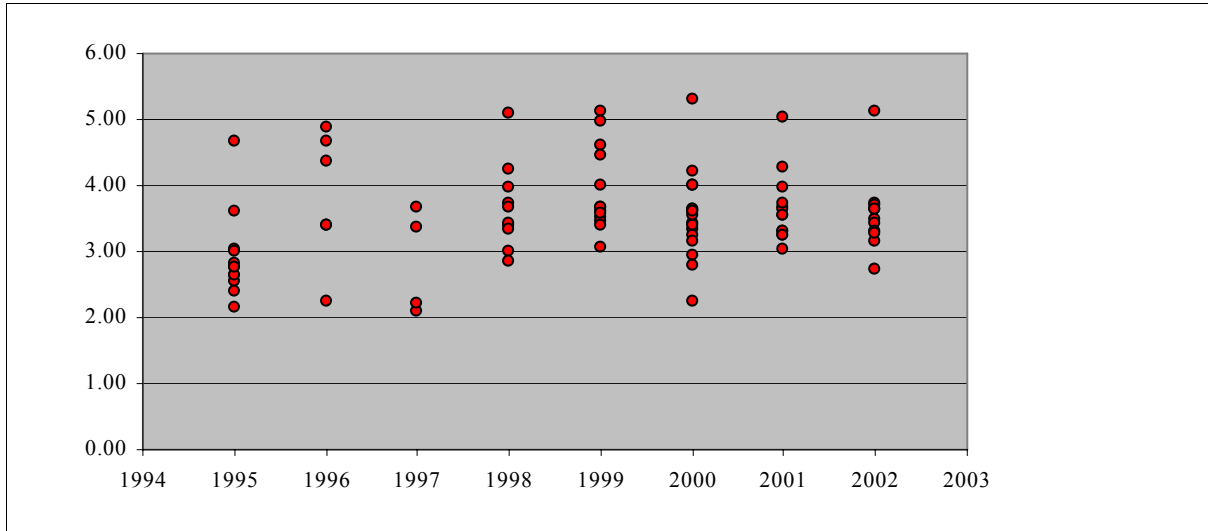
Abb. 3-25: Entwicklung der JAZ für Luft-Wasser-Wärmepumpen anhand der für die FAWA ausgewählten Wärmepumpen (96 Anlagen)



⁸ Die im Labor gemessenen Effizienzen (COP-Werte) sind zwischen 4 und 20 % grösser als die im realen Betrieb realisierten Jahresarbeitszahlen.



Abb. 3-26: Entwicklung der JAZ für Sole-Wasser-Wärmepumpen anhand der für die FAWA ausgewählten Wärmepumpen (86 Anlagen)



Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Es wird die im Statistiktool schon integrierte JAZ-Verbesserung übernommen (1 Prozentpunkt pro Jahr ab 2007). Diese Annahme ist insofern bedeutsam, als sie den Link zwischen gesamthaft produzierter Wärme und benötigter elektrischer Antriebsenergie liefert und damit unter Umständen einen Einfluss auf die Gesamt-CO₂-Bilanz hat.

3.9 Vorschriften

Es gibt eine ganze Reihe von landesweit gültigen, kantonalen (und auch kommunalen) Vorschriften und Leitbildern, die die Verbreitung der Wärmepumpe indirekt unterstützen. Wenn z.B. in einem kantonalen Energiegesetz steht, dass der Anteil der Erneuerbaren Energien bei der Raumheizung im Neubau im Durchschnitt 20% erreichen muss, dann *ist* das eine Unterstützung der Wärmepumpe. Oder auch gewisse Sanierungsaufgaben der LRV können so interpretiert werden. Andererseits gibt es Kantone, die die finanzielle direkte Förderung von Wärmepumpen daran knüpfen, dass bestimmte Wärmepumpentypen *nicht* installiert werden. Oder es gibt Einschränkungen bei den Erdsonden: Nicht überall ist es erlaubt, Erdsonden abzuteufen.

Grundannahmen für die Referenzentwicklung: Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass solche Vorschriften die Wärmepumpe auch in der Zukunft nicht behindern, sondern tendenziell fördern.



3.10 Hemmnisse

Die bis anhin genannten Einflussfaktoren wirken alle zugunsten der Wärmepumpe. Es gibt aber auch Einflüsse, die der Wärmepumpen entgegenstehen oder entgegenstehen könnten. Diese bilden dann auch mögliche Ansatzpunkte für *zusätzliche* (direkte oder indirekte) Massnahmen. Wir greifen einige spezielle Hemmnisfaktoren heraus – einige wurden ja punktuell schon erwähnt.

- (1) Auch wenn im Neubaubereich (mindestens bei kleineren Objekten) die Wärmepumpe im Sinne der Jahreskosten im Vergleich zu andern Heizsystemen wirtschaftlich ist, ergibt sich ein deutliches Hindernis über die klar grösseren Investitionskosten. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn das Nutzer-Investor-Dilemma reinspielt. Der Investor – wenn nicht identisch mit dem Nutzer – minimiert die Investitionskosten. Je grösser die Anlage ist, desto wirksamer wird dieser Effekt.
- (2) Obwohl die Wärmepumpe "boomt", eine wirklich etablierte Technologie stellt sie in der Wahrnehmung vieler Fachleute und auch beim grossen Publikum (noch) nicht dar. So wäre beispielsweise denkbar, dass eine unsachgemässe Planung und / oder Ausführung einer Wärmepumpenanlage die nicht luftbezogenen Wärmequellen übernutzt und diese allmählich auskühlen. Als Einzelfall würde dies wohl kein Problem darstellen, aber eine etwas grössere und von der breiten Öffentlichkeit wahrgenommene Häufung solcher Fälle, könnte zu empfindlichen Marktanteilsverlusten führen. Vor allem auch im für schweizerische Verhältnisse noch sehr neuen Anwendungsbereich der Kühlung darf die Gefahr der Signalwirkung von schlechten Beispielen (etwa in Bezug auf Kondensationsschäden) nicht ausser Acht gelassen werden.
- (3) Der Ersatz einer Heizanlage durch eine Wärmepumpe stellt grundsätzlich ein sehr grosses Potenzial dar. Aber gerade hier besteht an sich eine starke Tendenz, *keinen* Systemwechsel vorzunehmen oder ins Auge zu fassen. Dies vor allem dann, wenn die alte Anlage während des Betriebes ausgefallen ist und sofort ein Ersatz benötigt wird. Oder weil die bisherigen Betriebserfahrungen einen Systemwechsel nicht nahe legen oder die Transaktionskosten (monetäre und andere) und nicht nur die eigentlichen Investitionskosten zu hoch werden. Weiteres zu den speziellen Hemmnissen bei der "Sanierung" folgt in Abschnitt 3.11.
- (4) Zusammenhängend mit dem vorigen Punkt ist ein grundsätzlicher Informationsmangel von Bedeutung. Längst nicht alle Beteiligte an einem Prozess, der zur Installation einer Wärmepumpe führen könnte (vor allem in so genannten "Sanierungsfall"), verfügen über die notwendigen Informationen, Kenntnisse oder Fertigkeiten.
- (5) Auch wenn (fast) alle Heizsysteme Elektrizität als Hilfsenergie benötigen, ist der Elektrizitätsinput bei der elektrisch betriebenen Wärmepumpe *mehr als bloss* Hilfsenergie. Sie stellt *den* zentralen Inputenergieträger dar, den man bei Ausfall nicht mit einem einfachen Zusatzaggregat überbrücken könnte – vor allem nicht bei grösseren Anlagen, was für risikoaverse Konsumenten möglicherweise nicht annehmbar ist.
- (6) Gewisse Vorbehalte gegenüber der Wärmepumpe ergeben sich auch daraus, dass die *zusätzlich* benötigte Elektrizität ja auch erzeugt werden muss – in der Schweiz kommen als *zusätzliche* Produktionskapazitäten eigentlich nur Kernkraftwerke, gasbetriebene Kraftwerke oder der dezentrale Ausbau über fossil-thermische Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Frage.⁹ Sofern die zusätzliche Elektrizität aus Kernkraftwerken stammen würde, wäre deren Produktion zwar weitgehend klimaneutral aber mit dem Risiko von (wenn auch sehr unwahrscheinlichen) Grossunfällen

⁹ Auch in den ersten beiden Fällen ist natürlich eine Wärmeauskopplung möglich; sie wäre aber *zentral*, was bedeuten würde, dass damit entweder ganze Fernwärmenetze betrieben oder in der Nähe liegende Grossabnehmer beliefert würden.



verkoppelt. Wenn die zusätzliche Elektrizität fossil-thermisch erzeugt wird, dann gibt es zwar dieses Risiko nicht; es ist aber nicht automatisch gesichert, dass die gesamte Kette vom fossilen Kraftwerks-Input zum thermischen Wärmepumpen-Output CO₂-mässig "sinnvoll" ist.¹⁰

3.11 Exkurs: Hemmnisse beim Sanieren

Bei neuen Ein- und Zweifamilienhäusern ist die Wärmepumpe zum Standard geworden. Anders sieht es auf dem Sanierungsmarkt aus, obwohl die Potenziale gross wären. Zwar hat der Sanierungsmarkt ebenfalls etwas angezogen (vgl. Kapitel 3), aber der "Boom" ist noch klar ausstehend¹¹. Da im EOS-Förderprogramm der Ersatz von andern Heizsystemen durch Wärmepumpen eine wichtige Rolle spielt, haben wir versucht, den Hemmnissen etwas genauer nachzuspüren: Was sind die grössten Hinderungsgründe, für den Einsatz von Wärmepumpen im Sanierungsmarkt? Welches sind die Entscheidungskriterien? Was könnte man zur Förderung der Wärmepumpen in diesem Markt unternehmen? Zur Beantwortung dieser Frage haben wir bei verschiedenen Marktakteuren etwas nachgehakt. Wir haben mit Heizungstechnikern, Energieberatern und Bauherren gesprochen. Natürlich erhebt die Auswahl der Gesprächspartner nicht den Anspruch, irgendwelchen Repräsentativitätskriterien zu genügen.¹² Wir glauben aber dennoch, aus den Gesprächen ein paar relevante Muster herausdestillieren zu können.

Die Meinung der *Heizungstechniker* lässt sich etwa wie folgt zusammenfassen:

- Keine Probleme scheint es beim Bekanntheitsgrad der Wärmepumpen zu geben. Praktisch jeder Bauherr, der seine Heizung sanieren möchte, erkundigt sich offenbar nach den Möglichkeiten, zu einer Wärmepumpe zu wechseln.
- Ein grösseres Problem scheint hingegen bei den Heizungsmonteuren zu liegen. Diese profitieren mehr und einfacher vom Einbau einer neuen Öl- bzw. Gasheizung als von der Umstellung auf eine Wärmepumpe: Ersteres ist mit wesentlich kleinerem Aufwand verbunden und das Resultat ist erst noch ohne Risiko garantiert. Ein Systemwechsel erfordert eine eingehendere Planung und ist immer ein kleines Wagnis.
- Aber auch technische Probleme können gegen eine Wärmepumpe sprechen, so die tiefen Vorlauftemperaturen. Diese bieten in Häusern ohne Bodenheizung meist nicht genügend Leistung. Doch je nach Installationsjahr der Heizkörper kann die Heizleistung auch ohne Bodenheizung ausreichen, da früher die Heizkörper überdimensioniert worden sind. Zusätzlich kann die Möglichkeit bestehen, zusätzliche Heizkörper einzubauen um so die Heizfläche (genügend) zu vergrössern.
- Stark betont wurde die Notwendigkeit einer guten Isolation des Hauses, so dass mit der Sanierung nicht nur das Heizungssystem gemeint ist, sondern vor allem auch die Bauhülle. Damit kann die Heizung kleiner dimensioniert werden; die gesamte Investitionssumme nimmt aber zu.
- Die grösste Hemmschwelle bei dem Entscheid für oder gegen eine Wärmepumpe bei einer Sanierung ist eindeutig der Preis. Im Gegensatz zum Neubau, bei dem die Wärmepumpe in einer Vollkostenrechnung mit einer Ölheizung konkurrieren kann, entstehen bei der Umstellung des Heizungssystems in einem bestehenden Bau meist erhebliche Mehrkosten, so durch die notwendigen baulichen Massnahmen, den Austausch von Teilen des Rohrsystems und weiteren Anpas-

¹⁰ Vor allem dann nicht, wenn die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe nicht deutlich über 2 liegt.

¹¹ Im Gegenteil: in der Prognose gehen wir ja im Sinne einer Referenz von einer baldigen Sättigung aus.

¹² Die ursprünglich vorgesehene, aber vom Auftraggeber mindestens vorläufig nicht gewünschte Bauherrenbefragung hätte dies aber leisten können.



sungen, aber auch durch die Entsorgungs- und Reinigungskosten der alten Heizung (Kessel, Tank, Kamin, etc.).

- Ein Hindernis wird auch in der Lärmbelastung durch eine aussen aufgestellte Luft/Wasser Wärmepumpe gesehen, bei der die baulichen Massnahmen wegfallen würden.

Was könnte man tun? Die Antworten lassen sich etwa wie folgt zusammenfassen:

- Das Hauptproblem der grossen Investitionskosten besteht und könnte nur über finanzielle Anreize (Subventionen, bessere Zinskonditionen, Bürgschaften, Steuererleichterungen) gemildert werden.
- Eventuell könnte die Entwicklung/Portierung von Wärmepumpentypen, die speziell auf den Sanierungsfall ausgerichtet sind, gewisse Fortschritte bringen.

Die Meinung der *kantonalen Energiefachstellen* wich nicht stark von derjenigen der Heizungstechniker ab:

- Ihr Fokus war aber grundsätzlich stärker auf die Sanierung der Bauhülle gerichtet, so dass bei Sanierungen für sie eine Gesamtbetrachtung der Energiebilanz wichtiger ist die Wahl des Heizsystems.
- Ebenfalls sehr betont wurde die finanzielle Mehrbelastung bei einer Wärmepumpeninstallation gegenüber einer konventionellen Lösung.
- Bemängelt wurde die oft lange Wartezeit bei Erdsondenbohrungen von bis zu sechs Monaten (was bei einer ungeplanten Sanierung für die Sole-Wasser-Wärmepumpe prohibitiv wirkt)¹³. Zudem sei es in einer "fertigen" Umgebung oft schwierig, einen optimalen Bohrplatz zu finden.
- Erwähnt wurden auch die technischen Probleme, die aus der Diskrepanz einer tiefen Vorlauftemperatur und den zur Verfügung stehenden Heizkörpergrössen entstehen.
- Im Sanierungsfall werde auch die angebotene Energieberatung viel zu wenig wahrgenommen, um wirklich alle Lösungsmöglichkeiten auszuloten.
- Auch werde von vielen potenziellen Bauherren die langfristige sehr unsichere Entwicklung des Elektrizitätsmarktes als ein negatives Kriterium aufgeführt und darauf basierend öfters der Holzheizung (auf dem Land), der kondensierenden Gasheizung und in Städten der Fernwärme der Vorzug gegeben.

Zum Abbau dieser Hemmnisse wurde ebenfalls eine finanzielle Unterstützung vorgeschlagen (wie oben), aber immer unter der Bedingung, dass *vorgängig die Bauhülle saniert worden sei*. Zudem wurde ein System angeregt, dass die Energieberatung im Sanierungsfall quasi "obligatorisch" macht, so dass keine technische und einigermaßen wirtschaftlich realisierbare Möglichkeit für eine Wärmepumpe übersehen würde. Angesichts der grossen Zahl von Sanierungsfällen ergäbe sich so trotz zum Teil grosser Hindernisse ein beachtliches brachliegendes Potenzial für die Wärmepumpe.

Private *Hausbesitzer* entscheiden sich im Sanierungsfall für eine Wärmepumpe, wenn sie eine starke ökologische Motivation haben und der Preis für sie alles in allen nicht so bedeutsam ist. Als wichtige (zum Teil gar günstigere) Alternative wird allerdings die Holzheizung genannt; auch werden durchaus gewisse Vorbehalte gegenüber dem Strommarkt und der mit der Wärmepumpe sich verstärkenden Abhängigkeit vom Strom vorgebracht. Wenn das Geld knapp ist, dann wird eher in die Bauhülle als in eine teure(re) Heizung investiert. Dies wird bei älteren Besitzern noch durch die Tatsache verstärkt,

¹³ Hierzu sind die Meinungen allerdings nicht einhellig. Das Problem scheint sich nach Aussagen der FWS zwischenzeitlich deutlich entschärft zu haben.



dass ihr persönlicher Zeithorizont nicht mit dem Zeithorizont einer grösseren Investition in die Heizungsanlage korrespondiert. Als grosses Hindernis gerade im Sanierungsfall wird auch die Dumont-praxis genannt, indem beim Kauf einer renovationsbedürftigen Liegenschaft die Investitionen in eine neue Heizung nicht automatisch oder nur bedingt steuerabzugsfähig sind (die genaue Rechtslage scheint von Kanton zu Kanton recht unterschiedlich zu sein).

Zur Überwindung der Hemmnisse wird neben der finanziellen Unterstützung unter anderem ein geeigneter "Wärmepumpen-Ökostrom" gefordert, der die angetönten Bedenken etwas lockern soll und auf Strompreisseite eine gewisse Sicherheit garantiert.

Zusammenfassend könnte man sagen, dass die Wärmepumpe auch im Sanierungsfall genügend bekannt ist, dass aber wohl nicht immer aller notwendigen Abklärungen durchgeführt werden und schliesslich die erforderlichen Mittel zur Durchführung einer energetisch vertretbaren Lösung in vielen Fällen einfach nicht vorhanden sind.

4 Referenzentwicklung

4.1 Methodisches

Unser quantitativer Ansatz basiert auf dem bestehenden, aber bis 2035 ausgedehnten Statistik-Tool für Wärmepumpen (vgl. z.B. Basics 2000). Dieses Tool erlaubt es, direkt aus den Absatzdaten über einen Kohortenalgorithmus auf Bestandsdaten zu schliessen (Anzahl Wärmepumpen im Betrieb, installierte elektrische Leistung, durchschnittliche Jahresarbeitszahl, erzeugte Umgebungswärme usw.). Dies ist möglich, weil im Tool Annahmen über die Lebensdauerverteilung der verschiedenen Wärmepumpentypen integriert sind. Mit andern Worten: Unsere Schätzung einer Referenzentwicklung basiert auf der Idee, die künftigen Absatzdaten in dem vom Statistik-Tool vorgegebenen, sehr detaillierten Raster zu schätzen, mit der Absicht, so auch etwaige Massnahmenwirkungen in der Differenzanalyse – etwa im Rahmen eines allfälligen Monitorings – ausweisen zu können.

Aus methodischer Sicht, aber auch aus der Sicht der Wärmepumpenförderung muss man für die Prognose des Gesamtabsatzes drei Absatzkomponenten unterscheiden:

- Zugang durch Neubau
- Zugang durch "Sanierung" (Ersatz eines anderen Heizsystems durch eine Wärmepumpe)
- Ersatz von defekten, nicht mehr gebrauchsfähigen Wärmepumpen durch neue Wärmepumpen

Etwas salopp kann man damit schreiben:

$$\textit{Absatz} = \textit{Neubau} + \textit{Sanierung} + \textit{Ersatz} \quad (1)$$

Neubau und Sanierung können grundsätzlich unabhängig voneinander, aber natürlich passend zu den baulichen und energiewirtschaftlichen Rahmenentwicklungen geschätzt werden.¹⁴ Anders der Ersatz. Wird eine Wärmepumpe, die nicht mehr funktioniert, wieder durch eine Wärmepumpe ersetzt? Oder kann man davon ausgehen, dass eine in einem Industriebetrieb eingesetzte Wärmepumpe im Rahmen einer Abwärmenutzungsanlage nach Erreichen der Lebensdauer wieder durch eine Wärmepumpe ersetzt wird? Könnten nicht Produktionsumstrukturierungen und -verlagerungen die bisherige Wärmepumpe einfach überflüssig machen? Tatsächlich muss man davon ausgehen, dass eine Wärme-

¹⁴ Natürlich sind noch weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3).



pumpe, wenn sie im rechnerischen Durchschnitt aller Wärmepumpen des gleichen Typs "ausfällt", d.h. das Ende ihrer Lebensdauer erreicht, *nicht* zwingend ersetzt wird.

Welcher Anteil der Wärmepumpen tatsächlich nicht ersetzt wird, ist statistisch nicht erfasst und damit weitgehend unbekannt. In einer von Basics 1999 durchgeführten Umfrage bei privaten Wärmepumpenbesitzern im Leistungsbereich bis etwa 50 kW ergab sich ein Anteil von rund 3% (Basics 2000). Im Rahmen einer ebenfalls von uns selbst im Jahr 2002 nochmals durchgeführten Erhebung zu Grosswärmepumpen (ab 200 kW elektrischer Leistung bzw. ab 500 kW thermischer Leistung, vgl. Basics 2002) ergab sich ein Anteil von rund einem Drittel aller Wärmepumpen, die aus ganz unterschiedlichen Gründen installiert und betrieben und dann nach einigen Jahren nicht mehr betrieben oder nicht mehr durch neue Wärmepumpen ersetzt wurden.

Auch wenn sich diese Aussage nur auf ein Sample von rund 50 Grosswärmepumpen bezieht und unklar ist, in welchem Umfang man dieses Resultat auf etwas kleinere (aber immer noch grosse) Wärmepumpenleistungen übertragen kann (vor allem natürlich in der prognostischen Extrapolation), scheint der Schluss vertretbar, dass eine Wärmepumpe am Ende ihrer (rechnerischen) Lebensdauer nicht automatisch durch eine andere ersetzt wird. Dass durch die klimapolitischen Gegebenheiten der Druck heute und vor allem in der Zukunft zunimmt, Wärmepumpen-Anlagen über die Lebensdauer der Wärmepumpen hinaus weiter zu betreiben, ist klar – wenn es denn die betrieblichen Voraussetzungen erlauben. Im Sinne eines Expertenguesses gehen wir deshalb davon aus, dass *grundsätzlich* auch für die grossen Wärmepumpen in der Zukunft gilt, dass im Durchschnitt 97% wieder durch Wärmepumpen ersetzt werden. Allerdings mussten wir bei einigen Kategorien für die *Interpretation der Vergangenheitsentwicklung* z.T. bestimmte Ad-hoc-Annahmen treffen, insbesondere in Bezug auf die grösseren Luft-Wasser-Wärmepumpen. Diese scheinen aufgrund der Absatzzahlen eher selten durch Wärmepumpen des gleichen Typs und der gleichen Leistungskategorie ersetzt zu werden. Speziell bei den früher in der Statistik ausgewiesenen WRG-Wärmepumpen tritt dieses Problem sehr stark auf, so dass wir hier eine Wiederersatzrate von bloß 30% annehmen mussten.¹⁵

Damit ist der Ersatz in Formel (1) mit dem Statistik-Tool *anzahlmässig* bestimmt. Denn mit dem Statistiktool ergibt sich nach Wärmepumpen differenziert, wie viele Wärmepumpen in einem Jahr (immer im statistischen Durchschnitt eines Typs) "ausfallen" bzw. das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben. Wird dieser Ausfall mit einer effektiven typabhängigen "Wiederersatzrate" a multipliziert, so folgt:

$$\text{Ersatz} = a \cdot \text{Ausfall} \quad (2)$$

Allerdings muss die Frage noch geklärt werden, durch welche Typen eine Wärmepumpe ersetzt wird. Präziser: Wird eine "ausfallende" Wärmepumpe durch eine typ- und leistungsmässig genau gleiche Wärmepumpe ersetzt oder nicht? Unsere Annahmen:

Bei den kleinen Leistungen wird der Typ nicht verändert, aber mit den energetischen Fortschritten (vor allem bei der Bauhülle) wird der notwendige Leistungsbedarf reduziert. Dies bedeutet, dass der Wiederersatz einen Trend zu kleineren Wärmepumpen beinhaltet (vgl. Kapitel 3) und zusätzlich die Laufzeiten reduziert werden.¹⁶ Bei den grösseren Wärmepumpen wird typen- und leistungsgleich ersetzt mit Ausnahme der Luft-Wasser-Wärmepumpen, die durch andere Typen ersetzt werden. Dies in der Annahme, dass solche Wärmepumpen für grosse Leistungen untypisch sind (in unserer Untersuchung zu Grosswärmepumpen haben wir keine einzige gefunden). Ein analoges Vorgehen gilt für die "toten" Kategorien im Statistik-Tool. Tote Kategorien sind solche, die heute nicht mehr erhoben werden (z.B.

¹⁵ Zu betonen ist dabei, dass sich durch diese Rechnungen an den alten Absatzzahlen nichts ändert, nur an deren Modellinterpretation.

¹⁶ Die Reduktion der Laufzeiten entspricht der Anpassung der entsprechenden Modell-Parameter im Statistik-Tool, die Umverteilung der Wärmepumpen zu tendenziell kleineren Leistungen funktioniert rein über eine entsprechende Anpassung der mutmasslichen Absatzbetreffnisse.



Wärmepumpen für die Wärmerückgewinnung oder Sammelkategorien, die einer feineren Erhebung gewichen sind¹⁷).

Ebenfalls nicht ersetzt werden Einzelraumwärmepumpen (2006 wie auch 2007 war der für diese Kategorie ausgewiesene Absatz exakt gleich null).

In der Kombination der Gleichungen (1) und (2) ergeben sich unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen damit die folgenden, mathematisch nun präziseren Formeln:

$$Absatz_i(t) = Neubau_i(t) + Sanierung_i(t) + \sum_{j=1}^{61} a_{ij}(t) Ersatz_j(t) \quad (3)$$

$$Ersatz_j(t) = Bestand_j(t-1) - Bestand_j(t) \quad (4)$$

Dabei bedeutet der Index i die im Statistik-Tool unterschiedenen Wärmepumpentypen und Leistungsstufen. Jede vorkommende bzw. früher verwandte Kombination entspricht genau einem bestimmten Indexwert " i ". Gesamthaft variiert i bzw. der Summationsindex j von 1 bis 61. t bezeichnet das Berichtsjahr. Der Ersatz für ein bestimmtes Jahr ergibt sich als Differenz von zwei Beständen.

$Bestand_j(t-1)$ ist jener Bestand des Typs " j ", der sich zum Jahr $t-1$ mit allen Absätzen für die Jahre $t-1, t-2, t-3 \dots$ ergibt. Dieser Bestand wird mit dem Statistik-Tool über den angedeuteten Kohortenansatz bestimmt. Hingegen ist $Bestand_j(t)$ jener Bestand des Typs " j " zum Jahr t , der sich aus den Absätzen für die Jahre $t-1, t-2, t-3 \dots$ ergibt, ohne den Absatz des Jahres t . Auch dieser Bestand ergibt sich aus dem Statistiktool. Weiter ist $a_{ij}(t)$ eine quadratische 61×61 -Matrix, die einerseits den Anteil der wiedereretzten Wärmepumpen definiert, aber auch die erwähnten Kategorienwechsel.¹⁸ Da das Ersatzregime wie oben skizziert in der Zeit nicht konstant ist, hängt diese Matrix von der Zeit t ab.

An dem durch die Formeln (3) und (4) gegebenen Bilanzierungsansatz ist noch hervorzuheben, dass ein "Modellrun" einem *iterativen Vorgehen* entspricht¹⁹:

Wenn man pro Wärmepumpenkategorie und Leistungsgrößen die resultierenden Absatzdaten für die Jahre $t-1, t-2, t-3 \dots$ kennt (eine Differenzierung nach Neubau, Sanierung und effektivem Ersatz ist *hierfür* nicht verlangt), kann man die Bestände $Bestand_j(t-1)$ und $Bestand_j(t)$ mit dem Statistik-Tool ausrechnen und erhält den "Bruttoersatz":

$$Ersatz_j(t) = Bestand_j(t-1) - \overline{Bestand}_j(t)$$

Durch Multiplikation mit der Matrix $a_{ij}(t)$ erhält man schliesslich jenen Teil des Absatzes der Wärmepumpe vom Typ " i ", der sich selbst und andere Typen ersetzt (deshalb die Summe):

$$\sum_{j=1}^{61} a_{ij}(t) Ersatz_j(t)$$

Zusammen mit den *exogen* geschätzten Absätzen für Neubau und Sanierung folgt mit der Formel (3) der resultierende Absatz des Jahres t .

Zusammenfassend: Die Absätze für Neubau und Sanierung sind Resultat *exogener* Überlegungen und können damit auch leicht separat dargestellt werden (vgl. Abschnitt 4.3), der effektive Wiederer-

¹⁷ So wurde ab 1999 die Kategorie thermische Leistung < 20 kW durch drei Kategorien abgelöst: unter 5kW, 5kW bis unter 10 kW, 10 kW bis unter 20 kW.

¹⁸ Der Kategorienwechsel wird durch die ausserdiagonalen Elemente der Matrix a beschrieben.

¹⁹ Dabei ist zu betonen, dass im Statistikkontext keine Iteration benötigt wird. Denn kennt man *exogen* die Absatzdaten, kann man diese einfach eingeben und es folgen sämtliche Bestandsdaten aufs Mal. Dies ist möglich, weil keine Annahmen über Ersatz etc. notwendig sind.



satz ist ein *endogener* Mechanismus und benötigt als *exogenen* Input im Wesentlichen die Matrix $a_{ji}(t)$.²⁰

In Ergänzung zum Gesagten soll hier noch auf ein modelltechnisches Problem eingegangen werden, das sich daraus ergibt, dass die Absatzdaten für die Jahre bis und mit 2007 als *statistische Vorgabe* übernommen werden. Dies bedeutet zweierlei. Zum einen müssen diese Daten aus statischer Sicht als *eine* Realisation eines Zufallsprozesses angesehen werden, also intrinsische Zufälligkeiten aufweisen. Oder anders gesagt, im Einzelnen könnten diese Daten in einem bestimmten Umfang auch anders sein (wenn sich z.B. Herr Huber in Adorf 2005 anders entschieden hätte). Zum zweiten ergibt sich aus der Analyse der Absatzdaten die Einsicht, dass bei einigen Kategorien offenbar kleine Zuordnungsfehler im Spiel sind. Das modelltechnische Problem ergibt sich nun dadurch, dass *jede* Modellbildung eine Durchschnittsorientierung beinhaltet.²¹ Die Modellbildung bezieht sich dabei nicht nur auf die Zukunft, sondern zum Teil auch auf die Vergangenheit, wenn man etwa den Neubauanteil der Wärmepumpen ausweisen möchte oder nur schon eine Verteilung der Lebensdauern annimmt. Durch die Kombination von solchen durchschnittsorientierten Modellüberlegungen und effektiven Daten können bei kleinen Datenwerten bei bestimmten Differenzüberlegungen Vorzeichenprobleme auftreten. Da diese quantitativ aber nicht von Bedeutung sind, haben wir diese nicht eliminiert, sondern einfach stehen lassen.

Schliesslich noch ein Wort zur Nachvollziehbarkeit der hier gegebenen Resultate. Wie oben erläutert wurde, besteht das "Zentrum" der Prognose in der Vorausschätzung der Absatzentwicklung differenziert nach verschiedenen Wärmepumpentypen und Leistungskategorien. Angesichts der Komplexität der hierfür durchgeführten Überlegungen und Rechnungen können hier im Wesentlichen nur die Resultate referiert werden. Der detaillierte Nachvollzug aller Rechnungen würde den Rahmen des vorliegenden Dokumentes bei weitem sprengen.

²⁰ In der Realisierung dieser Rechnungen in Excel wird diese Matrix aber nicht explizit gemacht, sondern entlang einem inhaltlichen Raisonement implizite definiert.

²¹ Gewisserweise ist das ja auch der Witz der Modellbildung. Mit "Durchschnittsorientierung" ist im Übrigen hier auch gemeint, dass das Modell beim je gleichen Input immer das gleiche Resultat liefert, das Modell also deterministisch funktioniert. Man könnte aber ohne weiteres auch ein Modell kreieren, welches dem intrinsischen Zufall genauso etwas Raum lässt wie die effektiven Daten. Dies würde bedeuten, dass bei gleichen Inputdaten bei jedem Modellrun leicht unterschiedliche Resultate entstehen würden. Selbstredend wäre dies ziemlich gewöhnungsbedürftig, würde aber jedem Rezipienten einer Studie der vorliegenden Art die Bedeutung der intrinsischen Zufälligkeiten des statistischen Inputs klar machen ...



4.2 Rahmenentwicklung

Eine Referenzentwicklung schätzen (festlegen – je nach Optik) bedeutet, sich über die *künftige* Entwicklung einer Vielzahl von Parametern Gedanken machen zu müssen. In Kapitel 3 über die Einflussfaktoren wurden denn auch einige wichtige dieser Parameter besprochen. Hier sollen die für die Prognose wichtigen Rahmendaten kurz dargestellt werden.

Wichtigste Determinanten für die langfristige Zukunftsschau sind die Entwicklung der Bevölkerung und des Wirtschaftswachstums. Wir stützen uns in unserer Referenzprognose dabei auf die gerade beendeten Arbeiten zu den Energieperspektiven des Bundes (BFE 2007b). Für unsere Überlegungen basieren wir dabei wesentlich auf dem Szenario II "Verstärkte Zusammenarbeit", welches von einer CO₂-Abgabe auf den Brennstoffen und einer etwas intensivierten Energiepolitik gegenüber dem Referenzszenario ausgeht. Um Statistik-Brüche zu vermeiden, wurden soweit nötig und sinnvoll die Szenario-Resultate am aktuellen Rand verlinkt und proportionalisiert weiter geschrieben.

Abbildung 4-1 zeigt in Indexform die angenommene Bevölkerungsentwicklung sowie zwei Varianten des Wirtschaftswachstums. Die Zahl der Haushalte ist deshalb von Bedeutung, als sie die Zahl der Wohnungen (und damit indirekt der Gebäude) bestimmt. Was die Wirtschaftsentwicklung betrifft, so entsprechen beide Varianten einem eher bescheidenen Wachstum, für die Trendvariante wird im Zeitraum 2008 bis 2035 ein durchschnittliches Wachstum von 0.9% p.a. angenommen, für die Hochvariante ein solches von 1.4% p.a. Auch die Bevölkerungsprognose ist eher "vorsichtig" angesetzt; die aktuelle Entwicklung zeigt deutlich mehr Dynamik. Abbildung 4-2 veranschaulicht die aus den Rahmendaten abgeleitete Entwicklung der Energiebezugsflächen. Bei der Industrie sind dabei nur die effektiv beheizten Flächen eingerechnet; nicht beheizte Flächen und so genannte Industriebrachen sind nicht enthalten. Die Energiebezugsflächen nehmen zwar noch deutlich zu, die Nettozugänge aber ab – von aktuell rund 8 Mio m² auf rund 5 Mio m² im Jahr 2035

Abb. 4-1: Bevölkerung- und Wirtschaftsentwicklung (Index, 1990 = 100; Quellen: Prognos, Ecomplan, Basics)

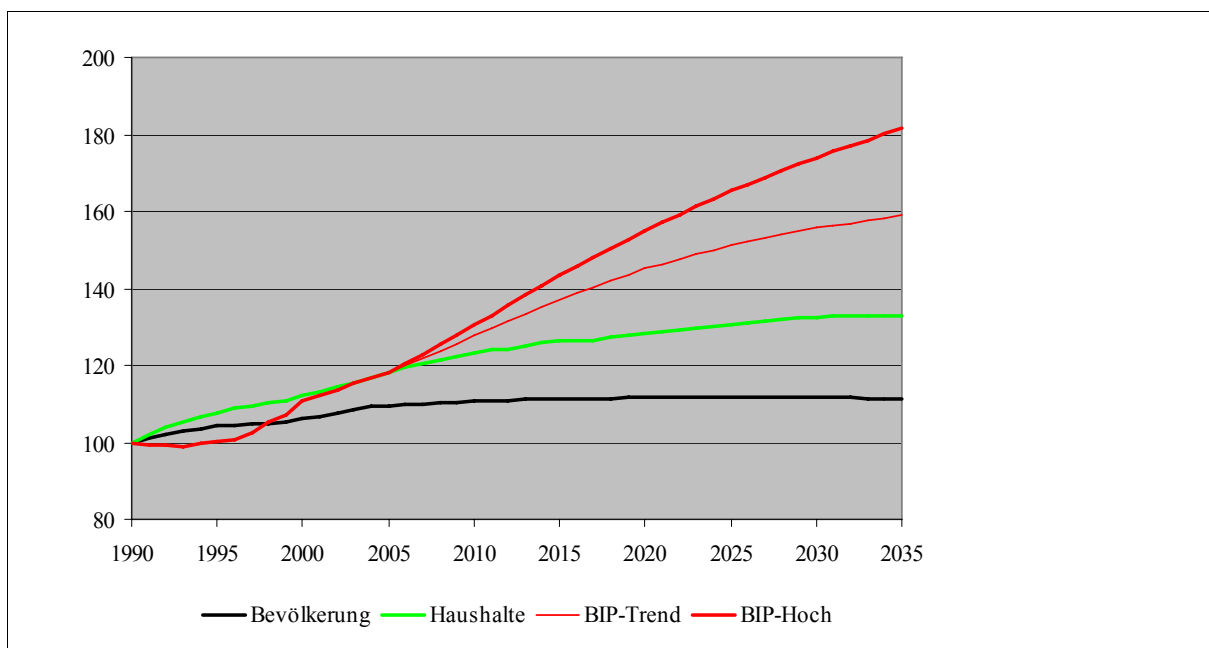
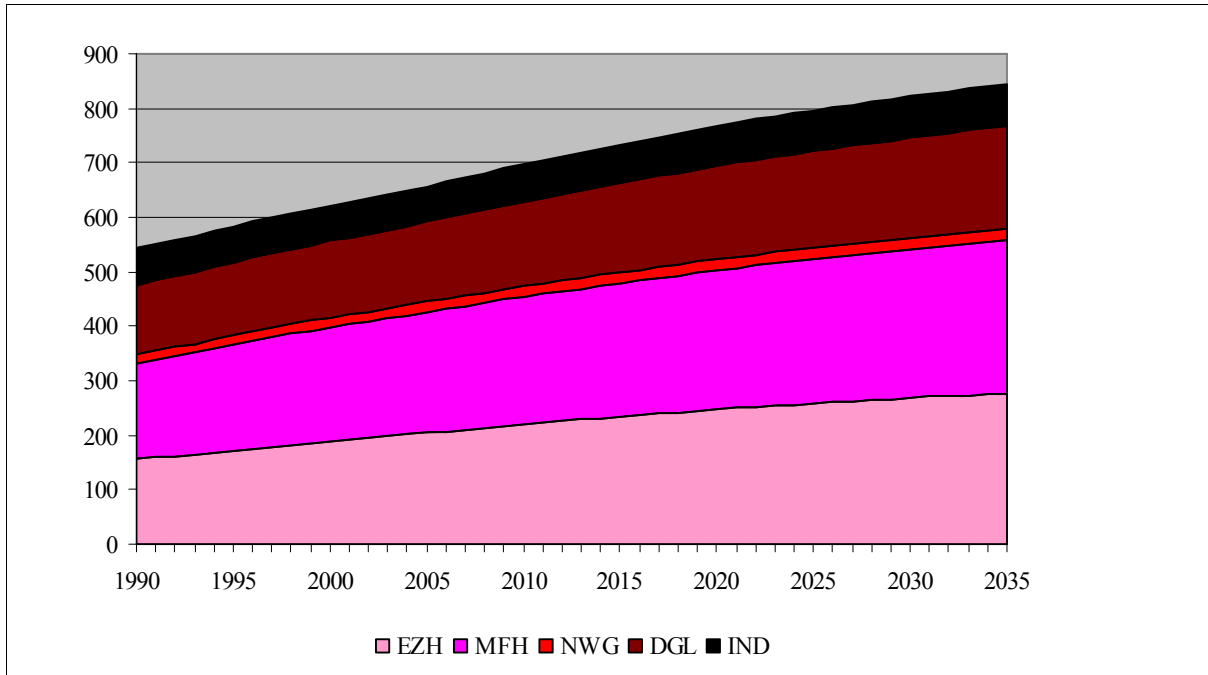




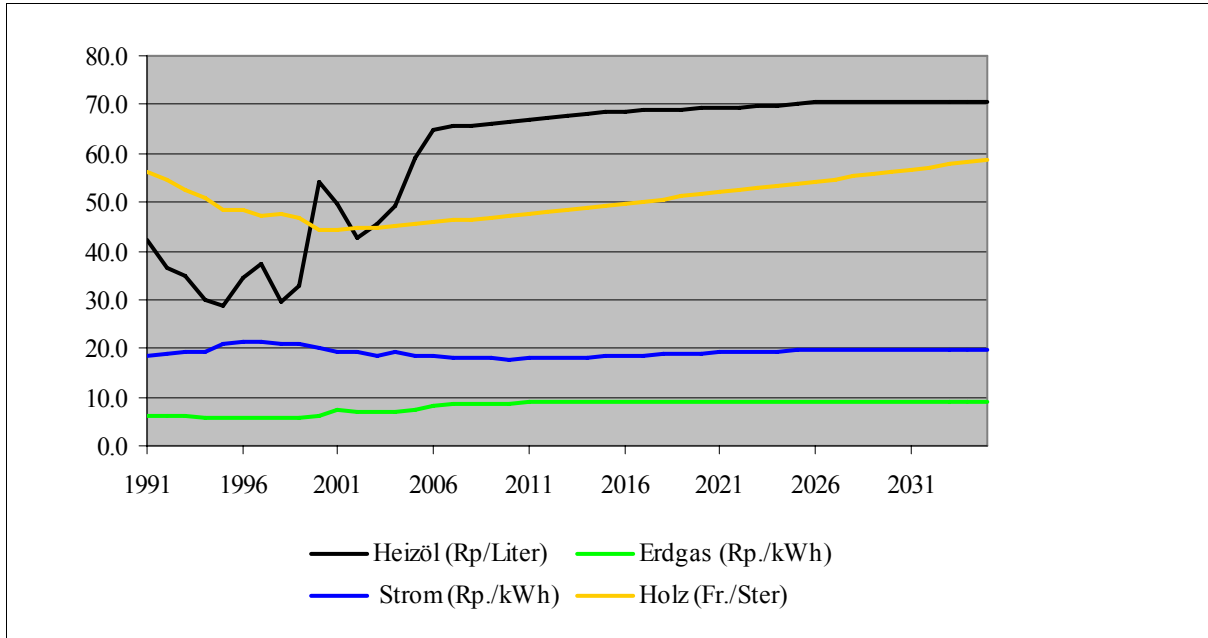
Abb. 4-2: Entwicklung der Energiebezugsflächen (in Mio m²; EZH = Ein- und Zweifamilienhäuser, MFH = Mehrfamilienhäuser, NWG = Nichtwohngebäude, DGL = Dienstleistungen und Gewerbe, IND = Industrie [effektiv beheizte Flächen]; Quellen: Wüest & Partner, Prognos, CEPE, Basics)



Die unterstellten Energiepreise entsprechen der Preisvariante "Hoch", welche von einem langfristigen Preisniveau für Erdöl von 50 Dollar je Barrel ausgeht. Legt man diese Annahme auf die übrigen Energiepreise unter Berücksichtigung der schweizerischen Verhältnisse um, dann ergibt sich unter Einbezug der CO₂-Abgabe bis 2035 der in Abbildung 4-3 dargestellte Verlauf. Wichtig ist dabei, dass das Heizöl tatsächlich auf einem Niveau von rund 70 Rp. pro Liter verharrt, so dass die in Kapitel 3 dargestellten Kostenüberlegungen auch längerfristig Gültigkeit haben. Hervorzuheben ist dabei umgekehrt auch, dass die Stromkosten als praktisch konstant angesehen werden, dass also z.B. keine Internalisierung von CO₂-Emissionen (etwa gemäss dem UCPTM-Mix) unterstellt wird.



Abb.4.3: Angenommener Verlauf der realen Energiepreise gemäss Energieszenarien des Bundes (Preisvariante Hoch, Quelle: Prognos, Umrechnungen: Basics)



4.3 Referenzentwicklung

Die Referenzentwicklung bezieht sich grundsätzlich auf den *Absatz* der Wärmepumpen, welcher nach verschiedenen Kriterien differenzierbar ist. Wie weiter oben erläutert wurde, setzt sich der Gesamtabatz zusammen aus dem Zugang bei Neubauten, der Sanierung (Ersatz eines andern Heizsystems durch eine Wärmepumpe) und dem Ersatz (eine Wärmepumpe wird durch eine andere ersetzt). Diese drei Komponenten bilden nicht nur die Basis für die Prognose, sondern stellen gleichzeitig ein einfaches Monitoringsystem dar: Jede abgesetzte Wärmepumpe wird bei der Statistikerhebung einer dieser drei Kategorien zugeordnet, ev. ergänzt mit weiteren Informationen (um z.B. die Adressierung der vermiedenen CO₂-Emissionen eindeutig zu machen, vgl. auch Kapitel 5).²²

Der absolut dominierende Teil des Absatzes geht in den Neubau und hier in den Wohnungsbereich. Abbildung 4-4 zeigen die in Anlehnung an die Perspektivrechnungen unterstellten Durchdringungsraten, einerseits für Ein- und Zweifamilienhäuser, andererseits für Mehrfamilienhäuser. In beiden Fällen wird dabei davon ausgegangen, dass die heute erreichten Raten ohne zusätzliche Förderung etwa dem Maximum entsprechen und für die Zukunft tendenziell abnehmen.

²² Schon heute wird bei der Erhebung der Absatzdaten nach diesen drei Kategorien differenziert. Allerdings müsste das bestehende Erhebungsformular etwas verbessert werden, um die schon erwähnten Zuordnungsfehler zu minimieren.



Abb. 4-4: Durchdringungsraten der Wärmepumpen im Wohnbereich (Annahmen in Anlehnung an die Perspektivrechnungen des Bundes, Quellen: Basics, Prognos)

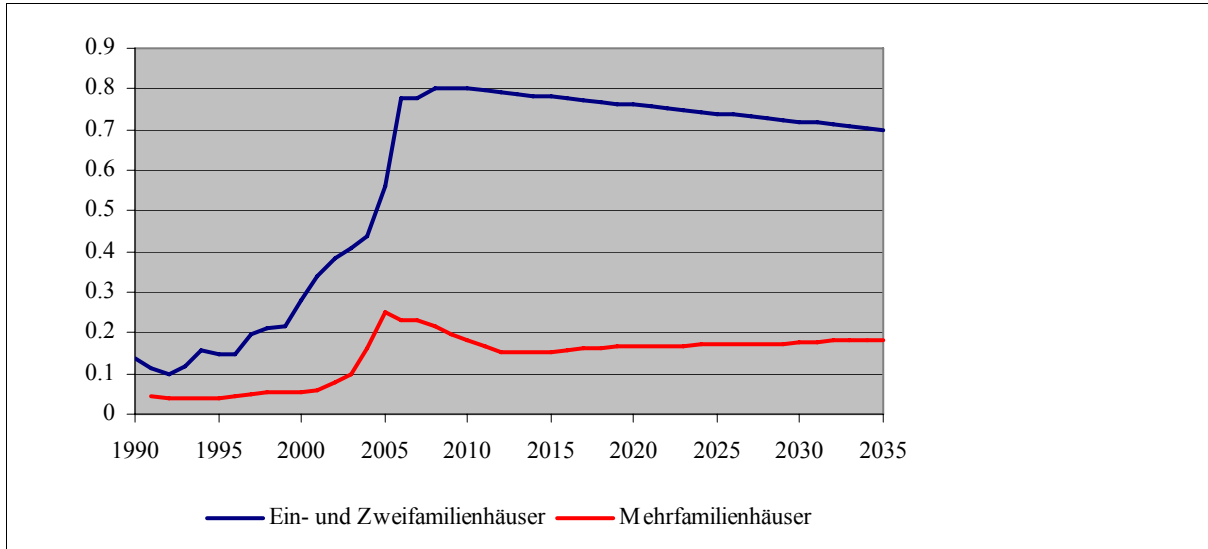
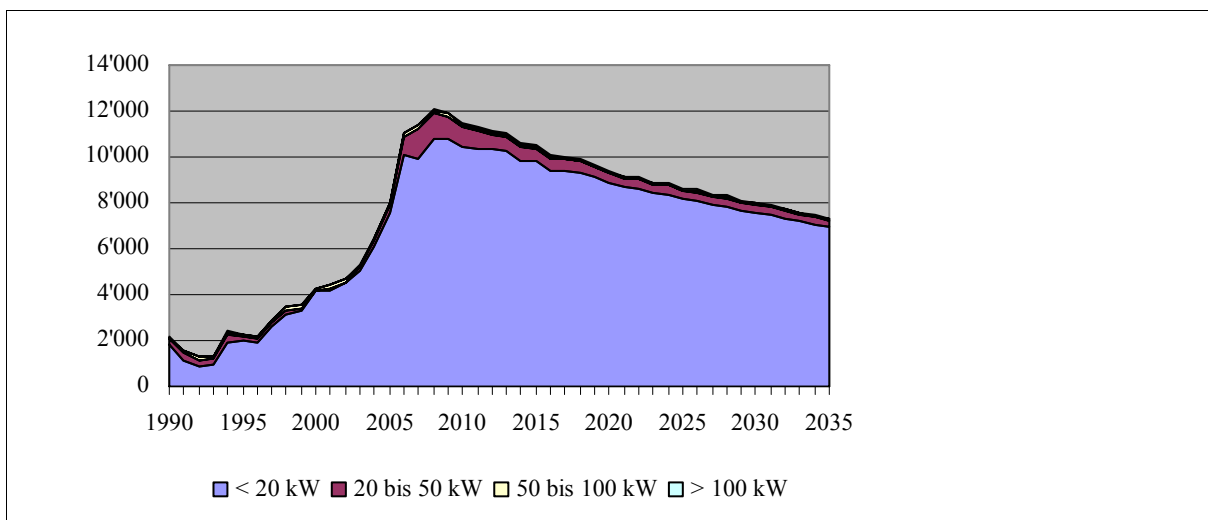


Abbildung 4-5 zeigt jenen Teil der Absatzentwicklung, der sich gesamthaft aus dem Neubau in der Referenz ergibt. Tabelle 4-6 liefert die entsprechenden Daten (ab 2005).

Abbildung 4-7 zeigt die prognostizierte Referenzentwicklung im Sanierungsmarkt. Sie ist Resultat einer konservativen logistischen Vorausschätzung, in dem einerseits die im Exkurs angesprochenen Hemmnisse ernst genommen werden, andererseits – ohne zusätzliche Förderanstrengungen eine relativ tiefe Sättigungsgrenze angenommen wird (je nach Wärmepumpentyp und Leistung etwas unterschiedlich). Tabelle 4-8 zeigt die zugehörigen Daten (ab 2005).

Abb. 4-5: Wärmepumpenabsatz im Neubau differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)

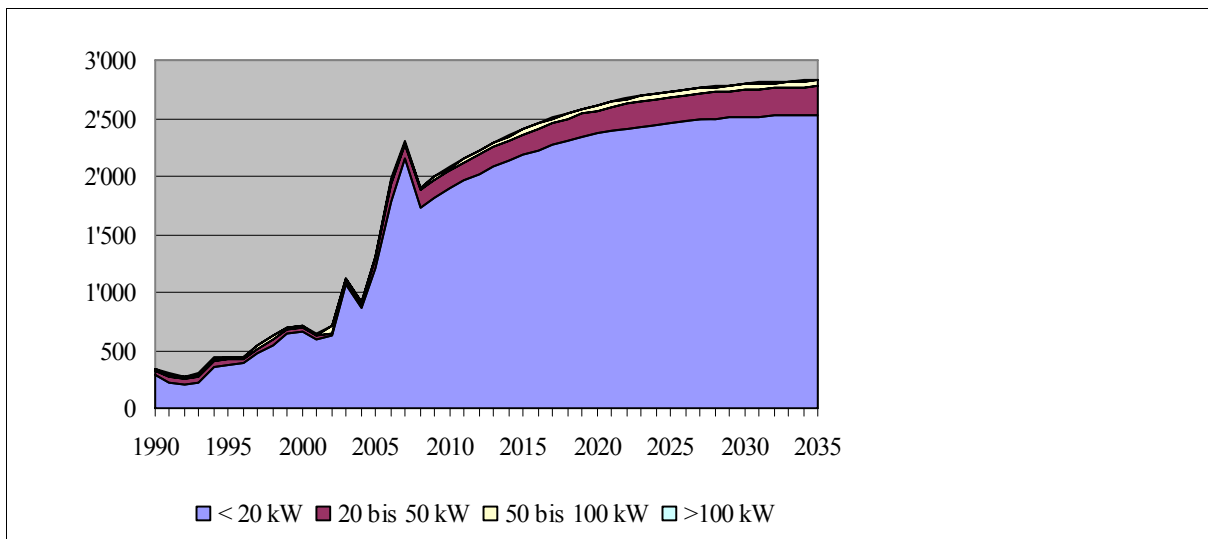




Tab. 4-6: Wärmepumpenabsatz im Neubau differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)

| | < 20 kW | 20 bis 50 kW | 50 bis 100 kW | > 100 kW | Total |
|------|---------|--------------|---------------|----------|-------|
| 2005 | 7559 | 354 | 66 | 62 | 8041 |
| 2006 | 10102 | 740 | 159 | 51 | 11052 |
| 2007 | 9956 | 1265 | 162 | 48 | 11431 |
| 2008 | 10773 | 1116 | 143 | 37 | 12069 |
| 2009 | 10773 | 1002 | 128 | 39 | 11943 |
| 2010 | 10414 | 893 | 114 | 42 | 11463 |
| 2011 | 10362 | 778 | 99 | 44 | 11284 |
| 2012 | 10310 | 670 | 86 | 47 | 11112 |
| 2013 | 10258 | 642 | 82 | 49 | 11030 |
| 2014 | 9854 | 613 | 78 | 51 | 10596 |
| 2015 | 9804 | 582 | 74 | 53 | 10513 |
| 2016 | 9405 | 537 | 68 | 54 | 10065 |
| 2017 | 9357 | 531 | 68 | 56 | 10011 |
| 2018 | 9308 | 486 | 62 | 57 | 9913 |
| 2019 | 9088 | 456 | 58 | 58 | 9660 |
| 2020 | 8870 | 414 | 53 | 58 | 9395 |
| 2021 | 8654 | 399 | 51 | 58 | 9162 |
| 2022 | 8608 | 402 | 51 | 58 | 9119 |
| 2023 | 8395 | 387 | 49 | 58 | 8889 |
| 2024 | 8350 | 390 | 50 | 57 | 8846 |
| 2025 | 8139 | 375 | 48 | 56 | 8617 |
| 2030 | 7596 | 355 | 45 | 46 | 8043 |
| 2035 | 6914 | 318 | 41 | 34 | 7307 |

Abb. 4-7: Wärmepumpenabsatz in der Sanierung differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)



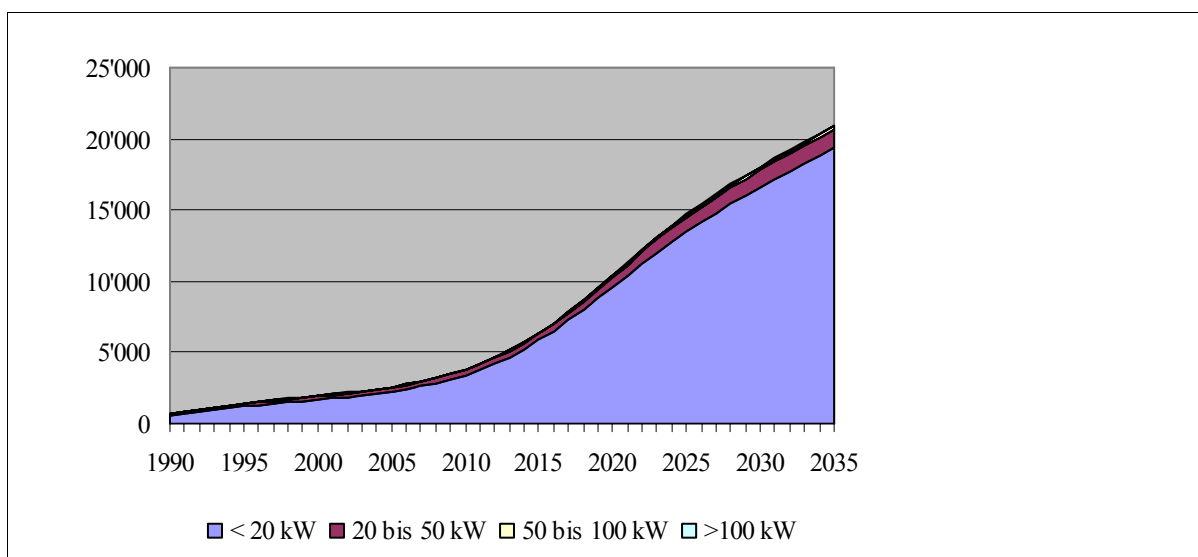


Tab. 4-8: Wärmepumpenabsatz in der Sanierung differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)

| | < 20 kW | 20 bis 50 kW | 50 bis 100 kW | > 100 kW | Total |
|------|---------|--------------|---------------|----------|-------|
| 2005 | 1195 | 94 | 9 | 3 | 1301 |
| 2006 | 1779 | 159 | 20 | 18 | 1976 |
| 2007 | 2149 | 122 | 13 | 19 | 2303 |
| 2008 | 1733 | 143 | 22 | 8 | 1906 |
| 2009 | 1821 | 148 | 25 | 8 | 2002 |
| 2010 | 1891 | 154 | 27 | 8 | 2080 |
| 2011 | 1958 | 159 | 29 | 8 | 2155 |
| 2012 | 2021 | 165 | 31 | 8 | 2225 |
| 2013 | 2080 | 170 | 33 | 8 | 2291 |
| 2014 | 2134 | 175 | 35 | 8 | 2352 |
| 2015 | 2183 | 180 | 37 | 8 | 2408 |
| 2016 | 2228 | 185 | 38 | 8 | 2459 |
| 2017 | 2268 | 189 | 40 | 8 | 2505 |
| 2018 | 2304 | 194 | 41 | 8 | 2547 |
| 2019 | 2336 | 198 | 42 | 8 | 2584 |
| 2020 | 2365 | 202 | 43 | 8 | 2617 |
| 2021 | 2390 | 205 | 44 | 8 | 2647 |
| 2022 | 2412 | 209 | 44 | 8 | 2673 |
| 2023 | 2431 | 212 | 45 | 8 | 2696 |
| 2024 | 2448 | 216 | 46 | 8 | 2717 |
| 2025 | 2462 | 219 | 46 | 8 | 2735 |
| 2030 | 2510 | 231 | 48 | 8 | 2797 |
| 2035 | 2533 | 240 | 48 | 8 | 2830 |

Schliesslich muss die langfristig bedeutsamste Absatzkomponente angesprochen werden: Sie betrifft den Ersatz von alten Wärmepumpen durch neue Wärmepumpen. Je grösser der Bestand ist, desto grösser wird auch dieses Geschäftsfeld. Abbildung 4-9 zeigt diesen Ersatzmarkt. Tatsächlich dienen gegen Ende des Betrachtungszeitraumes 2 von 3 abgesetzten Wärmepumpen dem Ersatz von alten Wärmepumpen. Tabelle 4-10 zeigt wiederum die zugehörigen Daten (ab 2005).

Abb. 4-9: Wärmepumpenabsatz im Ersatz differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)



Tab. 4-10: Wärmepumpenabsatz im Ersatz differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)



| | < 20 kW | 20 bis 50 kW | 50 bis 100 kW | > 100 kWr | Total |
|------|---------|--------------|---------------|-----------|-------|
| 2005 | 2264 | 285 | 35 | 10 | 2594 |
| 2006 | 2432 | 300 | 36 | 10 | 2778 |
| 2007 | 2627 | 313 | 38 | 10 | 2988 |
| 2008 | 2854 | 325 | 41 | 10 | 3230 |
| 2009 | 3119 | 336 | 43 | 10 | 3508 |
| 2010 | 3429 | 346 | 45 | 11 | 3831 |
| 2011 | 3793 | 356 | 48 | 12 | 4209 |
| 2012 | 4217 | 367 | 51 | 14 | 4649 |
| 2013 | 4704 | 383 | 54 | 16 | 5157 |
| 2014 | 5253 | 405 | 59 | 18 | 5735 |
| 2015 | 5863 | 434 | 64 | 21 | 6381 |
| 2016 | 6528 | 470 | 70 | 24 | 7092 |
| 2017 | 7244 | 515 | 77 | 27 | 7863 |
| 2018 | 8000 | 567 | 85 | 31 | 8683 |
| 2019 | 8786 | 626 | 93 | 34 | 9540 |
| 2020 | 9590 | 691 | 102 | 38 | 10422 |
| 2021 | 10399 | 759 | 111 | 42 | 11312 |
| 2022 | 11202 | 828 | 120 | 45 | 12195 |
| 2023 | 11986 | 895 | 129 | 49 | 13059 |
| 2024 | 12743 | 959 | 137 | 52 | 13891 |
| 2025 | 13468 | 1016 | 145 | 55 | 14684 |
| 2030 | 16610 | 1192 | 170 | 70 | 18041 |
| 2035 | 19411 | 1284 | 188 | 86 | 20970 |

Für den Gesamtabsatz ergibt sich schliesslich der in Abbildung 4-11 dargestellte Verlauf. Verglichen mit dem heutigen Niveau wird bis zum Jahr 2035 mit einer Verdopplung des Absatzes gerechnet.

Abb. 4-11: Gesamter Wärmepumpenabsatz differenziert nach Leistungen (Referenzentwicklung, Heizwärmepumpen, Quelle: Basics)

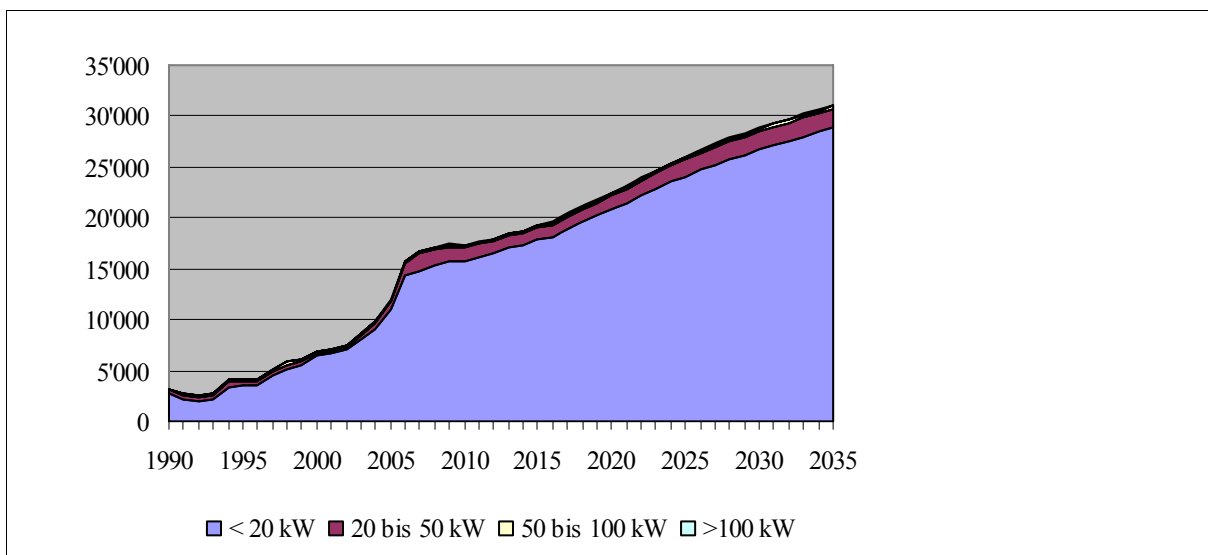
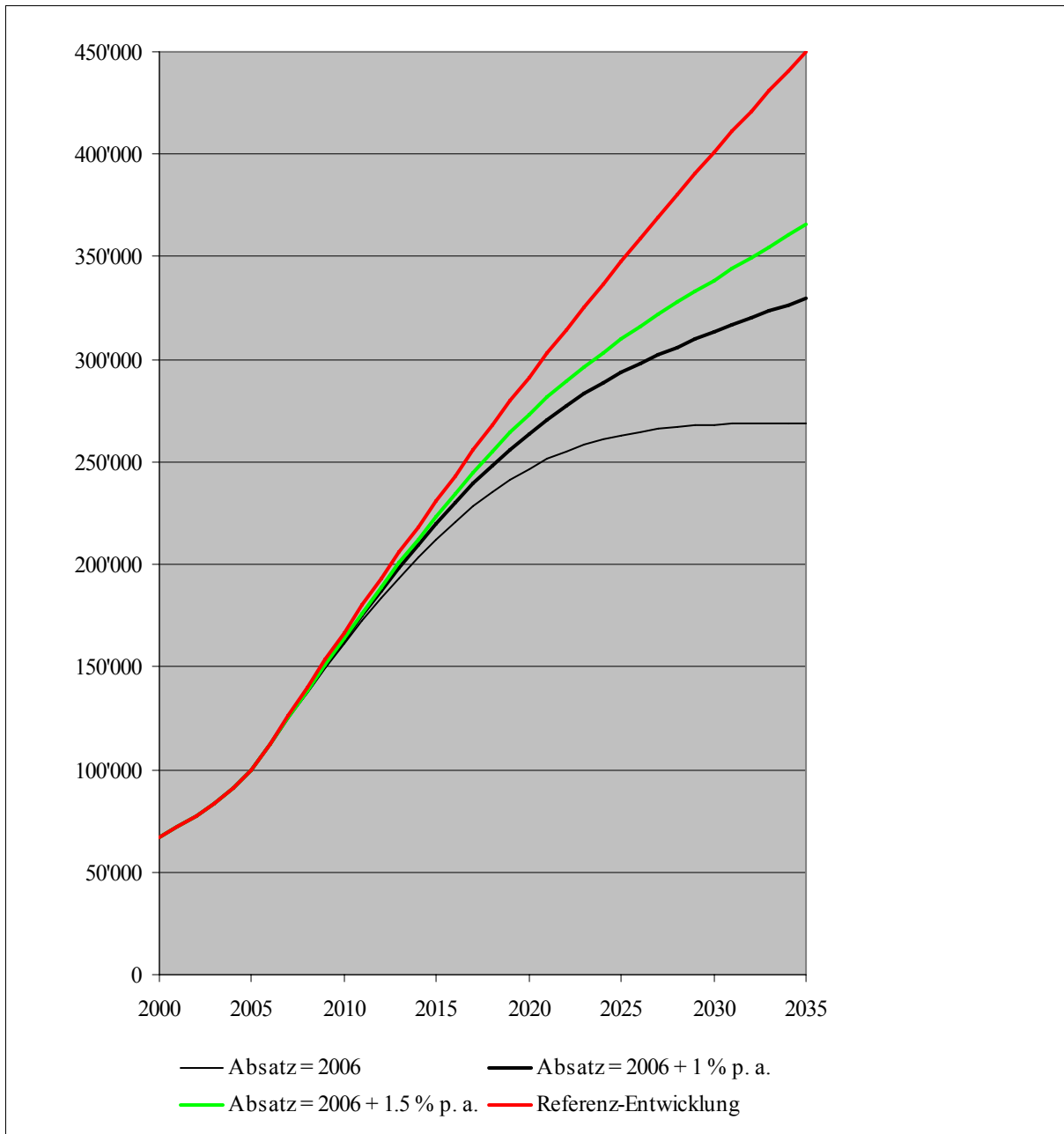


Abbildung 4-12 zeigt schliesslich, wie sich der Bestand mit den genannten Absatzzahlen entwickelt. Als Orientierungsmarken zusätzlich eingetragen sind die Bestandsentwicklungen, die sich aus einem Einfrieren des Absatzes auf dem Niveau 2006, und aus zwei unterschiedlichen, aber für alle Typen gleiche Wachstumspfade ergeben würden. Damit man mit dem Entwurf der EOS Förderstrategie vergleichen kann (siehe weiter unten), beziehen sich die Bestandszahlen nur auf Heizwärmepumpen.



Abbildung 4-13 zeigt die prognostizierte Entwicklung in Form der gewonnenen Umweltwärme. Zum Vergleich werden auch drei Entwicklungen gezeigt, wie sie sich aus den aktuellen Energieperspektiven ergeben.²³

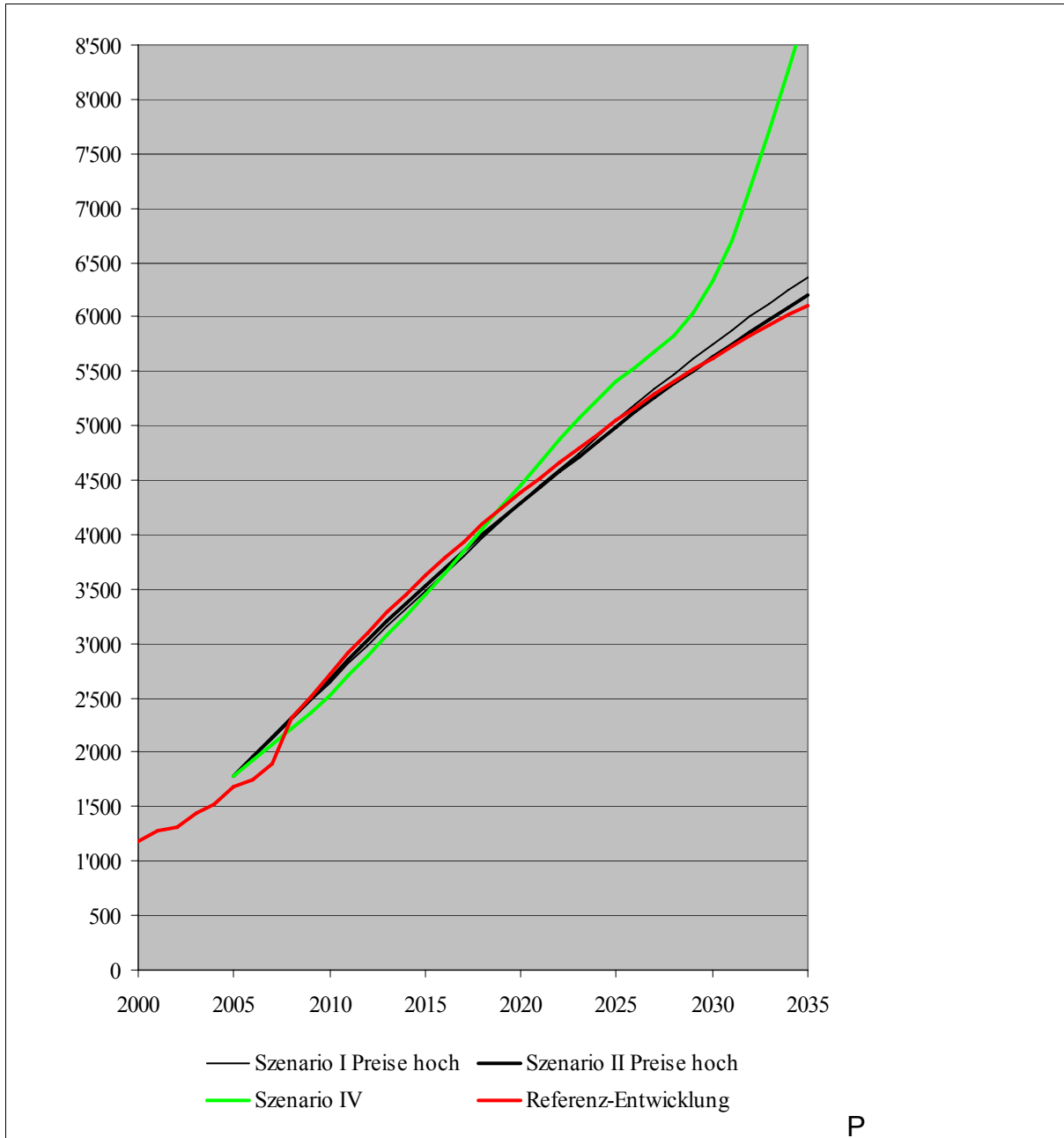
Abb. 4-12: Bestandsentwicklung (inkl. Boiler und Einzelraumwärmepumpen). Zusätzlich eingetragen sind zum Vergleich drei Bestandsentwicklungen mit konstanter Rate des Absatzwachstums für alle Typen (Quelle: Basics)



²³ In den Energieperspektiven wurden die Wärmepumpen energetisch – nicht anzahlmässig ausgewiesen. Deshalb werden sie nur in dieser Grafik miteinbezogen. Zudem wurde der Beitrag der Wärmepumpen in der Fernwärmeversorgung eingerechnet – um einen sinnvollen Vergleich mit der Referenzentwicklung zu erhalten. Mehr zum Vergleich mit den Resultaten der Energieperspektiven im folgenden Abschnitt.



Abb. 4-13: Umweltwärme in der Referenzentwicklung und in drei Vergleichszenarien des Bundes (in GWh; inkl. Boiler und Einzelraumwärmepumpen, die Szenarien sind durchgängig klimanormiert, die Referenzentwicklung ab 2008; Quellen: BFE, Prognos, Basics)

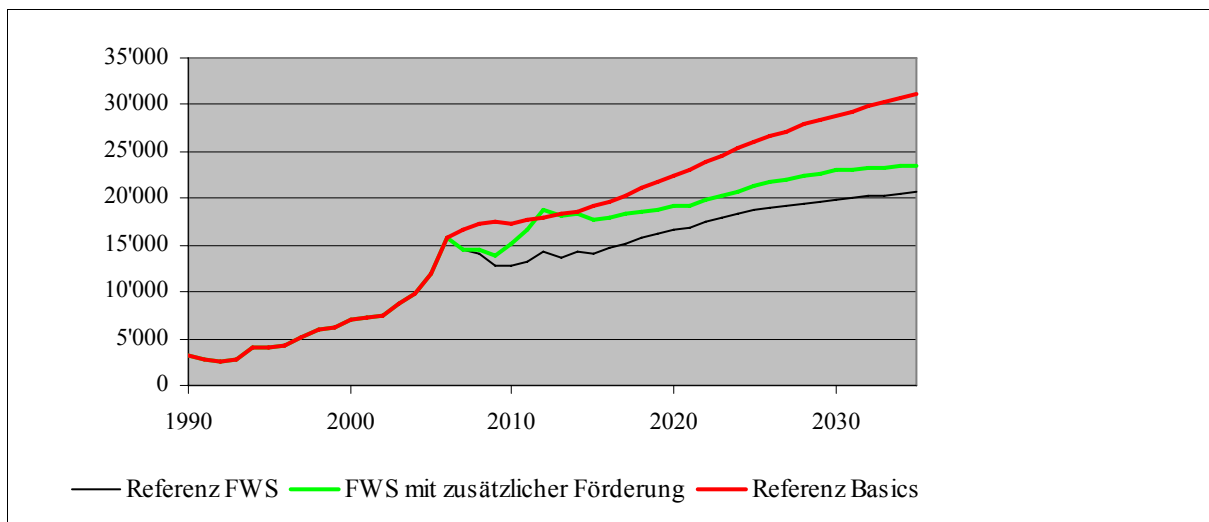




Wie vergleicht sich diese Referenzentwicklung mit der im "EOS Förderprogramm für die zusätzliche Installation von Wärmepumpen im Schweizer Markt" (FWS 2007) unterstellten Referenzentwicklung? Zunächst ist ein unmittelbarer Vergleich nur auf der Bestandsebene möglich, denn im EOS-Förderprogramm werden lediglich zwei *Bestandsentwicklungen* einander gegenübergestellt, eine *ohne*, eine *mit* zusätzlicher Förderung – beides aber ohne Bezug auf irgendwelche Absätze.

Wenn der Vergleich auf der Absatzebene gemacht werden soll, muss deshalb als erstes mit dem Statistiktool ein Absatz so bestimmt werden, dass der gewünschte Bestand resultiert. Dabei wird der Einfachheit angenommen, dass sich alle Absatzkomponenten gleich entwickeln und dass die im Statistiktool angenommenen Lebensdauern der verschiedenen Wärmepumpen ohne irgendwelche Anpassungen übernommen werden dürfen. Das Resultat dieser Rückrechnung zeigt Abbildung 4-14.

Abb. 4-14: Vergleich der Referenzen von Basics und FWS sowie der Absatzkurve mit zusätzlicher Förderung (Gesamtabsatz Heizwärmepumpen, für FWS iterative Rückrechnung durch Basics)



Es zeigen sich erhebliche Unterschiede. Zwei Gründe sind zu erwähnen:

- (1) Zunächst extrapoliert die FWS direkt im Bestand in die Zukunft. Zwar wird an der Bestandszahl für 2006 "angehängt", aber die unterstellten Zuwachsraten orientieren sich an den Werten bis 2003 und ergeben in der Rückrechnung auf den Absatz schon für das Jahr 2007 einen deutlichen Rückgang.
- (2) Die in Kapitel 3 diskutierten Determinanten des Absatzes zeigen, dass dieser durch "fundamentale" Gegebenheiten mindestens kurzfristig nach unten sehr stark abgesichert ist, also kaum in dem Masse, wie von der FWS implizit angenommen, einbrechen kann.²⁴

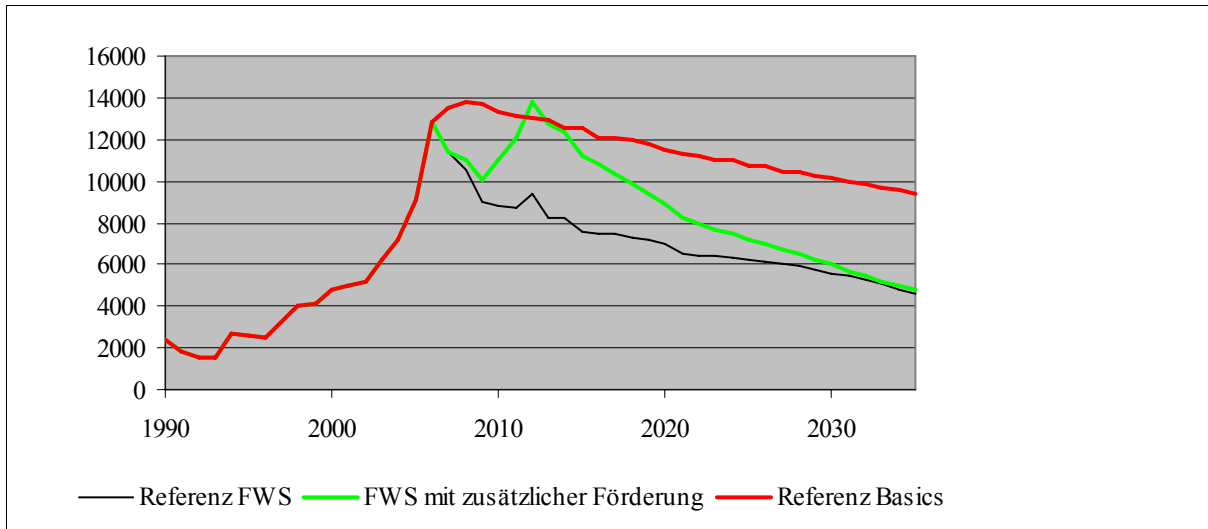
In den Absatzzahlen gemäss Abbildung 4-14 ist der reine Ersatz von Wärmepumpen durch Wärmepumpen mit enthalten. Klammert man diesen aus, dann folgt die in Abbildung 4-15 dargestellte Entwicklung. In dieser Darstellung zeigt sich recht deutlich, dass die beiden Referenzentwicklungen prak-

²⁴ Vor diesem Hintergrund müsste die Referenzentwicklung der FWS sicher neu durchdacht werden.



tisch parallel verlaufen, aber die Ankopplung an die aktuelle Situation eine andere ist. In beiden Darstellungen (4-14 und 4-15) wird aber klar, dass das Jahr 2007 einen Trendbruch markiert.²⁵

Abb. 4-15: Vergleich der Referenzen von Basics und FWS sowie der Absatzkurve mit zusätzlicher Förderung (Nettoabsatz Heizwärmepumpen, für FWS iterative Rückrechnung durch Basics)



Schliesslich zeigen die Abbildungen 4-16 und 4-17 den Vergleich auf der Bestandsebene und auf der Ebene der genutzten Umweltwärme. Angesichts der grossen Diskrepanzen bei den Absatzzahlen überrascht der grosse Unterschied im Bestand im Jahr 2035 nicht. Hingegen ist der praktisch identische Verlauf der Referenzentwicklung gemäss Basics und jener der FWS-Entwicklung mit zusätzlichen Massnahmen bezüglich der genutzten Umweltwärme etwas überraschend. Dass die beiden Linien praktisch identisch sind, ist Zufall, nicht aber das Faktum, dass der energetische Unterschied viel kleiner ist als der Bestandsunterschied. Dies hat damit zu tun, dass in der iterativen Rückrechnung zur Ermittlung des FWS-Absatzes vorausgesetzt wird, dass die Absatzentwicklung alle Wärmepumpentypen gleich betrifft. In der Referenzentwicklung gemäss Basics ist dies anders: Diese beinhaltet einen starken Trend zu kleineren Wärmepumpen: Es sind zwar deutlich mehr Wärmepumpen im Einsatz, diese sind aber leistungsmässig aber auch deutlich kleiner. Um einen energetisch fairen Vergleich durchführen zu können, müsste man also die Struktur des FWS-Referenzbestandes im Zeitablauf kennen.

Abgesehen davon: Wichtiger als der Bestandsvergleich ist natürlich der Energievergleich. Denn werden beispielsweise zehn (Reihen-)Einfamilienhäuser durch eine gemeinsame Wärmepumpe beheizt statt durch zehn einzelne Wärmepumpen, dann macht das im Bestand neun Einheiten Differenz aus, in der Energie ist dies aber praktisch belanglos. Zudem: Die CO₂-Substitution hängt direkt an der Energie.

²⁵ Dieser Trendbruch wurde von Basics auf Grund der Überlegungen von Kapitel 3 vorhergesagt, bevor die Daten für 2007 effektiv verfügbar waren. Insofern stellt der statistisch ausgewiesene starke Wachstumsrückgang eine erste Bestätigung der hier vorgestellten Überlegungen dar.



Abb. 4-19: Wärmepumpenbestände in der Referenzentwicklung und in der FWS-Prognose (mit und ohne zusätzliche Förderung, ohne Boiler und Einzelraumwärmepumpen, Quelle: FWS, Berechnungen: Basics)

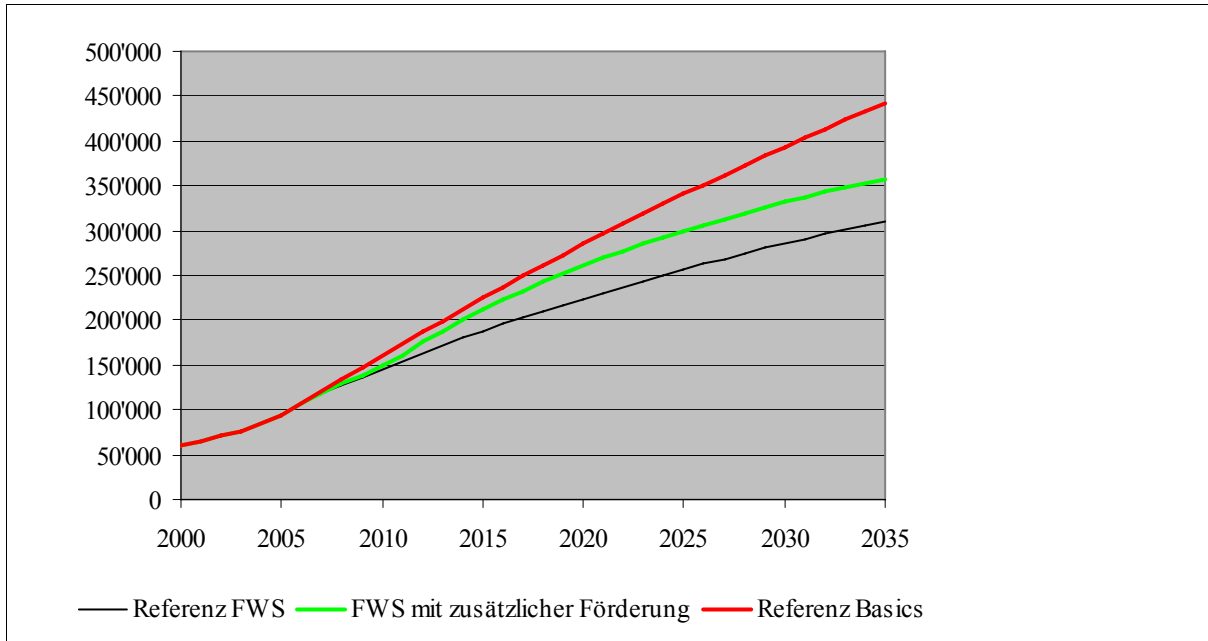
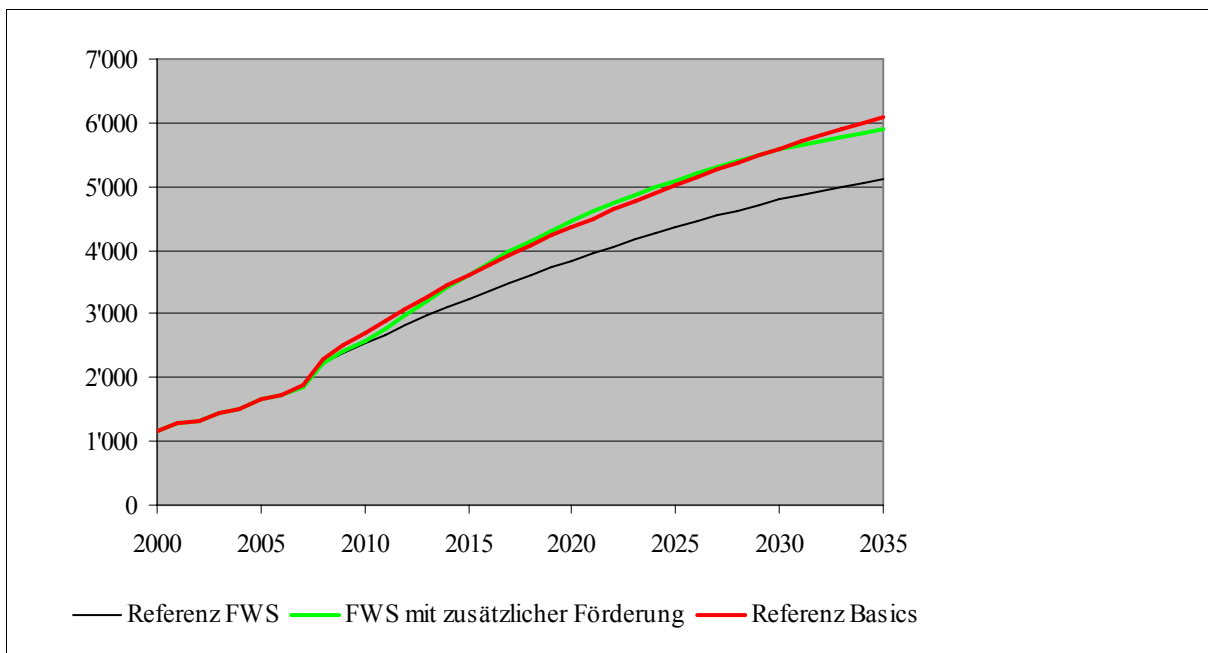


Abb. 4-20: Genutzte Umweltwärme in der Referenzentwicklung und in der FWS-Prognose mit und ohne zusätzlicher Förderung (in GWh, bis 2007 effektive Witterung, dann Normjahr, ohne Boiler und Einzelraumwärmepumpen, Quelle: FWS, Berechnungen: Basics)





4.4 Einordnung der Referenzentwicklung

Die oben dargestellte Referenzentwicklung des Wärmepumpenabsatzes ist der Versuch, die bisherige Entwicklung basierend auf der Vergangenheitsentwicklung in sich stimmig in die Zukunft zu extrapolieren. Dabei muss eine Vielzahl von Detailannahmen getroffen werden (einige davon wurden in diesem Bericht explizit gemacht).

Naturgemäss ist diese "Prognose" für die unmittelbare Zukunft (etwa plus fünf bis zehn Jahre) deutlich genauer als die Langzeitprognose bis 2035. Dies zeigt sich besonders deutlich bei Sensitivitätsanalysen. Eine plausible Variation irgendeines für die Prognose wichtigen Parameters wird im Bestand meist erst nach einigen Jahren quantitativ "sichtbar", kann aber bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes durchaus einige Prozentpunkte Unterschied ausmachen.

In Bezug auf die massgebenden Determinanten der Entwicklung werden hier einige Punkte herausgegriffen und im Sinne einer Zusammenfassung kurz kommentiert:

- (1) Die langfristig wichtigste Determinante für den Wärmepumpenabsatz ist der frühere Absatz. Wenn man davon ausgeht, dass nur eine geringe Rücksubstitution in andere Systeme auftritt, dann ist jener Teil des Absatzes praktisch garantiert, der dem Ersatz alter Wärmepumpen dient.²⁶ Mit zunehmender Verbreitung der Wärmepumpe nimmt dieser Anteil des Absatzes zu, bereits heute liegt er bei bis zu 25%, je nach Typ und Leistungskategorie etwas unterschiedlich.
- (2) Dieser Ersatz-Absatz ist aber nur dann garantiert, wenn ein ausreichendes technisches und planerisches *Qualitätsniveau* aufrecht erhalten bleibt. Ersteres kann man mit Tests, Gütesiegeln, gutem Service usw. sicherstellen, letzteres mit geeigneten Ausbildungsanstrengungen, Planungshilfen usw., die zum Ziel haben, die Wärmequelle nicht im Übermass auszubeuten oder Baumängel über Kondensationsprobleme beim Kühlen usw. zu verhindern. Diese Qualitätssicherung ist "kritisch" indem Sinne, dass sie so eine Art "ja/nein-Funktion" darstellt. Ist sie ausreichend, dann ist der Ersatz-Absatz gewährt und ein "Mehr an Qualitätssicherung" bringt vermutlich nur noch einen geringen Zusatznutzen. Ist die Qualitätssicherung aber unterkritisch, dann kann der Ersatz-Absatz (und nicht nur der) relativ schnell und andauernd einbrechen.
- (3) Eine wichtige Determinante stellt die *Baukonjunktur* dar. Der Absatzeinbruch in der ersten Hälfte der neunziger Jahre ist wesentlich Folge des dramatischen Rückganges bei den Ein- und Zweifamilienhausneuzugängen. Der Zusammenhang zwischen Neubaurate und Wärmepumpenabsatz ist damit zwar sehr direkt, die Baukonjunktur ist aber auf längere Sicht eher schlecht prognostizierbar genau so wie die längerfristig anzunehmenden Entwicklung der Wertschöpfung (die ja den zentralen Treiber für die Bautätigkeit) darstellt. Damit verkoppelt ist auch die Frage nach der künftigen Entwicklung der Wohnbevölkerung. Die Meinungen darüber gehen ziemlich auseinander. Jedenfalls wächst die Bevölkerung aktuell mit rund einem Prozentpunkt (was im internationalen Vergleich sehr viel ist).
- (4) Nicht zu unterschätzen ist beim Wärmepumpen-Absatz der *"autonome" Trend*. Für die meisten sich neu auf den Markt etablierenden Güter folgt nämlich ein typisches Diffusionsmuster in Form einer logistischen Kurve. Dies bedeutet, dass der Absatz idealtypisch zu Beginn meist mehr oder weniger exponentiell anwächst, dann in ein lineares Wachstum wechselt und schliesslich gegen eine Sättigungsgrenze strebt. Dieses Diffusionsmuster bedeutet auch, dass vor allem die Anfänge schwierig sind und dass neue Produkt jederzeit am Markt scheitern können; ist aber einmal ein bestimmtes Absatzniveau erreicht, dann wird die weitere Diffusion (von aussen betrachtet) fast zum Selbstläufer. Für die Wärmepumpen ist die Marktsituation sehr unterschiedlich. Während im Ein- und Zweifamilienhausneubau die Wärmepumpe bereits einen Marktanteil von über 70% erreicht hat, steht sie in den andern Marktsegmenten noch am Anfang.

²⁶ Zu den Einschränkungen vgl. man die entsprechenden Ausführungen in Abschnitt 4.1.



- (5) Eine weitere wichtige Determinante stellt da *Klima* dar, physisch und psychologisch. Je wärmer es (vor allem im Winter) wird, desto wirtschaftlicher wird die Wärmepumpe (bessere Arbeitszahl, kleinerer Leistungsbedarf). Zudem kann ein erhöhter Kühlbedarf im Sommer ein zusätzliches Argument für den Einbau einer Wärmepumpe abgeben, in dem dann mit *einem* technischen System so wohl geheizt wie auch gekühlt werden kann. Das Klima dürfte aber auch aus psychologischen Gründen wichtig sein, indem die Wärmepumpe von der hohen Klimabesorgnis in der Schweiz sicher profitiert(e).
- (6) Last but not least sind die hohen Energiepreise der konkurrierenden Heizsysteme zu erwähnen. Sie haben dazu geführt, dass Wärmepumpen heute im Neubaubereich und bei kleinen Leistungen z.T. gar die wirtschaftlichste Variante darstellen. Noch vor wenigen Jahren war das ganz anders. Die für die Referenzentwicklung getroffenen Preisannahmen schreiben diese Situation im Wesentlichen auf gleich bleibendem Niveau fort. Kritisch zu fragen ist allerdings, ob sich der Strompreis längerfristig relativ zu den übrigen Energieträgern nicht doch (vielleicht gar deutlich?) verteuern könnte ...

4.5 Vergleich mit den Perspektiven

Eine wichtige Vergleichsmarke zur oben vorgestellten Referenzentwicklung stellen die Resultate der Perspektivarbeiten für die Entwicklung der Wärmepumpen dar (vgl. BFE 2007a, speziell: "Die Energieperspektiven 2035" Anhang zu den Bänden 2 und 5, Energienachfrage und -angebot in Zahlen, Emissionen sowie "Die Energieperspektiven 2035" Band 4, Exkurse Band 2, Seiten 131 ff). In der Abbildung 4-14 wurde ja schon auf diese Arbeiten Bezug genommen. Dieser Vergleich soll hier nun noch etwas vertieft werden.

Bei diesem Vergleich beschränken wir uns auf die Szenarien I, II und IV sowie die Sensitivitätsvarianten. Szenario III wird als methodisches Potentialszenario ausgeklammert. Die Szenarien werden hier nur insoweit umrissen, als es für die Einordnung der Referenzentwicklung unbedingt nötig ist (weitere Details zur Philosophie der einzelnen Szenarien im Bericht "Die Energieperspektiven 2035" Band 1, Synthese). Grundsätzlich lassen sich die in diesen Szenarien unterstellten Energiepolitiken wie folgt charakterisieren:

- Szenario I: "Weiter wie bisher" (Referenzfall)
- Szenario II: "Verstärkte Zusammenarbeit" (inkl. CO₂-Abgabe auf Brennstoffen - entspricht etwa der aktuellen Situation)
- Szenario IV: "Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft", Zielszenario zur Reduktion der heutigen Pro-Kopf-Leistung von 5000 W auf schliesslich 2000 W. Instrumentell wird u.a. eine hohe Energielenkungsabgabe vorausgesetzt (Heizölpreis etwa 143 Fr. pro Liter im Jahr 2035 gemessen an heutigen Preisen).

Diese Hauptszenarien werden überlagert von den folgenden *Sensitivitätsvarianten*:

- Wirtschaftswachstum Trend: "Wenig Dynamik auf hohem Niveau" – 0.9% reales Wachstum pro Jahr
- Wirtschaftswachstum Hoch: "Stärkeres Wachstum der Produktivität" – gegenüber der Trendvariante 0.5% grösseres Wachstum
- Energiepreise Trend: "Rohölpreis 30 USD / Fass" – was für Heizöl extra leicht etwa 53 Rappen pro Liter zu heutigen Preisen entspricht



- Energiepreise Hoch: "Rohölpreis 50 USD / Fass" – was für Heizöl extra leicht etwa 71 Rappen pro Liter zu heutigen Preisen entspricht
- Klima Trend: Langfristiges Klimamittel (3'588 Heizgradtage wird unterstellt)
- Klima Wärmer: Durchschnittlicher Temperaturanstieg um 1.2°C.

In den Perspektivarbeiten wurden die wichtigsten Kombinationen durchgerechnet. Tabelle 4-21 zeigt die energetischen Resultate für die Wärmepumpen, und zwar als die aus der Umwelt gewonnene Umweltwärme. Für die effektive Wärmeproduktion müsste man den Elektrizitätsinput noch dazunehmen. Ausgewiesen werden die genutzten Umweltwärmern nach den drei Nachfragesektoren Haushalte (HH), Dienstleistungen (inkl. Landwirtschaft, DL) und Industrie (inkl. Abwärmenutzung, IND).

Dazu kommt die für die Fernwärmebereitstellung aus Abwasserreinigungsanlagen genutzte Wärme (FW). Es wurde aber nur der Wert für die Trendvariante des jeweiligen Szenarios ausgewiesen bzw. ermittelt. Vergleicht man diese Werte mit den Potentialresultaten einer in Kürze der Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Studie über die Abwärmenutzung in der Schweiz (Dr. Eicher + Pauli, AG, Mitteilung L. Gutzwiller, BFE), so dürfte der Beitrag der Fernwärme in den Szenarien I und II aus preislichen Gründen wohl überschätzt, in Szenario IV aber gerade richtig liegen. Für einen Ölpreis von 100 Fr. pro Liter Heizöl extra leicht weist diese Studie nämlich ein wirtschaftliches Potenzial bei aktueller (also nicht in die Zukunft fortgeschriebener) Wärmenachfrage im lokalen Umfeld von 296 untersuchten Abwasserreinigungsanlagen von rund 2100 GWh aus. Aus der Studie ergibt sich auch, dass die Realisierung dieser Potenziale sehr sensitiv vom Ölpreis abhängt. Ein Ölpreis von rund 75 Fr. pro 100 Liter (im wesentlichen die Annahme für die Referenzentwicklung) würde das Potenzial auf rund 250 GWh schrumpfen lassen.

Die effektiv genutzten Umweltwärmern zeigen trotz der stark unterschiedlichen Szenariovoraussetzungen eine Spreizung, die 2035 deutlich unter 3000 GWh liegt. Dies markiert denn wohl auch den für die nächsten Jahrzehnte plausiblen "Spielraum" für unterschiedliche Wärmepumpendiffusionen.

Mit der in diesem Dokument dargestellten Referenz wird ein Umweltbeitrag von rund 6'100 GWh, erreicht, was recht genau dem entsprechenden Wert von Szenario II, Preise hoch entspricht (trotz der in Teilbereichen davon völlig unabhängigen Parallelrechnung). Dieser Umweltbeitrag wird durch rund 440'000 (Heiz-)Wärmepumpen erreicht. Leider kann man diese Zahl, wie schon erwähnt, *nicht* direkt mit den Wärmepumpenrechnungen in den Perspektiven vergleichen; denn diese Rechnungen wurden nicht (wie hier) anlagen-, sondern energiebasiert durchgeführt.

Wie die Potenzialabschätzungen des BFE (Rognon 2005) zeigen, werden selbst in Szenario IV die Möglichkeiten der Wärmepumpen bei weitem nicht ausgeschöpft. Bis 2035 könnte das ausschöpfbare Potenzial rund 20'000 GWh Umweltwärme ausmachen – bei einem Anlagenbestand von knapp 600'000 Einheiten.



Tab. 4-21: Umweltwärme in den Perspektivarbeiten des Bundes für das Jahr 2035 (Quelle: BFE 2007; Umrechnungen und Ergänzungen: Basics, Angaben in GWh, auf 10 Einheiten gerundet, vgl. Text)

| Szenario I | Sektor | Trend | BIP Hoch | Klima Hoch | Preise Hoch |
|------------|-----------------|-------|----------|------------|-------------|
| | HH | 3640 | 3810 | 3310 | 4110 |
| | DL | 1060 | 1110 | 1030 | 1220 |
| | IND | 280 | 310 | 280 | 360 |
| | Total | 4970 | 5220 | 4610 | 5690 |
| | FW ^a | 690 | (690) | (690) | (690) |
| | Total | 5670 | 5920 | 5310 | 6390 |

| Szenario II | Sektor | Trend | BIP Hoch | Klima Hoch | Preise Hoch |
|-------------|-----------------|-------|----------|------------|-------------|
| | HH | 3580 | 3640 | 3220 | 3890 |
| | DL | 1080 | 1080 | 1060 | 1220 |
| | IND | 310 | 330 | 310 | 420 |
| | Total | 4970 | 5060 | 4580 | 5530 |
| | FW ^a | 690 | (690) | (690) | (690) |
| | Total | 5670 | 5750 | 5280 | 6220 |

| Szenario IV | Sektor | Trend | BIP Hoch | Klima Hoch | Preise Hoch ^b |
|-------------|-----------------|-------|----------|------------|--------------------------|
| | HH | 4170 | 4360 | 3720 | - |
| | DL | 1440 | 1560 | 1280 | - |
| | IND | 860 | 870 | 860 | - |
| | Total | 6470 | 6790 | 5860 | - |
| | FW ^a | 2360 | (2360) | (2360) | - |
| | Total | 8830 | 9150 | 8220 | - |

^a Der Beitrag der Umweltwärme wird nur für die Trendvarianten ausgewiesen; für die Sensitivitätsvarianten wird er hier als identisch gerechnet, deshalb eingeklammert.

^b Die Variante Preise Hoch macht in Szenario IV keinen Sinn; die Energieabgabe wurde unabhängig vom Ausgangspreis so hoch angesetzt, dass die gewünschten Effekte eintreten (Zielszenario).



5 Massnahmen und ihre Wirkung

5.1 Einleitung

Ein Anlass für die vorliegende Untersuchung war ja die Idee, dass man durch eine Förderung der Wärmepumpe über eine Referenzentwicklung hinaus die Differenz an vermiedenen CO₂-Emissionen zur inländischen CO₂-Kompensation verwenden kann. Hierfür sollten zwei Voraussetzungen erfüllt sein (siehe z.B. die Ausschreibungsunterlagen der Stiftung Klimarappen für Emissionsreduktionsprojekte (SKR 2006) oder entsprechende CDM-Unterlagen²⁷ (CDM o.Jg.)):

- (1) *Ohne* diese Massnahme müssten die CO₂-Emissionen tatsächlich um den der Massnahme zugeordneten Wert höher sein.
- (2) Diese Massnahme ist *zusätzlich*, d.h. die Massnahme wäre nicht ohnehin realisiert worden. Gründe für die Nichtrealisierung können sein: Mangelnde Wirtschaftlichkeit, fehlende Mittel, Nichtwissen oder andere (klare) Hemmnisse.

Dabei kann man zwei Typen von Fördermassnahmen unterscheiden, direkte und indirekte Massnahmen:

- (1) *Direkte Massnahmen*: Sie greifen an einer ganz konkreten Anlage an, womit die beiden oben genannten Voraussetzungen im Prinzip überprüft werden können.

Im Falle einer Wärmepumpe würde das z.B. heissen, dass eine defekter Ölkessel durch eine Wärmepumpe ersetzt wird und nicht durch einen neuen Ölkessel. Damit ist die vermiedene CO₂-Emission (auf Endkonsumentenseite) klar definiert. Unter Berücksichtigung einer typischen Lebensdauer für eine Wärmepumpe (z.B. 15 Jahre) kann sogar behauptet werden, dass für diese ganze Zeit die Emissionsminderung garantiert ist (denn ein neuer Ölkessel würde mindestens so lange funktionstüchtig bleiben).

Weiter kann festgestellt werden, ob die Wärmepumpe zu heutigen Bedingungen im Vergleich zum Kesseleratz wirtschaftlich ist oder nicht. Oder welche andern Hindernisse bestehen. Mit andern Worten: die Additionalität der Massnahme ist relativ klar.

Eine Massnahme, mit der der Staat oder eine andere Förderinstitution den Wechsel zur Wärmepumpe unterstützen kann, ist in der Regel geldwert (Subvention, Steuererleichterung, Tarifverbilligungen, keine Abgaben) oder mit gewissen Boni in andern Bereichen (etwa Lockerung von Vorschriften, "Grossverbraucherparagraf" usw.) verknüpft.

Sofern ein Dritter durch eine solche Förderung im Spiel ist, dann "gehört" diesem die vermiedene CO₂-Emission, andernfalls dem Betreiber / Besitzer der Wärmepumpe. Auf jeden Fall sind die vermiedenen CO₂-Emissionen klar adressierbar, d.h. einem der beiden Akteure (Förderer oder Investor) zuordenbar.

- (2) *Indirekte Massnahmen*: Sie greifen nicht an einer ganz konkreten Anlage an, sondern beziehen sich auf eine Gesamtheit von Akteuren (Investoren), die mit der indirekten Massnahme zu einem gewünschten Verhalten gebracht werden sollen (z.B. wie im obigen Fall Ersatz eines Ölkessels durch eine Wärmepumpe). Was als Ziel einer direkten oder indirekten Massnahme physisch wirk-

²⁷ CDM steht für Cleaner Development Mechanism. Dieser Mechanismus funktioniert ähnlich wie die Joint Implementations (JI) im Rahmen des Kyoto-Protokolls: Investitionen in Emissions- oder Speicherungsprojekte können in Minderungszertifikate ("Certified Emission Reductions") umgewandelt werden, die dem Emissionskonto des Investors gutgeschrieben werden. Der Unterschied zu JI besteht darin, dass solche Projekte in Schwellen- oder Entwicklungsländern (so genannten "Nicht-Annex-I-Staaten") durchgeführt werden, welche kein quantitatives Emissionsziel haben.



lich passiert, kann also durchaus das Gleiche sein. Aber die Wirkungsmechanismen sind aus Sicht des Förderers andere.

Falls die Massnahme unwirtschaftlich ist, dann kann der Akteur (Investor) mit Marketingmassnahmen vielleicht trotzdem dazu überredet werden, die Massnahme zu realisieren. Oder vielleicht ist die Massnahme zwar wirtschaftlich, der Investor wusste es nur nicht und hätte "falsch" entschieden (hätte ihm das z.B. nicht der Installateur gesagt, der im Rahmen der indirekten Förderung eine entsprechende Ausbildung absolviert hat). Usw.

Indirekte Fördermassnahmen sind damit in Bezug auf den Investor nicht geldwert oder mit irgendwelchen andern Boni verknüpft (sonst wären sie direkt). Sie sind für ihn sogar mehr oder weniger "unsichtbar", sie wirken quasi im Verborgenen (die Ausbildung von Installateuren wird von ihm nicht als Grund für seinen Wärmepumpenentscheid wahrgenommen, und dass er hin wieder ein Wärmepumpeninserat zu Gesicht bekommt, ist auf jedem Produktemarkt übliche Akquise).

Von daher wird der Investor die vermiedenen CO₂-Emissionen praktisch immer als die "seinen" betrachten und nicht bereit sein, diese an den Finanzierer der indirekten Massnahmen abzutreten. Mit andern Worten: Die vermiedenen CO₂-Emissionen sind in diesem Fall nicht eindeutig adressierbar.

Sobald auch (kleinere) CO₂-Betreffnisse zur CO₂-Kompensation herangezogen werden können und ein entsprechender Markt entstanden ist²⁸, folgt daraus ein Problem. Denn gerade die kleinen CO₂-Betreffnisse sind in der Regel ja Gegenstand von indirekten Massnahmen. Wenn diese aber auch von ihren "Besitzern" geltend gemacht werden können, dann hat der Finanzierer von indirekten Massnahmen nichts davon. Er hat zwar wohl Überzeugungsarbeit geleistet, aber nichts dafür erhalten – oder es drohen Doppelzahlungen.

5.2 Wirkung direkter Massnahmen

Direkte Fördermassnahmen sind in ihrer unmittelbaren Wirkung in aller Regel recht einfach als Resultat eines "technischen" Kalküls zu quantifizieren: Beispiel: Eine bestimmte Wärmedämmung bringt im Vergleich zum Ausgangszustand während der Lebensdauer der Gebäudehülle bei durchschnittlicher Witterung so und so viel an Energieersparnis. Bis auf einige wenige Prozentpunkte werden sich die Fachleute dabei einig sein. Anders ist es mit der Frage, ob etwa eine bestimmte finanzielle Förderung diese (möglicherweise) unwirtschaftliche Wärmedämmung ausgelöst hat oder nicht. Wenn der Subventionsbeitrag vom Subventionsempfänger bloss "mitgenommen", gewissermassen bloss als Ex-post-Geschenk dient, dann spricht man von einem "Mitnahmeeffekt". Der Förderbetrag wurde zwar ausbezahlt, die Massnahme wäre aber auch ohne diese Förderung zustande gekommen.

Eine zentrale Frage bei der direkten Förderung ist damit die Grösse des Mitnahmeeffektes. In einer früheren Studie für die industriellen Werke Basel haben wir im Rahmen einer breit angelegten Literaturrecherche die jeweils ermittelten Mitnahmeeffekte zusammengetragen. Tabelle 5-1 zeigt einen repräsentativen Querschnitt durch verschiedenste Förderprogramme. Auch wenn die referierten Mitnahmeeffekte praktisch von 0 bis 100% variieren, heisst das nicht, dass diese nicht feststellbar oder unbestimmt wären, sondern, dass sie sehr von den jeweiligen Massnahmen und den ganz konkreten Umständen abhängen, die man erst ex post wirklich untersuchen und einigermassen sicher quantifizieren kann. Ex ante sind in der Regel wohl nur indikative Einschätzungen möglich.

28 Offenbar sind beim BAFU Überlegungen im Gange, auch für kleinere CO₂-Betreffnisse im Inland handelbare "Bescheinigungen" zu schaffen, ev. ergänzt durch ein geeignetes Pooling.



Tab. 5-1: Mitnahmeeffekte (Resultate von verschiedenen Studien)

| Förderprogramm | Förderumfang | Mitnahmeeffekt | Quelle |
|--|--|---|---|
| Startprogramm Wärmepumpen | Beitrag 270 Fr. pro kW Heizleistung | 85% | Kurzevaluation der Förderungsprogramme Holz und Wärmepumpen, BFE, Februar 1995, Seite 30 |
| Förderungsprogramm Holzfeuerungen | je nach Grösse 10 bis 20 % der Mehrkosten | 50% | Kurzevaluation der Förderungsprogramme Holz und Wärmepumpen, BFE, Februar 1995, Seite 30 |
| Startprogramm Photovoltaikprogramm an Schulen | Subventionierung durch Bund: 4500 Fr. je kWp (Grössenordnung 33 %) | 38 (davon 15 % sicher) | % Evaluation des Startprogramms "Photovoltaik-Anlagen auf Schulen", BFE, Mai 1996, Seite 38 |
| Startprogramm Solar aktiv | 300 bzw. 270 Fr. / m2 Kollektorfläche (= rund 30 % der nicht amortisierbaren Mehrkosten) | 65% | Evaluation des Startprogramms Solar aktiv, BFE, Mai 1994, Seite 58 |
| Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen im Energiebereich | 30 bzw. 27 % der nichtamortisierbaren Mehrkosten (plus Ausnahmen nach oben) | 68% (von 25 abgelehnten Förderprojekten wurden 17 weitergeführt) | Evaluation der Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen im Energiebereich, BFE, Februar 1995, Seite 54 |
| Förderung betrieblicher Investitionen in den Steinkohlebergbaubetrieben Deutschlands | u.a. Zinszuschüsse und Investitionszuschüsse für neue Produktionsbetriebe oder Erweiterung bestehender; Förderbeitrag maximal 5 % des gesamten Investitionsaufwandes | Quasi 100 % ("... auch ohne den Aufwand ... an öffentlichen Mitteln erreicht worden ...") | Ewringmann D. und Hansmeyer K. H. (1975): Zur Beurteilung von Subventionen, Westdeutscher Verlag, Opladen, Seite 152 |
| Regionalpolitische Industrieförderung in der Bundesrepublik Deutschland | | 20% bezüglich entstandener Arbeitsplätze, bezüglich Unternehmen höher | Meier R. (1982): Bedeutung und Ausrichtung kantonaler Wirtschaftspolitik, Peter Lang, Bern et al., Seite 101 |
| Investitionsbonus 1993 - 1995 | 15 % bzw. 20 % wenn besondere energetische Anforderungen erfüllt werden; max. Summe 700 kFr. | Klein (Vorhaben musste zusätzlich oder vorgezogen verwirklicht werden, dies wurde vom Subventionsgeber recht genau überprüft) | Saurer P. (1996): Der Investitionsbonus 1993 - 1995, Schlussbericht, BFK, Bern; in: Mitteilungsblatt für Konjunkturfragen, 3/96, Seite 12 |
| Förderung von Pilotprojekten im Energiebereich im Kanton Zürich | 10 bis 30 % der anrechenbaren Mehrkosten, in Einzelfällen bis 50 % | 8/17 (= 47 %) bei 4 Projekten begünstigte Förderung den Realisierungsentscheid "positiv" | BHP (1997): Pilotprojekte im Energiebereich im Kanton Zürich: Vollzug und Wirkungen der staatlichen Förderung, Zürich, Seite 18 |
| Steuerliche Abzüge für energetische Massnahmen bei der Bundessteuer und bei kantonalen Steuern | voller oder mindestens Teilabzug der Kosten für energiesparende Massnahmen | 91% bezüglich Grundsatzentscheid, 77% bezüglich zusätzlicher Massnahmen | Econcept (1997): Evaluation energiepolitisch motivierter Steuererleichterungen, Seiten 75, 76 |

Eine weitere Erkenntnis ist von Bedeutung: Durch relativ restriktive Programmvorgaben zur Förderung kann der Mitnahmeeffekt tatsächlich klein gehalten werden (wie wohl im aktuellen Gebäudeprogramm des Klimarappens).



5.3 Wirkung indirekter Massnahmen

Während die Wirkung direkter Massnahmen im Prinzip relativ leicht zu eruieren ist, ist es bei indirekten Massnahmen in den meisten Fällen sehr schwierig bis praktisch unmöglich, eine *objektiv* quantifizierbare Wirkung auszuweisen. Dies hat damit zu tun, dass der Aufhänger für eine Wirkungsaussage über eine Massnahme ja immer eine durchgängige Kausalkette sein muss, die im Falle der indirekten Massnahmen von einer unspezifischen Anfangsaktion (Beispiel: Weiterbildung der Installateure) zu einer ganz spezifischen Reaktion eines Bauherren (Beispiel: Ersatz einer Ölheizung durch eine Wärmepumpe) führen soll. Besonders schwierig wird eine solche Quantifizierung, wenn die indirekten Massnahmen sich gewissermassen nur quantitativ und nicht wesentlich qualitativ vom Referenzfall unterscheiden.

In den Marketingwissenschaften ist dies ein bekanntes Problem, wenn etwa die Wirkung von Werbung eruiert werden soll (vgl. z.B. Backhaus 2007, S. 287ff). Aber auch die Evaluationsforschung tut sich schwer (Bortz 2006). Zwar fällt es oft leicht, einen so genannten "Impact" auszuweisen (etwa ein werbeinduziertes "Delta" im Bekanntheitsgrad eines Produktes festzustellen), aber daraus eine "Wirkung" ableiten zu wollen ("wegen der intensivierten Werbung wird jetzt so viel mehr gekauft") ist wegen der schwierig zu kontrollierenden Ceteris-paribus-Klausel meist unmöglich.

Besonders schwierig wird es bei hochkomplexen Massnahmen mit einer Vielzahl von Akteuren und Programmen. So zieht beispielsweise A. Balthasar (2000) in Bezug auf die indirekten Energie-Massnahmen von Energie 2000 nach eingehender Analyse zahlreicher Evaluationen das folgende Fazit:

Die Unterstützung von Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung sowie Forschung, Entwicklung und Demonstrationsanlagen hat mit Sicherheit wichtige längerfristige Effekte auf die rationelle Energieverwendung und die Verbreitung neuer Technologien. Quantifizieren lässt sich diese Wirkung jedoch nicht. (S.92)

Aus diesen Gründen behilft man sich nicht selten mit plausiblen *Rechnungsabmachungen*, wie es etwa Infrac im Rahmen der Wirkungsanalyse von EnergieSchweiz in Bezug auf den Wärmepumpenabsatz tut (Infrac 2007, S. 68, vgl. Tabelle 5-2). Die damit ermittelten Wirkungen erheben u.E. aber auch nicht den Anspruch, einen Kausalnachweis geführt zu haben. Insofern ist die Wirkungsanalyse *in dieser Hinsicht* nicht zu kritisieren. Die Kritik muss eher da ansetzen, wo die Benchmarks sich auf eine Situation beziehen, die *heute* so nicht mehr gültig ist, z.B. auf die implizite Annahme der Unwirtschaftlichkeit von Wärmepumpen.



Tab 5-2: Wirkungsanalyse EnergieSchweiz für den Wärmepumpenabsatz 2006 (gemäss Infras 2007)

| Kategorie | Referenzszenario | Wirkung EnergieSchweiz | |
|-------------------------------|--|------------------------|----------------|
| | | Stück (-) | Energie* (GWh) |
| Wärmepumpen < 20 kW Neubau | Marktanteil bei EFH-Neubauten seit 1990 konstant | 8347 | 103 |
| Wärmepumpen < 20 kW Sanierung | Anzahl Anlagen im Sanierungsbereich seit 1990 konstant | 2631 | 32 |
| Wärmepumpen 20 - 50 kW | Ab 2003 Anstieg der Absatzzahlen gegenüber 2002 in der Höhe von 1/3 des realen Anstieges | 573 | 18 |
| Wärmepumpen 50 – 100 kW | dito | 82 | 6 |
| Wärmepumpen > 100 kW | dito | 33 | 9 |
| Gesamtwirkung 2006 | | | 169 |

* genutzte Umweltwärme bezogen auf die Lebensdauer

Damit stellt sich die Frage, was denn eine "bessere" *Referenzentwicklung für die Wirkungsabschätzung von EnergieSchweiz* sein könnte, rückwirkend, aber auch für die Zukunft. Tatsächlich stand ja diese Frage mit am Anfang des vorliegenden Projektes. Die in Kapitel 4 vorgestellte Referenzentwicklung ist es nicht. Sie extrapoliert ja vielmehr die Wirkung von Energie-Schweiz in die Zukunft, um so als Baseline für künftige *zusätzliche* Massnahmen zu dienen.

Kann man eine Entwicklung ohne EnergieSchweiz sinnvoll so *quantifizieren*, dass man den Unterschied zur realen Entwicklung kausal EnergieSchweiz zuordnen könnte? Viele Gründe sprechen – wie zum Teil schon angedeutet – dagegen: Zu vielfältig sind die Akteure und Aktionen, die zusammengenommen die Wärmepumpe direkt und indirekt fördern. Und zu verzweigt sind die Kausalketten, die man über Jahre hinweg verfolgen müsste und zu vielfältig auch die die übrigen externen Einflüsse, die verstärkend und/oder hemmend mit ins Kalkül einzubeziehen wären. Dazu kommen ganz grundsätzlich Abgrenzungsprobleme bei der "Verteilung" der Wirkung auf verschiedene Einflussfaktoren, wenn Nichtlinearitäten im Spiel sind.

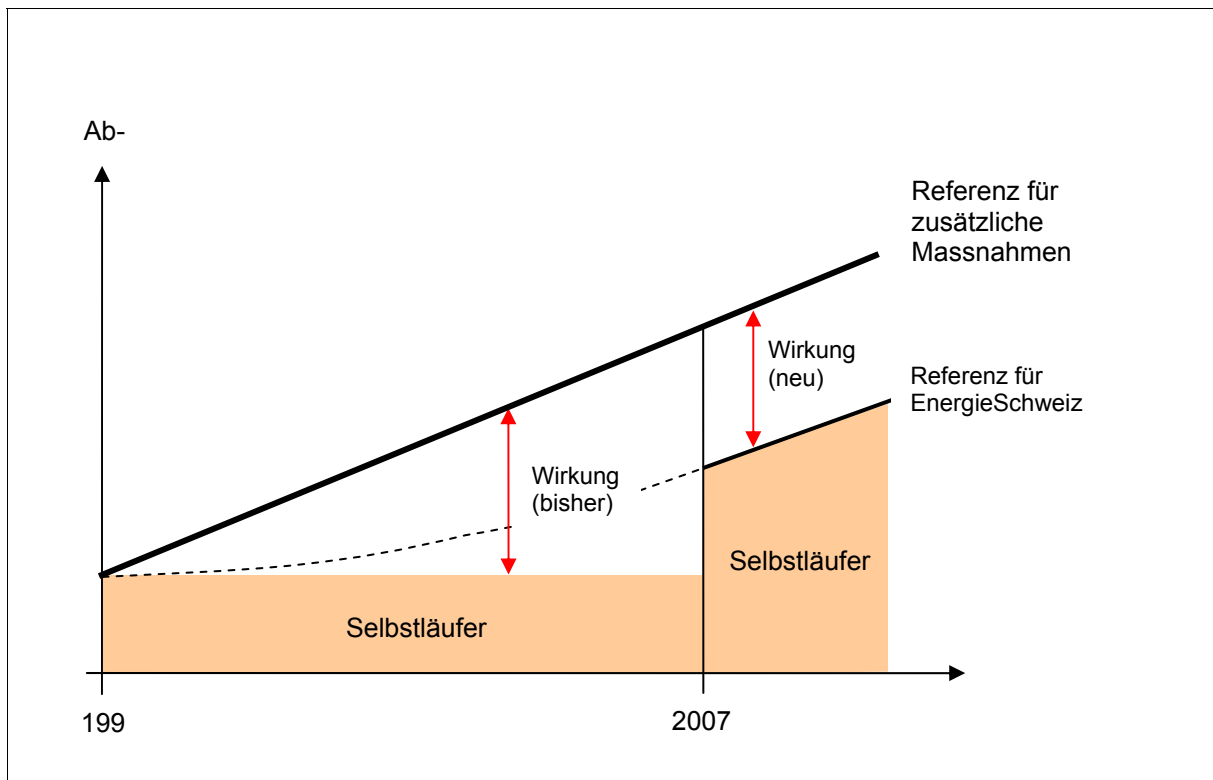
Rückwirkend eine Entwicklung ohne EnergieSchweiz (samt dem Vorgängerprogramm Energie 2000) zu quantifizieren, scheint uns aber auch gar nicht notwendig. Wichtiger ist es, die *Rechnungsabmachungen für die Zukunft* den aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Damit ist gemeint, dass man wie zu Beginn der 90er Jahre den Markt in zwei Teile separiert, in einen Teil "Selbstläufer" und einen Teil, dem man plausiblerweise der Wirkung von Fördermassnahmen zuordnen kann. Abbildung 5-3 stellt dies stark vereinfacht dar. Sowohl anfangs der 90er Jahre wie auch aktuell kann man relativ leicht den "Selbstläuferteil" aussondern: In den 90er Jahren z.B. so, wie es in der Wirkungsanalyse von Infras gemacht wurde/wird, aktuell z.B. so, dass man die Wärmepumpen für Ein- und Zweifamilienhäuser ausklammert (da in einer Vollkostenrechnung im Vergleich zu andern Heizsystemen diese heute



durchaus konkurrenzfähig sind), sowie jene Wärmepumpen, die dem Ersatz von andern Wärmepumpen dienen. Der verbleibende Rest kann dann der aktuellen Wirkung von EnergieSchweiz zugewiesen werden.²⁹

Dieser "Regimewechsel" bei der Referenz für EnergieSchweiz entspricht einer Markttransformation mit relativ klarem Anfangs- und Endzustand. Die Zwischenzustände – in der Abbildung mit einer gestrichelten Linie angedeutet – sind hingegen viel schwieriger quantitativ zu fassen. Deshalb wird hier auch ein abrupter Wechsel vorgeschlagen; einen kontinuierlichen Übergang festlegen zu wollen, wäre mit einer gewissen Beliebigkeit verbunden.

Abb. 5-3: Referenzentwicklungen für zusätzliche Massnahmen und für EnergieSchweiz (Prinzip-Skizze)



Für das "EOS Förderprogramm für die zusätzliche Installation von Wärmepumpen im Heizungsmarkt Schweiz" (FWS 2007) sind die vorgesehenen Marketingmassnahmen in ihrer Wirkung relativ zu einer Referenzentwicklung zu messen, die die bisherige direkte und indirekte Förderung fortschreibt. Wie gross die Wirkung dieser zusätzlichen Massnahmen ist, kann ex ante aber kaum quantifiziert werden – auch wenn in Anbetracht der Annahmen zur Referenzentwicklung klar ist, dass bei den grösseren Wärmepumpen und vor allem bei den Sanierungen ein erhebliches "additional" Potenzial zur Absatzausweitung besteht. Ex post kann man natürlich die Differenz zur Referenzentwicklung feststellen, bei geeigneter Operationalisierung der Massnahmen kann man unter Umständen zusätzlich auch kausale Wirkungen quantitativ fassen, die sich als grösser oder kleiner als diese Differenz erweisen können.

²⁹ Wie mit dem Sanierungsfall umgegangen werden soll, ist damit noch offen. Tendenziell sind Sanierungen, wie sich aus den Ausführungen in Abschnitt 3.11 ergibt, von Ausnahmen abgesehen, keine "Selbstläufer". Man könnte also durchaus sämtliche Sanierungen, ev. mit Ausnahme jener, die eine Luft/Wasser-Wärmepumpe betreffen, der Wirkung von EnergieSchweiz zuordnen.



Wenn hier gesagt wird, dass die von der FWS vorgesehenen Massnahmen ex ante kaum quantifizierbar seien, so bedeutet das ausdrücklich nicht, dass diese Massnahmen keine oder nur eine kleine Wirkung hätten. Die Aussage bedeutet bloss, *dass zum jetzigen Zeitpunkt ohne weitere Informationen keine verlässliche quantitative Abschätzung der Wirkung möglich ist.*

5.4 Mögliche Massnahmen

Wir sind der Meinung, dass indirekte Massnahmen nicht oder nicht genügend gut oder nur mit grösserem Aufwand oder nur bei einem speziellen Design bezüglich ihrer energetischen Wirkung quantifizierbar sind (vgl. Abschnitt 5.3). Dies gilt erst recht in einer Ex-ante-Situation. Von daher stellt sich die Frage, mit welchen einigermaßen verlässlich quantifizierbaren indirekten Massnahmen man den Wärmepumpenabsatz trotzdem fördern könnte und gleichzeitig den Anforderungen der "Additionalität" genügen könnte. Zunächst: Die von uns vorgeschlagene Referenzentwicklung ist in Bezug auf einzelne Anlagen in der Detaillierung der Wärmepumpenstatistik definiert. Grundsätzlich kann man damit jeden andern realisierten Pfad vergleichen, z.B. in Bezug auf Bestandszahlen, produzierte Wärme, installierte thermische Leistung usw. Was *nicht* ohne weitere Zusatzannahmen (oder Zusatzinformationen) geht: die Quantifizierung des CO₂-mässigen Unterschiedes. Denn hierfür muss man festlegen, welche Energieträger in welchem Mix ohne die zusätzlichen Wärmepumpen verwendet worden wären. Die Grössenordnung dürfte aber wohl zwischen 55 und etwa 73 Tonnen je Terajoule produzierter Wärme liegen, was den spezifischen Emissionswerten für Erdgas und Heizöl extra leicht entspricht.

Auch wenn die Wirkung indirekter Massnahmen nicht oder nur schlecht quantifizierbar ist, sind sie nach Ansicht vieler Kenner der Szene unabdingbar für den Erfolg von *direkten* Massnahmen. Deshalb sollte all das, was für die Wärmepumpe an indirekter Förderung in der Vergangenheit stattfand bzw. in naher Zukunft geplant ist, weitergeführt, wenn nicht gar ausgebaut werden. Dazu gehören sämtliche Qualitätssicherungsaktivitäten, wie aber auch Aktivitäten im Bereich Aus- und Weiterbildung und auch der Informationsvermittlung.

Soweit indirekte Fördermassnahmen verfolgt werden, sollten diese unter anderem den folgenden Anforderungen gerecht werden:

- (1) Jede indirekte Förderung sollte sich auf ein ganz spezifisches Marktsegment beziehen. Sanierung von (grösseren) Wohngebäuden, öffentlichen Gebäuden, Verkopplung mit Kühlung, nur Erdsonden usw.
- (2) In diesem Segment sollte man sich möglichst weit weg von einem Sättigungsregime bewegen. Das bedeutet in der Regel, dass die Wirtschaftlichkeit auch in naher Zukunft noch nicht garantiert werden kann, oder dass andere, eindeutig identifizierbare Hindernisse eine Realisierung verhindern.
- (3) Die Massnahmen sollten so konzipiert werden, dass man eine nachvollziehbare Wirkungskette definieren kann. Gegebenenfalls muss man ex ante bestimmte Parameter empirisch ermitteln, um ex post die Wirkung ausweisen zu können.

Je genauer ein solches Marktsegment gefasst werden kann, desto eher wird es möglich sein, ex post den Aktionen eine objektive Kausalwirkung zuzuordnen. Tabelle 5-4 fasst vier Ideen zu indirekten Massnahmen zusammen. Es versteht sich von selbst, dass jede dieser Ideen präzisiert und auf ihre Operationalität gründlich überprüft werden müsste.



Tab. 5-4: Mögliche Vorgehensweisen für geldwerte indirekte Massnahmen

| Nr. | Massnahme | Bemerkungen / Erläuterungen |
|-----|---|--|
| 1 | Versteigerung: Der Bund versteigert eine politisch festgelegte Menge von z.B. 50'000 Tonnen CO ₂ zur Finanzierung von indirekten Massnahmen im Wärmepumpenbereich. | Zwar ist die Wirkung von indirekten Massnahmen nicht quantifizierbar, aber durch die Versteigerung erhalten diese 50'000 Tonnen einen fairen, den Markt nicht verzerrenden Preis. Zwar kann nicht garantiert werden, dass diese 50'000 Tonnen "effektiv" zusätzlich sind, es werden aber mit dem Versteigerungserlös sicher zielkongruente Massnahmen (Qualitätssicherung, Aus- und Weiterbildung usw.) ausgelöst. In wie weit ein solches Verfahren nach nationalem und / oder internationalem Recht möglich ist, müsste abgeklärt werden. Selbstverständlich könnte ein solches Verfahren auf viele andere "indirekte" (vielleicht auch direkte) Bereiche ausgedehnt werden. |
| 2 | Benchmarking: Der Bund legt eine bestimmte Referenzentwicklung für den Wärmepumpenabsatz (ev. Bestand) fest. Was darüber hinausgeht, darf sich die Förderinstitution CO ₂ -mässig "gutschreiben" lassen. | Dies entspricht wohl am ehesten der Grundintention des "EOS Förderprogramms". Der Benchmark kann sich auf den gesamten Wärmepumpenmarkt beziehen oder (besser) auf bestimmte Marktsegmente. Was die (indirekte) Förderung kostet, interessiert dabei nicht. Die Förderanstrengungen können dabei rollend angepasst werden. Das Problem der Doppelzählungen muss aber gelöst werden. Falls die gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten sich deutlich anders entwickeln als in der Referenzentwicklung angenommen, muss diese korrigierbar sein. Die Korrekturmechanismen sollten vorher mit der Förderinstitution festgelegt werden. |
| 3 | Organisation des CO ₂ -Handels bei kleine(re)n Wärmepumpen | Falls auch kleinere CO ₂ -Betreffnisse national handelbar werden, muss der Handel sehr effizient organisiert werden, damit die Transaktionskosten nicht prohibitiv wirken (Stichworte: Pooling, Monitoring, Kontrolle). Die Förderinstitution könnte die so frei werdenden CO ₂ -Betreffnisse zu Vorzugsbedingungen erwerben. |
| 4 | JAZ-Verbesserung: Wärmepumpenlieferanten erhalten für jede verkaufte Wärmepumpe, deren JAZ besser als ein vorgegebener Benchmark ist, von der Förderinstitution einen bestimmten Betrag. | Es werden damit nicht einzelne Anlagen gefördert, sondern eine Art "Flottenergebnis" je Anbieter. Je ausgeprägter die Elektrizität fossil-thermisch erzeugt wird, desto wichtiger ist ein gute Jahresarbeitszahl (JAZ). Es könnten auch andere oder zusätzliche Kriterien zur Anwendung kommen (etwa bezüglich der Wärmequelle). Das Problem etwaiger Doppelzählungen muss auch in diesem Fall gelöst werden. |



6 Fazit und Empfehlungen

Die Festlegung einer Referenzentwicklung für den Wärmepumpenmarkt erwies sich als deutlich schwieriger als vorausgesehen – trotz einer hervorragenden statistischen Ausgangslage und trotz zahlreicher einschlägiger Studien.

Die drei wichtigsten Gründe können im Sinne eines *Fazits* wie folgt zusammengefasst werden:

- (1) Eine Vielzahl von Einflussgrössen muss für den Wärmepumpenmarkt berücksichtigt werden. Einige können in ihrer Wirkung unzweideutig algorithmisch und kausal abgesichert werden (etwa die Bautätigkeit), bei andern ist dies eingeschränkt der Fall (etwa bei den Energiepreisen) oder kaum möglich (etwa was die Wirkung von bestimmten Fördermassnahmen betrifft).
- (2) Dann zerfällt der Wärmepumpenmarkt klar in verschiedene Teilsegmente, die weitgehend unabhängig voneinander betrachtet werden müssen. Im Neubaubereich bei Ein- und Zweifamilienhäusern befindet sich der Wärmepumpenmarkt nach dem stürmischen Wachstum der Jahre 2003 bis 2006 schon praktisch im Sättigungsbereich, was angesichts der gegenwärtigen Energiepreise und der weit verbreiteten Sorge über die Klimaentwicklung nicht verwunderlich ist: Die Luft-Wasser-Wärmepumpe ist in einer Vollkostenrechnung sogar das billigste Heizsystem. Hingegen entwickelt sich der Sanierungsmarkt nur sehr schleppend. Auch hier sind die Gründe klar: Im Regelfall ist der Wechsel zur Wärmepumpe zu teuer und technische Hindernisse können den Wechsel gänzlich verhindern.
- (3) Schon heute ist der reine Ersatzmarkt von erheblicher Bedeutung und wird in nicht allzu ferner Zukunft sogar den Hauptteil des Absatzes ausmachen. Damit wird das Problem der "richtigen" Bilanzierung von Förderanstrengungen immer wichtiger – vor allem auch im Kontext von Wirkungsanalysen.

Vor dem diesem Hintergrund möchten wir die folgenden *Empfehlungen* formulieren:

- (1) Angesichts der ganz unterschiedlichen Stadien der Marktentwicklung in den verschiedenen Marktsegmenten sollten bei der Definition von Referenzentwicklungen für Wirkungsanalysen (sei es im Rahmen von EnergieSchweiz oder im Rahmen von Kompensationsmassnahmen im Sinne des "EOS Förderprogrammes für die zusätzliche Installation von Wärmepumpen im Heizungsmarkt Schweiz") die notwendigen Differenzierungen vorgenommen werden. Mindestens zu unterscheiden wären:
 - Neubau (Ein- und Zweifamilienhäuser)
 - Übriger Neubau
 - Sanierung
 - Ersatz
- (2) Jene Marktsegmente, die bereits den Sättigungsbereich erreicht haben oder in Kürze erreichen werden, sowie jene Segmente, die sich aus einem reinen Ersatzmarkt ergeben, sollten heute (!) nicht mehr der Wirkung von irgendwelchen Massnahmen in der Vergangenheit gutgeschrieben, sondern klar der Referenzentwicklung zugeordnet werden.³⁰ Das müsste u. E. sowohl für die Wirkungsanalyse EnergieSchweiz wie für etwaige Kompensationsmassnahmen gelten.

³⁰ Wir möchten hier nochmals betonen, dass dies nicht heisst, dass die Förderung in der Vergangenheit heute keine Wirkung mehr hat, sondern dass diese Wirkung von der Entwicklung quasi aufgesogen und internalisiert wurde, wie viele *andere* wichtige Einflüsse auch, die man ja auch nicht explizit macht und die vielleicht trotzdem ihren "Anteil am Kuchen" haben möchten ...



- (3) In diesen Marktsegmenten sollten auch keine indirekten Massnahmen *zusätzlich* eingeführt werden. Sie stossen ins Leere. Allerdings: Dies bedeutet *nicht*, dass bisherige indirekte Massnahmen, wie z.B. die Qualitätssicherung, aufgegeben werden dürfen. Im Gegenteil!
- (4) Für die Wirkungsanalyse EnergieSchweiz kann der dann verbleibende Absatz als Ausgangslage für eine Referenzdefinition dienen. Welcher Anteil davon effektiv als Referenz für die Wirkungsanalyse dienen soll, ist im Detail noch festzulegen. Denkbar ist, dass man für den Neubaufall ab 20 kW sogar vom gesamten Absatz ausgeht, genau so wie für den Sanierungsfall (also mehr als heute der Wirkung von EnergieSchweiz zuweist). Wichtig wäre es zudem, dass die in der Wirkungsanalyse verwendeten Parameter (Lebensdauer, mittlere Leistung, JAZ u.a.) die gleichen Werte aufweisen würden wie im Statistiktool.
- (5) Zur Sicherstellung der geforderten Additionalität von CO₂-Kompensationsmassnahmen wäre für indirekte Massnahmen der Sanierungsmarkt sicher der geeignetste. Aber auch grössere Neubauprojekte würden in der Regel bei einer Einzelprüfung den üblichen Additionalitätskriterien genügen und könnten so miteinbezogen werden.
- (6) Allerdings dürfte mittelfristig das Problem der Adressierbarkeit von indirekten CO₂-Minderungs-massnahmen nicht zu vermeiden sein (salopp gesprochen: wer darf unter welchen Bedingungen die vermiedenen CO₂-Emissionen *wirklich* für sich reklamieren?). Von daher sollten die beteiligten Akteure bei ihren Abmachungen diesen Punkt im Auge behalten und etwaige vertragliche Absicherungen vornehmen.
- (7) Schliesslich sollten bei allfälligen Abmachungen über indirekte Massnahmen zur CO₂-Kompensation die Effekte im Rahmen einer alljährlichen Ex-post-Analyse untersucht werden – in Ergänzung zu dem ohnehin vorzusehenden Monitoring im Rahmen der Wärmepumpenstatistik. In diesem Zusammenhang sollte auch das Erhebungsformular der Absatzstatistik so angepasst werden, dass Fehlzuordnungen zu den verschiedenen Erhebungskategorien möglichst ausgeschlossen werden, insbesondere bei der Zuordnung zu "Neubau", "Sanierung" und "Ersatz".
- (8) Zu guter Letzt sollte die hier vorgeschlagene Referenzentwicklung im Rahmen der erwähnten Ex-post-Analyse angesichts der tatsächlichen Entwicklung der algorithmisch einigermassen fassbaren Einflüsse (Bautätigkeit, Preise, Witterung) kritisch verfolgt werden.



Befragte Fachleute

Aebischer, B. (CEPE)
Bartholdi, Ch. (Energiefachstelle Kanton Schaffhausen)
Buccoliero, P. (Stiebel Eltron)
Christen, P. Danfoss
Frey, P. (Procal)
Geiser, R. (Burson-Marsteller Schweiz)
Giger, H. (BKW)
Gisler, M. (Energiefachstelle Kanton Zug)
Gutzwiller, L. (BFE)
Häfeli, U. (Energieberater)
Hauber, P.(EKZ)
Humm, P. (Energiefachstelle Kanton Aargau)
Hurter, M. (CTC-Giersch)
Jakob, M. (CEPE)
Lüchinger, A. (Energiebeauftragter Küssnacht)
Müller, E. A. (Büro EAM)
Muggli, Ch. (EnAW)
Muttенzer, J. (Öffentliche Baselbieter Energieberatung)
Primas, A.(Basler & Hofmann)
Schäfer, N. (Domotec)
Suter, A. (Swisstherm)
Widmann, Ch. Frau (Leistungsgemeinschaft Wärmepumpen Austria)
Wiederkehr, F. (Energiefachstelle Kanton Appenzell Innerroden)

Zusätzlich standen uns die Mitglieder der Begleitgruppe Red' und Antwort. Ganz besonderer Dank gehört den Herren Peterhans und Rognon.

Darüber hinaus wurden zur Abrundung des Bildes auch noch einige private Wärmepumpensitzer nach ihren Erfahrungen und Motivationen befragt.



Bibliografie

- ACNielsen (2007): Consumer Confidence And Major Concerns, Pressemitteilung vom 15. Oktober: <http://ch.de.acnielsen.com/site/pr20071015.shtml>
- Backhaus K. und Voeth M.; Industriegütermarketing, 8. Auflage; Verlag Franz Vahlen GmbH, München, 2007
- Balthasar A. (2000): Energie 2000, Programmwirkungen und Folgerungen aus der Evaluation, Verlag Rüegger, Chur/Zürich
- Basics (1994): Evaluation des Startprogramms Solar aktiv, Bundesamt für Energie
- Basics (1995): Kurzevaluation der Förderungsprogramme Holz und Wärmepumpen, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (1998): Beiträge aus dem Strompreiszuschlags-Fonds, Energetische Wirksamkeit und Verteilpolitik, Studie im Auftrag der IWB, Basel
- Basics (2000): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation, Überarbeitete Version vom Juni 2000, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2002): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation der Ergänzungsarbeiten, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics (2006): Der Energieverbrauch der Industrie, 1990 – 2035, Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer, Bundesamt für Energie, Bern
- Basics(2007): Erweiterung der schweizerischen Elektrowärmepumpenstatistik, Dokumentation der Arbeiten, Bundesamt für Energie, Bern
- BEF (2004): Subventionsprogramm Lothar, August 2000 – Dezember 2003, Bundesamt für Energie, Bern,
- BFE (2007a): Die Energieperspektiven 2035 – Bände 1 bis 5 (inkl. Anhänge), Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern
- BFE (2007b): Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen, Schlussbericht, Bundesamt für Energie, Bern (<http://www.empa-ren.ch>)
- BHP (1997): Pilotprojekte im Energiebereich im Kanton Zürich: Vollzug und Wirkungen der staatlichen Förderung, Zürich
- Bortz J. und Döring N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation, Springer-Verlag, Berlin et al.
- BPS (1996): Evaluation des Startprogramms "Photovoltaik-Anlagen auf Schulen", Bundesamt für Energie
- CDM (o.Jg.): Tool for the demonstration and assessment of additionality, version 3, EB 29, UNFCCC/CCNUCC
- Diekmann A. und Meyer R. (2007): Klimawandel, ökologische Risiken und Umweltbewusstsein in der schweizerischen Bevölkerung, ETH-Studie Schweizer Umweltsurvey 2007, <http://www.socio.ethz.ch/research/umweltsurvey/umweltsurvey2007>
- Econcept (1997): Evaluation energiepolitisch motivierter Steuererleichterungen, Bundesamt für Energie, Bern
- Ewringmann D. und Hansmeyer K. H. (1975): Zur Beurteilung von Subventionen, Westdeutscher Verlag, Opladen
- FWS(2007): EOS Förderprogramm für die zusätzliche Installation von Wärmepumpen im Heizungsmarkt Schweiz, Konzeptarbeit durch Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz, FWS, Bern
- Infras (2007): Wirkungsanalyse EnergieSchweiz 2006, Wirkungen der freiwilligen Massnahmen und der Förderaktivitäten von EnergieSchweiz auf Energie, Emissionen und Beschäftigung, Bundesamt für Energie, Bern
- Madlener R. und Koller M. (2006): Ökonomische Auswirkungen der Förderung von Biomasseanlagen: Eine Input-Output Analyse für Vorarlberg; in: ZfE Zeitschrift für Energiewirtschaft 30 (2006) 2



- Meier R. (1982): Bedeutung und Ausrichtung kantonaler Wirtschaftspolitik, Peter Lang, Bern et al.
- Rognon F. (2005): Energetische Potenziale von Wärmepumpen kombiniert mit Wärme-Kraft-Kopplung. Für maximale CO₂-Reduktion und für fossile Stromerzeugung mit CO₂-Reduktion in der Schweiz, Bundesamt für Energie, Bern
- Rognon F. (2006): Bedeutung der Gross-Wärmepumpen in der schweizerischen Energiepolitik, in: Potenziale von Gross-Wärmepumpen besser nutzen, Konzeption, Anwendungen, Kundensicht, 13. Tagung des Forschungsprogrammes "Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte" des Bundesamtes für Energie (BFE), Hrs. M. Ehrbar und F. Rognon, Bern
- Saurer P. (1996): Der Investitionsbonus 1993 - 1995, Schlussbericht, BFK, Bern; in: Mitteilungsblatt für Konjunkturfragen, 3/96, Seite 12
- Schlittgen R. und Streitberg B. (2001): Zeitreihenanalyse, R. Oldenbourg Verlag, München und Wien
- SKR (2006): Ausschreibung Emissionsreduktionsprojekte, Wegleitung zum Antragsformular, www.stiftungsklimarappen.ch, November 2006
- Stier W. (2001): Methoden der Zeitreihenanalyse, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg