

Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik

Dokumentation der Ergänzungsarbeiten

Ausgearbeitet durch

Basics AG

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Juli 2002

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie

Auftragnehmer:

Basics AG, Entscheidungsgrundlagen für Politik und Wirtschaft, Beckenhofstrasse 16, Postfach 176, 8035 Zürich

Autoren:

Walter Baumgartner, Claudia Bucher

2002

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt der Studie ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Modellansatz	3
3	Durchschnittliche Leistungen in einer Erhebungskategorie	3
3.1	Rückwirkende Erhebung von Leistungen	3
3.2	Ergänzung der laufenden Erhebung	3
3.3	Erkenntnisse aus den bisherigen Absatzdaten	4
3.4	Annahmen für das Rechenmodell	5
4	Ausfallwahrscheinlichkeiten	5
4.1	Einführung	5
4.2	Daten von Ölheizungen	7
4.3	Neue Umfrage bei Experten	9
4.4	Annahmen für das Rechenmodell	11
5	Jahresarbeitszahlen	14
5.1	Erkenntnisse aus den FAWA-Daten	14
5.2	Annahmen für das Rechenmodell	23
6	Klimaabhängigkeit der Jahresarbeitszahl	23
7	Normlaufzeiten	23
7.1	Erkenntnisse aus den FAWA-Daten	23
7.2	Annahmen für das Rechenmodell	25
8	Leistungsziffern	25
8.1	Erkenntnisse aus den FAWA-Daten	25
8.2	Annahmen für das Rechenmodell	26
9	Frühe Wärmepumpen	26

10	Absatzdaten von AWP und FWS	27
11	Bestandserhebung des VSE	28
12	Grosswärmepumpen	28
13	Resultate	30
14	Bibliografie	34

Anhang

1 Einleitung

Bis 1998 beruhte die Wärmepumpenstatistik auf einer einfachen Kombination von halbjährlich erhobenen Absatzdaten von AWP (Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen) und FWS (Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz) und einer im Prinzip zweijährlich durchgeführten Bestandserhebung des VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke). Da die beiden Erhebungen bezüglich der Anlagenzahl – auch nach Vornahme gewisser Korrekturen – immer stärker auseinander lagen, war es notwendig geworden, die Grundlagen der Statistik neu zu durchdenken und, wo nötig, neue Wege zu beschreiten. Ziel war es, ein Erhebungssystem zu schaffen, das nach einer Einführungsphase auch ohne einen externen Berater vom BFE (Bundesamt für Energie) selbst "bedient" werden könnte.

Die neu geschaffene Wärmepumpenstatistik beruht nach wie vor ganz wesentlich auf den (mittlerweile gemeinsamen) Absatz-Erhebungen von AWP und FWS sowie einer Bestandserhebung des VSE. Letztere wird aber nun nur noch alle fünf Jahre durchgeführt. Ursprünglich war vorgesehen gewesen, mit der Bestandserhebung für das Jahr 1998 die über einen Kohortenansatz (s.u.) ausgewerteten Absatzerhebungen zu kalibrieren. Die effektiven Resultate der beiden Erhebungsansätze lagen für das Jahr 1998 aber so nahe beieinander, dass darauf verzichtet wurde. Die Bestandserhebung erwies sich so als eine unabhängige Kontrolle der aus den Absatzerhebungen abgeleiteten Bestandszahlen.

Im Zentrum der neuen Wärmepumpenstatistik stehen damit (bis zur nächsten Bestandserhebung für das Statistik-Jahr 2003) die Absatzerhebungen. Diese wurden gegenüber dem bisherigen Regime einerseits inhaltlich gestrafft, andererseits bezüglich der Leistungsangaben feiner gestaltet. Entgegen der alten Praxis werden die Absatzzahlen nun nicht mehr einfach zusammengezählt und in pauschaler Weise über einen Abzug die Ersatzinstallationen berücksichtigt; die Absatzdaten werden vielmehr in ein eigentliches Kohortenmodell eingegeben, welches mit Überlebens- bzw. Ausfallraten arbeitet, die aus einer Expertenbefragung abgeleitet wurden.

Die neue Wärmepumpenstatistik wurde als einfach zu bedienende Excel-Arbeitsmappe realisiert – mit klar definierten Input-Stellen u.a. für die Eingabe der Absatzdaten. Das ganze Modell inklusive der Resultate bis und mit dem Statistikjahr 1998 wurde in einer ausführlichen Dokumentation¹ dargestellt.

¹ Basics (1999): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation, September 1999, Zürich

Da im Frühjahr 2000 neue und vor allem viel zahlreichere Daten aus der Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen (FAWA) zur Verfügung standen, wurden diese im Hinblick auf die Bedürfnisse der Wärmepumpenstatistik erneut ausgewertet. Darauf basierend wurden verschiedene Parameter des Kohortenmodells angepasst und die Statistik bis und mit dem Statistikjahr 1999 neu gerechnet. Zusätzlich wurden verschiedene andere Korrekturen/Anpassungen vorgenommen. Insbesondere wurden die neuen Wärmepumpentypen, wie sie in der Absatzerhebung ab 1999 neu unterschieden werden, in den Modellmechanismus integriert. Eine ausführliche Darstellung dieser Arbeiten samt den neuen Resultaten findet sich in der aktualisierten Dokumentation².

Nach wie vor bestanden aber noch gewisse Mängel. So sollte die durchschnittliche Leistung der grossen Wärmepumpen eigentlich besser bekannt sein. Denn selbst relativ kleine Fehler könnten in der (energetischen) Gesamtbilanz durchaus wichtig werden. Und auch bei den Ausfallwahrscheinlichkeiten sollte überprüft werden, ob sich hier nicht einige Anpassungen aufdrängen würden. Zudem sollten die neusten FAWA-Daten ausgewertet werden, um die massgeblichen Modellparameter allenfalls zu adjustieren. Und last but not least sollte die Frage der ganz grossen Wärmepumpen nochmals unter die Lupe genommen werden, um zu klären, ob hier in den Absatzdaten Lücken bestehen könnten.

In diesem Sinne hat das BFE Basics im vergangenen Frühling einen Überarbeitungsauftrag erteilt. Kurz nach Aufnahme der Projektarbeiten ergab sich durch einen tragischen Todesfall bei der FWS die Notwendigkeit, das Projekt vorübergehend zu stoppen und dann etwas neu auszurichten. Die Ausrichtung betraf insbesondere die rückwirkende Ermittlung der grossen Leistungen. Diese konnte nicht in der beabsichtigten Weise durchgeführt werden und ergab keine brauchbaren Resultate.

Der vorliegende Bericht beschreibt die geleisteten Arbeiten sowie die neusten Resultate bis und mit dem Statistikjahr 2001. Die Darstellung folgt der überarbeiteten Dokumentation im Sinne einer "Differenzberichterstattung". Mit andern Worten: Wir übernehmen die Kapitelaufteilung der Dokumentation und besprechen in der Regel jeweils nur die vorgenommenen Änderungen bzw. Anpassungen. Nur mit der Ausgangs-Dokumentation zusammengenommen ergibt sich eine vollständige Beschreibung des Modells.

² Basics (2000): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation, Überarbeitete Version vom Juni 2000, Zürich

2 Modellansatz

Der grundsätzliche Modellansatz über eine detaillierte Kohortenrechnung hat sich sehr bewährt. Deshalb wurden hier auch keine Änderungen vorgenommen.

Alle Modelländerungen beziehen sich auf *Modellparameter*, nicht auf Algorithmen bzw. funktionale Zusammenhänge.

3 Durchschnittliche Leistungen in einer Erhebungskategorie

Vor allem bei den grossen Wärmepumpen (thermische Leistungen über 100 kW) besteht eine gewisse Unsicherheit über die durchschnittliche Leistung. Zwar wird hier über die neuen Erhebungsformulare bei der Absatzerhebung die Informationsslage durch die Einführung einer neuen Kategorie (100 bis 300 kW) deutlich verbessert, aber bei den bereits installierten Wärmepumpen bleibt die bisherige Unsicherheit bestehen. Und bei den Wärmepumpen über 300 kW Leistung (grösste Erhebungskategorie im neuen Formular) ist ein plausibler Durchschnittswert nur über eine geeignete Extrapolation zu finden.

Wir haben deshalb vorgeschlagen, die Absatzdaten sowohl rückwirkend wie auch künftig mit Angaben zu den Leistungen der grossen Wärmepumpen zu ergänzen.

3.1 Rückwirkende Erhebung von Leistungen

Für die bereits installierten grossen Wärmepumpen (Kategorie: "grösser 100 kW") haben wir bei den Mitgliedern von AWP und FWS eine "rückwirkende" Erhebung durchgeführt. Anzugeben waren nach Jahren differenziert die Anzahl Wärmepumpen sowie deren Leistungssumme. Leider war der Respons auf diese noch von D. Wittwer initiierte Umfrage so schlecht, dass wir mit diesen Daten gar nichts anfangen konnten.

3.2 Ergänzung der laufenden Erhebung

Für die künftigen grossen Wärmepumpen hatten wir vorgeschlagen, die Leistungsdaten schon bei der Absatzerhebung zu generieren. Wir haben ein entsprechendes Zusatzblatt zur Absatzerhebung kreiert (vgl. Anhang). Die verlangten

Zusatzinformationen betreffen nur die Kategorien "100 bis 300 kW" und "300 und mehr kW" und beschränken sich auf die Angabe der Anzahl der abgesetzten Wärmepumpen sowie deren Leistungssumme. Nach dem Hinschied von D. Wittwer wird dieses Erhebungsblatt aber nun erst ab Januar 2002 wirksam.

3.3 Erkenntnisse aus den bisherigen Absatzdaten

Seit 1999 werden die Absatzdaten bezüglich der Leistungen feiner als bisher erhoben. Es stellt sich deshalb die Frage, ob man daraus für die grossen und die ganz grossen Wärmepumpen nicht doch mit plausiblen Annahmen verlässlichere durchschnittliche Leistungen ermitteln könnte.

Tatsächlich ist dies möglich. In der Modell-Dokumentation (Basics 2000) wurde schon gezeigt, wie man für die zweitgrösste Kategorie (100 bis 300 kW) mit Hilfe eines einfachen Potenzgesetzes zwischen Leistung und Absatzmenge eine durchschnittliche Leistung ermitteln kann.³ Es ergab sich damals für diese Kategorie eine Leistung von 168 kW. Dabei gingen aber nur die Absatzdaten von einem einzigen Jahr (1999) ein. Es stellt sich damit die Frage, ob dieses Resultat so stehen bleibt, wenn man die heute zur Verfügung stehenden Absatzdaten von 1999 bis 2001 zusammennimmt (vgl. Tabelle 1). Tatsächlich ergibt sich erstens, dass das gleiche Potenzgesetz gilt und dass damit die erwähnte durchschnittliche Leistung nach wie vor gültig ist.

Tabelle 1: Absatzdaten AWP/FWS für 1999 bis 2001 (Raumwärme)

Kategorie	Anzahl
10 bis 20 kW	7'917
20 bis 50 kW	953
50 bis 100 kW	159
100 bis 300 kW	76
über 300 kW	22

Setzt man voraus, dass das so gefundene Potenzgesetz tatsächlich einigermaßen zutreffend ist, kann man nun auch abschätzen, welche durchschnittliche Leistung

³ Für die kleineren Leistungskategorien konnten gute Durchschnittswerte auf anderem Wege über EKZ- und BFE-Daten ermittelt werden.

die 22 abgesetzten Wärmepumpen mit einer Leistung über 300 kW haben müssten, wenn man annimmt, dass man in den Leistungen gemäss Potenzgesetz dann "abschneidet", wenn 22 abgesetzte Wärmepumpen erreicht werden. Dies geschieht bei rund 800 kW thermischer Leistung. Diese 800 kW entsprechen dann von der Idee her der grössten abgesetzten Wärmepumpe.⁴ Durch Mittelung der thermischen Leistungen zwischen 300 und 800 kW (durch die Absatzzahlen gemäss Potenzgesetz) ergibt sich dann eine durchschnittliche Leistung von recht genau 470 kW, etwas mehr als die bisherige "Handschtätzung" (400 kW). Wenn dies korrekt ist, kann man auch eine neue Schätzung für die Leistungskategorie grösser als 100 kW vornehmen: Deren durchschnittliche Leistung müsste dann 235 kW sein. Auch dies ist etwas mehr als bisher angenommen (200 kW).

3.4 Annahmen für das Rechenmodell

Aufgrund der oben dargestellten Befunde werden die Annahmen für das Rechenmodell bei den grossen Leistungen ohne WRG leicht angepasst. Als Durchschnittsleistung über 100 kW gilt neu der Wert von 235 kW. Als Durchschnittsleistung über 300 kW gilt neu der Wert von 467 kW. Entsprechend wird auch die zeitliche Entwicklung der grossen Leistungen proportional revidiert. Die Leistungen über 100 kW weisen danach bis 1982 einen Durchschnittswert von 329 kW auf, der bis 1990 linear abnehmend den neuen Endwert von 235 kW erreicht.

Alle anderen Durchschnittsleistungen bleiben unverändert.

4 Ausfallwahrscheinlichkeiten

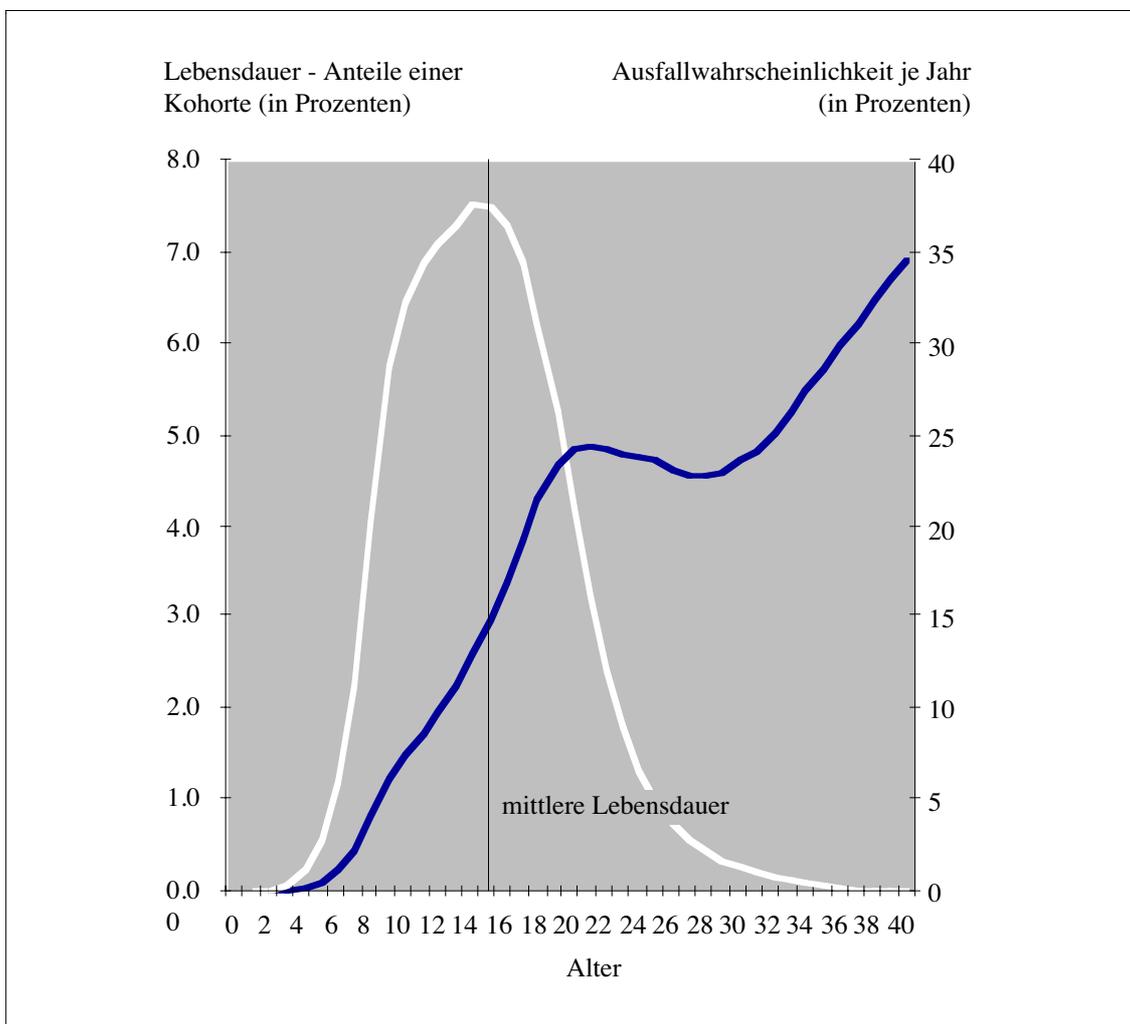
4.1 Einführung

Für ein Kohortenmodell ist es entscheidend, über die Ausfallraten Bescheid zu wissen (vgl. Basics 2000). Im bisherigen Modellansatz beruhten die verwendeten Ausfallraten auf einer Umfrage bei 51 Experten. Gegenstand dieser Befragung war einerseits die mittlere Lebensdauer von Wärmepumpenanlagen, andererseits aber auch die mutmassliche Streuung dieser Lebensdauern. Wichtig war dabei, dass es sich um die Lebensdauer ganzer Anlagen handelte und nicht etwa nur um diejenige des Kompressors allein. Es wurden zwei Grössen- und vier Alterskategorien unterschieden.

⁴ Die Suche nach Grosswärmepumpen hat dieses Resultat qualitativ bestätigt (vgl. Abschnitt 12): Wir haben keine Wärmepumpe mit einer Leistung über 800 kW gefunden, die in den letzten Jahren (neu) installiert worden wäre.

Um aus diesen Angaben Ausfallraten abzuleiten, wurde in einem ersten Schritt eine Verteilung der Lebensdauern ermittelt. Dies geschah auf Basis der Annahme, dass jeder Experte sich implizit eine Normalverteilung vorstellt. Durch Mittlung dieser Normalverteilungen ergab sich eine resultierende, leicht rechtschiefe Verteilung (vgl. Abbildung 1). Durch eine Art Ableitung ergab sich daraus dann eine resultierende Verteilung der Ausfallraten.

Abbildung 1: Verteilung der Lebensdauern (hellere Kurve, linke Skala) und der Ausfallwahrscheinlichkeiten (dunklere Kurve, rechte Skala) nach Jahren gemäss Expertenurfrage



Zwei Fragen mussten dabei offen bleiben:

- Aufgrund der Art der Befragung konnte die Bedeutung von Kinderkrankheiten nicht eingeschätzt werden. Es könnte ja sein, dass in den ersten zwei,

drei Jahren tatsächlich eine quantitativ bedeutsame Zahl von Wärmepumpen ersetzt werden muss. Damit würde die Ausfallrate zunächst deutlich über null liegen, dann praktisch auf null absinken und dann nach einigen Jahren wieder ansteigen ("Badewannenkurve").

- Ist der vorübergehende "Plafond" in der Ausfallkurve (im Alter von etwa 22 bis 30 Jahren) ein echtes Phänomen oder ein statistischer Artefakt?

Aufgrund einer neuen Experten-Umfrage und weiteren Untersuchungen konnten beide Fragen zum grösseren Teil geklärt werden.

4.2 Daten von Ölheizungen

Leider stehen – selbst für kleine Populationen – keine eigentlichen Zeitreihen von empirischen Bestandszahlen zur Konstruktion von Ausfallraten zur Verfügung. Damit ist nicht mal wirklich klar, ob der *prinzipielle* Verlauf der Ausfallraten, wie er über die Expertenumfrage ermittelt wurde, korrekt ist. Es war deshalb notwendig, ein geeignetes "Ersatzsystem" zu finden, für welches ausreichende statistische Daten zur Verfügung stehen, um diese Frage zu klären.

Im Rahmen eines anderen Projektes haben wir detaillierte Bestandsdaten zu Ölfeuerungen der Stadt Zürich erhalten. Über einen Zeitraum von 13 Jahren konnten wir so einen Bestand von rund 10'000 Anlagen statistisch genau erfassen und daraus entsprechende Ausfallraten ableiten.

Auch wenn Ölfeuerungen natürlich nicht gleich Wärmepumpen sind und noch andere Effekte hineinspielen (z.B. die sich ändernden Vorschriften der LRV), scheinen uns die Feuerungen hier ein gutes "Ersatzsystem" darzustellen. Und dies aus zweierlei Hinsichten:

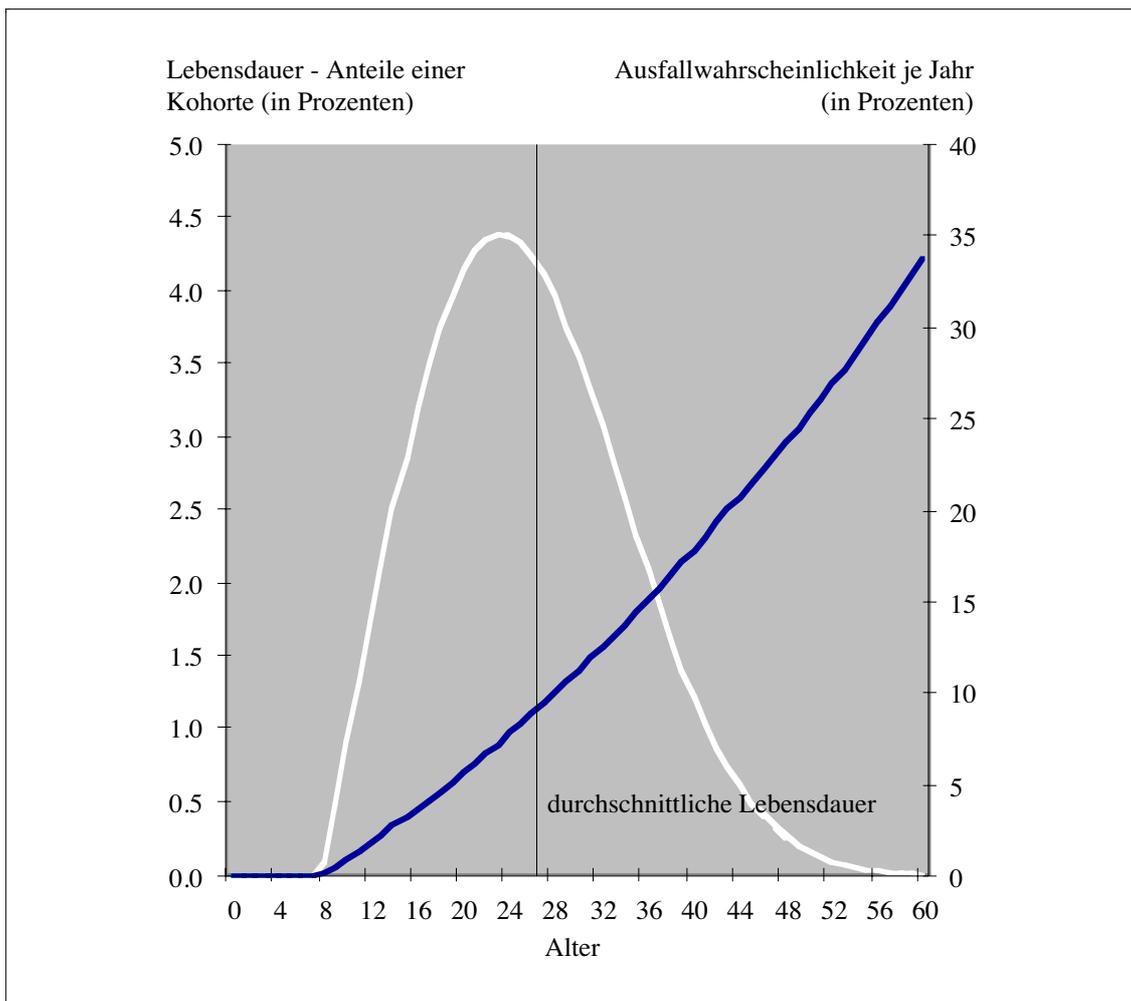
- Auch bei Feuerungen gibt es eine "Zweiteilung" im Sinne eines kurzlebigeren Teilsystems (Brenner) und eines längerlebigen Gesamtsystems (Kessel), wobei das kurzlebigere oftmals einmal ersetzt wird, bevor dies mit dem Gesamtsystem passiert.
- In beiden Fällen ist der Zweck der Anlagen weitgehend der gleiche und auch die technische Komplexität ist durchaus vergleichbar.

Angesichts der grossen Zahl von Datenpunkten ergibt sich als Resultat von zwei hintereinander geschalteten Least-Square-Fits (einmal quadratisch, einmal linear) ein zwar strukturarmes aber statistisch sehr signifikantes Bild. Natürlich ist dieses Bild nur eine Approximation an die Wirklichkeit. Damit ist die aus der Expertenbefragung abgeleitete prinzipielle Struktur der Ausfallrate empirisch für

ein ähnliches System sehr gut bestätigt. Wir drehen deshalb methodisch den Spiess um und sagen, dass die Resultate der neuen Expertenbefragung (vgl. Abschnitt 4.3) so ausgewertet werden, dass wir eine Struktur gemäss Abbildung 2 voraussetzen und gewissermassen einen dazu passenden optimalen Fit suchen.

Dies geht aber nur, wenn die Frage nach den Kinderkrankheiten geklärt werden kann. Aus der Analyse der Heizkesseldaten ergibt sich klar, dass bei diesen im Bestand das Phänomen der Kinderkrankheiten kaum sichtbar ist. Deshalb wurde der Fit auch so gelegt, dass bis zu einer kritischen Lebensdauer (hier um 7 Jahre) gar keine Ausfälle auftreten.

Abbildung 2: Regressionsanalytische Verteilung der Lebensdauern (hellere Kurve, linke Skala) und der Ausfallwahrscheinlichkeiten (dunklere Kurve, rechte Skala) nach Jahren gemäss Bestandsanalyse von rund 10'000 Öl-Kessel in der Stadt Zürich



Zeigt sich dies auch bei Wärmepumpen? Die Antwort ist eindeutig "ja". Wir haben nämlich in der neuen Befragung die Experten ausdrücklich auch danach gefragt; und in keinem Fall ergaben sich aufgrund der Antworten Hinweise darauf, dass das Phänomen quantitativ von Bedeutung sein könnte. Auch die Befragung des grössten schweizerischen Herstellers deutet darauf hin: Eigentliche Kinderkrankheiten gibt es zwar schon, diese fallen dann aber in die Garantiezeit und ein allfälliger Teil oder Total-Ersatz sollte sich in der Absatzstatistik nicht in einer Doppelzählung zeigen.

4.3 Neue Umfrage bei Experten

Ein Hauptteil der Arbeiten zur Überarbeitung der bestehenden Wärmepumpenstatistik bestand in der Durchführung und Auswertung einer neuen Umfrage bei einschlägigen Experten (Installateure, Planer und Ingenieure). Die Auswahl erfolgte nach dem Zufallsprinzip (ausgehend von Branchen- und Mitgliedslisten). Gesamthaft wurden nach einem Quotenverfahren fünfzig Interviews durchgeführt, wovon eines wegen offensichtlichen Unstimmigkeiten in den Antworten nicht in die Auswertung einbezogen wurde. Das Herzstück der telefonisch von einer Mitarbeiterin von Basics durchgeführten Befragung bestand im Ausfüllen der folgenden Tabelle 2:

**Tabelle 2: Verwendete Datenstruktur für die neue Expertenbefragung
(monovalente Wärmepumpen)**

Jahrgang	Leistungskategorie (thermisch)	Durchschnittliche Lebensdauer (Jahre)	Typische Streuung		Noch mögliche grösste Lebensdauer (Jahre)	ersetzte WP's im ersten Jahr: Kinderkrankheiten (%)
			von ... (Jahre)	bis ... (Jahre)		
2000	bis 20 kW					
	50 bis 100 kW					
1990	bis 20 kW					
	50 bis 100 kW					
1980	bis 20 kW					
	50 bis 100 kW					
1970	bis 20 kW					
	50 bis 100 kW					

Wie in der ersten Befragung beschränkte man sich dabei auf zwei Leistungskategorien. Man vernachlässigte dabei auch allfällige Unterschiede zwischen verschiedenen Wärmepumpentypen (Luft/Wasser, Wasser/Wasser, Sole/Wasser) und beschränkte sich auf qualitative Angaben hierzu.

Die Resultate der Expertenbefragung für die durchschnittliche Lebensdauer sind in Tabelle 3 dargestellt. Dabei wurden nicht einfach die direkten Angaben der durchschnittlichen Lebensdauer verwendet, sondern auch die Angaben zur typischen Streuung und zur grösstmöglichen Lebensdauer. Die Resultate weichen bei den "heutigen" Wärmepumpen nur unwesentlich und eigentlich im erwarteten Ausmass von den Resultaten der früheren Befragung ab, hingegen deutlich stärker bei den alten und ganz alten Wärmepumpen Jahrgängen (1980 und 1970). Bei diesen scheinen die neu befragten Experten um rund 2 Jahre optimistischer zu sein als die Experten der alten Befragung. Allerdings ist die Zahl der Nennungen im Vergleich zur alten Umfrage nicht allzu gross.

Tabelle 3: Resultat der neuen Expertenbefragung über die durchschnittliche Lebensdauer von Wärmepumpen im Vergleich mit den Resultaten der alten Befragung (kursiv; Quelle: Basics)

Jahrgang	Leistungskategorie	Durchschnittliche Lebensdauer	Mittlerer Fehler	Anzahl Nennungen
2000	bis 20 kW	16.2	0.45	47
<i>1998</i>		<i>15.0</i>	<i>0.55</i>	<i>51</i>
2000	50 bis 100 kW	17.4	0.59	40
<i>1998</i>		<i>17.0</i>	<i>0.59</i>	<i>51</i>
1990	bis 20 kW	16.0	0.45	48
<i>1990</i>		<i>14.1</i>	<i>0.60</i>	<i>49</i>
1990	50 bis 100 kW	17.4	0.59	41
<i>1990</i>		<i>16.2</i>	<i>0.71</i>	<i>48</i>
1980	bis 20 kW	15.7	0.60	36
<i>1980</i>		<i>13.1</i>	<i>0.84</i>	<i>41</i>
1980	50 bis 100 kW	16.5	0.85	27
<i>1980</i>		<i>13.1</i>	<i>0.84</i>	<i>39</i>
1970	bis 20 kW	16.2	0.54	9
<i>1970</i>		<i>13.3</i>	<i>1.00</i>	<i>23</i>
1970	50 bis 100 kW	15.9	0.55	10
<i>1970</i>		<i>14.2</i>	<i>1.10</i>	<i>21</i>

Grundsätzlich sollen für die Festlegung neuer durchschnittlicher Lebensdauern die Resultate beider Umfragen verwendet werden. Bevor dies geschehen kann, wird in einem ersten Schritt die Konsistenz der beiden Umfragen überprüft.

Hierzu werden die Angaben der ersten Umfrage für das Jahr 1998 entsprechend der Veränderung 1990 bis 1998 linear auf das Jahr 2000 extrapoliert (bei gleich bleibendem mittleren Fehler). Dann werden die neuen gewichteten Mittelwerte berechnet aufgrund der Angaben zu deren jeweiligen mittleren Fehlern (vgl. Tabelle 4). Für diese neuen Mittelwerte werden dann "innere" und "äussere" mittlere Fehler bestimmt. Daraus kann man entnehmen, inwiefern die beiden Befragungen rein statistisch gesehen konsistente Ergebnisse liefern (vgl. Kolonne "OK") und welches die mittleren Fehler der gewichteten mittleren Lebensdauern sind.

Tabelle 4: Statistische Analyse der Resultate der beiden Expertenbefragungen (OK = statistisch gesehen sind die entsprechend gekennzeichneten Kategorienresultate miteinander verträglich; Analyse: Basics)

Jahr- gang	Leistungskategorie	Mittlere Lebensdauer (Jahre)			Mittlerer Fehler (Jahre)			OK
		neu	alt	gewichtet	intern	extern	gesamt	
2000	bis 20 kW	16.2	15.23	15.8	0.35	0.48	0.48	OK
	50 bis 100 kW	17.4	17.2	17.3	0.42	0.10	0.42	OK
1990	bis 20 kW	16.0	14.1	15.3	0.36	0.91	0.91	OK
	50 bis 100 kW	17.4	16.2	16.9	0.45	0.59	0.59	
1980	bis 20 kW	15.7	13.1	14.8	0.49	1.23	1.23	
	50 bis 100 kW	16.5	13.1	14.8	0.60	1.70	1.70	
1970	bis 20 kW	16.2	13.3	15.5	0.48	1.21	1.21	OK
	50 bis 100 kW	15.9	14.2	15.6	0.49	0.68	0.68	

4.4 Annahmen für das Rechenmodell

Wie schon früher ausgeführt, könnte man für jede Wärmepumpenkategorie eine eigenständige Ausfallmatrix definieren. Von der Umfragenseite liegen im Prinzip Informationen zu den durchschnittlichen Lebensdauern und deren zeitlicher Entwicklung für zwei Wärmepumpenkategorien vor: für Wärmepumpen mit einer Leistung bis 20 kW und für solche mit einer Leistung von 50 bis 100 kW. Wir wollen hier aber wieder möglichst sparsame Annahmen treffen. Wir werden wie bisher nur eine einzige Ausfallmatrix verwenden, die alle Wärmepumpen gleichzeitig beschreiben soll. Einzig die durchschnittliche Lebensdauer verschie-

dener Wärmepumpenkategorien soll in Form von *ganzzahligen* Differenzschritten im Vergleich zum Basisfall berücksichtigt werden.⁵

Der Basisfall orientiert sich an den Befragungsergebnissen für die Wärmepumpen in der Leistungskategorie bis 20 kW. Er ist wie folgt definiert: Für Wärmepumpen des Jahrgangs 2000 wird eine mittlere Lebensdauer von 15.8 Jahren unterstellt (d.h. genau die gewichtete Lebensdauer für diese Kategorie gemäss Tabelle 4). Für jene des Jahrgangs 1990 eine solche von 15.0 Jahren und für die Jahrgänge 1970 und 1980 eine solche von 14.0. Mit diesen Annahmen erreichen wir, dass die Bestandsdaten der VSE-Erhebung mit genügender Genauigkeit reproduziert werden können, und dass die oben erwähnten ganzzahligen Differenzschritte zu den andern Wärmepumpenkategorien sinnvolle Ergebnisse liefern. Zudem berücksichtigen die Annahmen die deutlich grössere Anzahl auswertbarer Nennungen für die Jahrgänge 1970 und 1980 sowie eine gewisse "Alles-über-alles-Konsistenz" (Zunahme der mittleren Lebensdauer über drei Jahrzehnte, Unterschiede zwischen Leistungskategorien und zahlreiche Kommentare der befragten Experten).

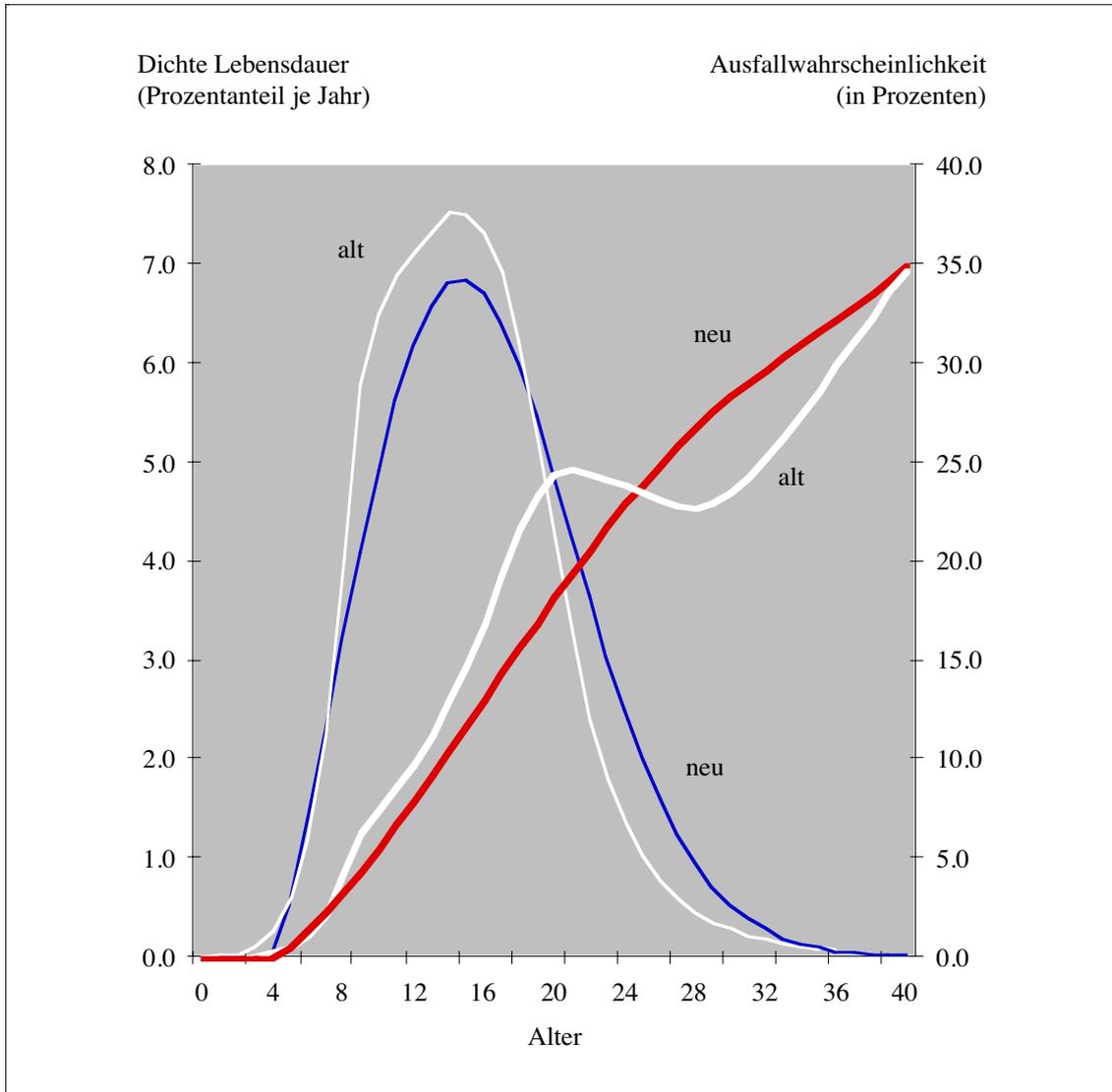
Gesamthaft gesehen "leben" damit im Basisfall alle Wärmepumpen knapp ein Jahr länger als bisher. Die Zwischenjahre werden linear interpoliert.

Bezüglich der Differenzierung nach Leistungskategorien übernehmen wir bis auf eine Ausnahme die alten Annahmen. Die Annahme betrifft die Wärmepumpen im Leistungsbereich 50 bis 100 kW. Hier gehen wir davon aus, dass deren Lebensdauer nur 1 Jahr höher ist. Erst die noch grösseren Leistungen erhalten einen Zuschlag von 2 Jahren.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich des neuen mit dem alten Basisfall. Der neue Basisfall zeigt zunächst eine etwas breitere Verteilung der resultierenden Lebensdauern sowie eine leichte "Nettoverschiebung" nach rechts (entsprechend der um rund ein Jahr grösseren durchschnittlichen Lebensdauer). Grössere Abweichungen zeigen sich hingegen bei den Ausfallwahrscheinlichkeiten. Diese liegen zunächst deutlich unter den bisherigen Daten, übersteigen diese aber dann ab etwa einem Alter von 24 Jahren zunehmend, um sich dann aber gegen das Maximalalter wieder zu treffen. Hierin spiegelt sich natürlich die empirische Langzeiterfahrung der Heizkessel, die die grundsätzliche Form der Kurve bestimmen. Gesamthaft gesehen dürfte die neue Ausfallkurve die Realität deutlich besser einfangen als die alte Kurve, vor allem ab einem Wärmepumpenalter von 10 bis 15 Jahren.

⁵ Die Ganzzahligkeit ist algorithmisch bedingt. Man könnte diese Beschränkung zwar aufheben, aber angesichts der ohnehin vorhandenen Ungenauigkeiten scheint uns eine solche Vereinfachung zu rechtfertigen sein.

Abbildung 3: Verteilung der Lebensdauern (linke Skala) und der zugehörigen bedingten Ausfallwahrscheinlichkeiten (rechte Skala).



Mit diesen neuen Annahmen für die Ausfallwahrscheinlichkeiten stimmt die rechnerisch ermittelte *Bestandsänderung* der Wärmepumpen im Jahr 1998 noch besser mit den entsprechend erhobenen Daten des VSE überein. Aus dem Modell ergibt sich eine Bestandsänderung von 3516 Wärmepumpen, aus der (hochgerechneten) VSE-Erhebung eine solche von 3552 Wärmepumpen, also praktisch der gleiche Wert.⁶

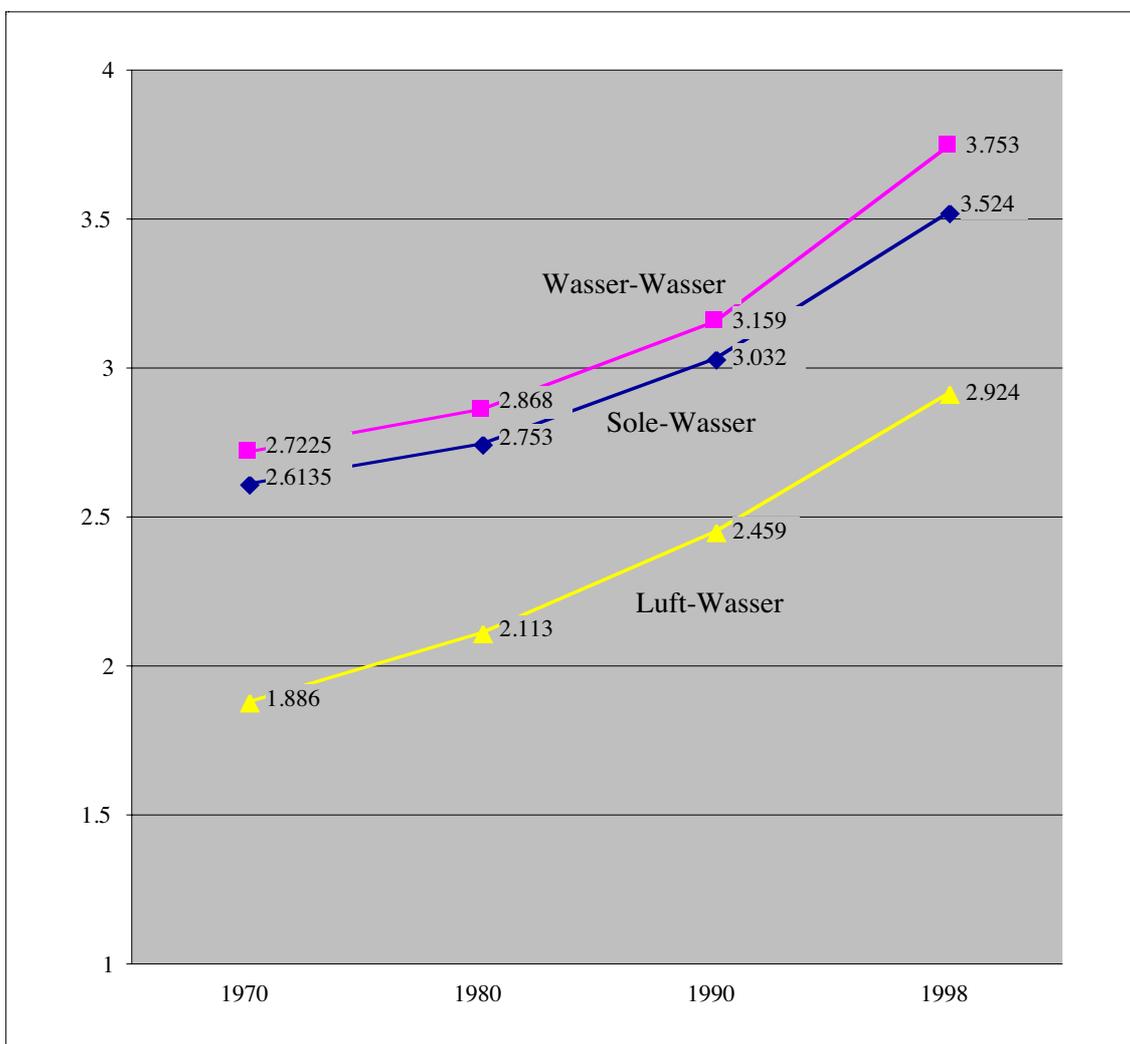
⁶ Der Vergleich bezieht sich auf Wärmepumpen mit einer Leistung kleiner als 100 kW (ohne WRG, Boiler, Einzelraumwärmepumpen).

5 Jahresarbeitszahlen

5.1 Erkenntnisse aus den FAWA-Daten

Einen zentralen Input für das Kohortenmodell stellen die Jahresarbeitszahlen dar. Ausgangspunkt sind die Daten, die über eine Expertenbefragung (Basics 2000) ermittelt wurden. Die Resultate sind in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Entwicklung der Jahresarbeitszahl gemäss Expertenbefragung (Quelle: Basics 2000)



Diese Daten bestimmten bis anhin – geeignet kalibriert – die Vergangenheitsentwicklung der Jahresarbeitszahlen. An diesem Verfahren wird in der gegenwärtigen Überarbeitung festgehalten. Es sollen für die Rekalibrierung aber die

neusten FAWA-Daten verwendet werden. Weiter soll anhand der FAWA-Daten überprüft werden, ob die zeitliche Entwicklung der jüngsten Vergangenheit in etwa mit derjenigen der Expertenbefragung zusammenpasst.

In Tabelle 5 sind die Jahresarbeitszahlen wiedergegeben, wie sie sich differenziert nach den drei Haupttypen aus den FAWA-Daten ergeben. Dabei werden alle Wärmepumpen von 1995 bis 2000 berücksichtigt. (Bei jenen Wärmepumpen, für die man für mehrere Jahre Jahresarbeitszahlen zur Verfügung hat, wurden entsprechende Mittelwerte gebildet.) Da alle Jahrgänge etwa gleich häufig vorkommen, kann dies in guter Näherung als der typische Wert für 1998 angesehen werden.

Tabelle 5: Jahresarbeitszahlen nach Typen alle Jahrgänge (entspricht etwa Jahrgang 1998, Quelle: FAWA; Auswertung: Basics)

	Luft-Wasser	Sole-Wasser	Wasser-Wasser
Mittelwert	2.681	3.428	3.092
Mittlerer Fehler	0.059	0.097	0.407

Ermittelt man aus diesen FAWA-Daten einen typengewichteten Mittelwert, so ergibt sich ein Wert von 2.997, klimakorrigiert 2.990. Kalibriert man die Daten der Expertenbefragung mit diesem neuen Wert, so ergeben sich im Zeitablauf kleine Veränderungen in der Grössenordnung von einigen Prozentpunkten (vgl. Abbildung 5). In die gleiche Figur eingetragen ist die aufgrund von Expertengesprächen anzunehmende künftige JAZ-Entwicklung (vgl. Basics 2000).

Anhand der FAWA-Daten soll im folgenden noch geprüft werden, ob die gemessene zeitliche Entwicklung der Jahresarbeitszahlen einigermaßen mit den Expertenvorgaben zusammenpasst. Die folgenden Abbildungen 6 bis 11 zeigen als Streudiagramme für die verschiedenen Jahrgänge den Zusammenhang zwischen Stromverbrauch und Wärmeproduktion. Daraus lässt sich regressionsanalytisch die entsprechende Jahresarbeitszahl bestimmen (vgl. die jeweils eingezeichneten Regressionsgeraden). Tabelle 6 zeigt zusammenfassend die so ermittelten Jahresarbeitszahlen wie auch die zugehörigen mittleren Fehler.

Abbildung 5: JAZ-Werte im Zeitablauf für Wärmepumpen bis 20 kW unter Berücksichtigung des in der Schweiz üblichen Typensplits aufgrund der neuen FAWA-Daten und Vergleich mit bisherigem Verlauf (Quelle: Basics)

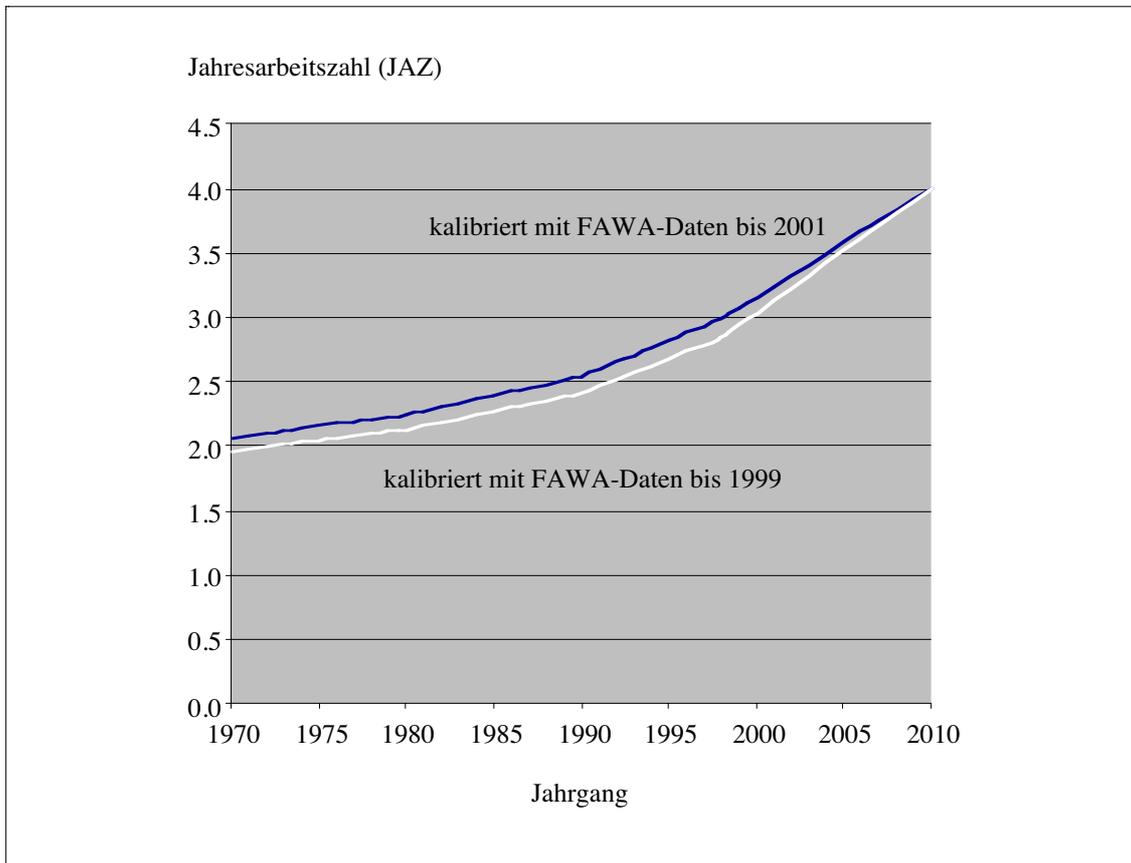


Abbildung 6: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 1995 (alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)

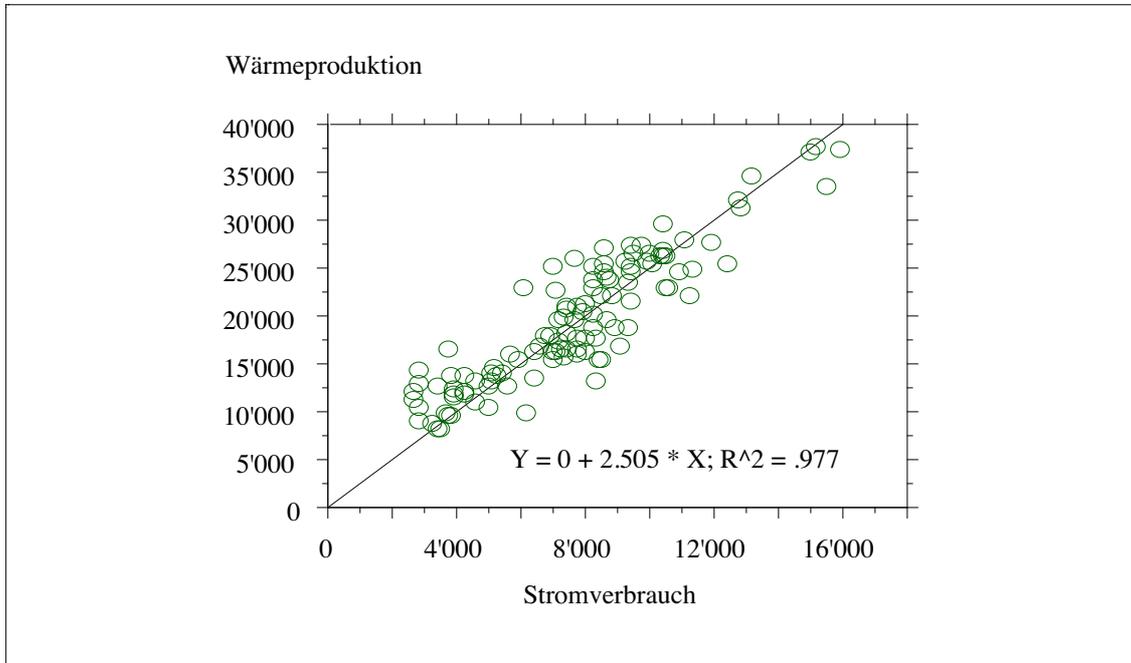


Abbildung 7: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 1996 (alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)

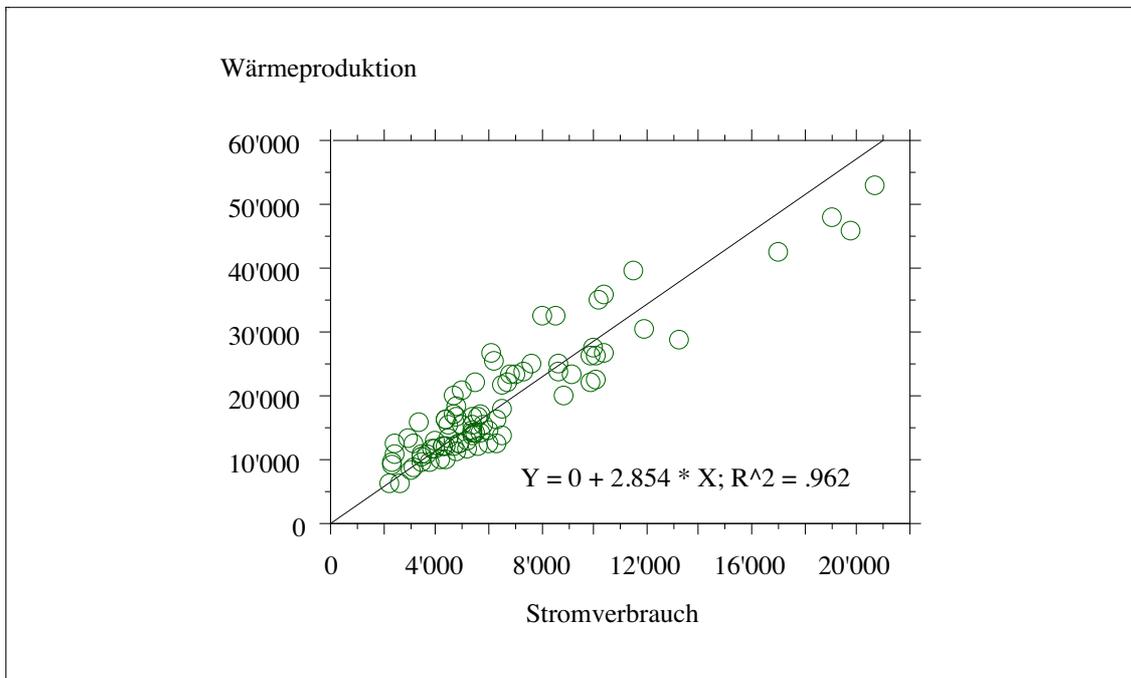


Abbildung 8: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 1997 (alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)

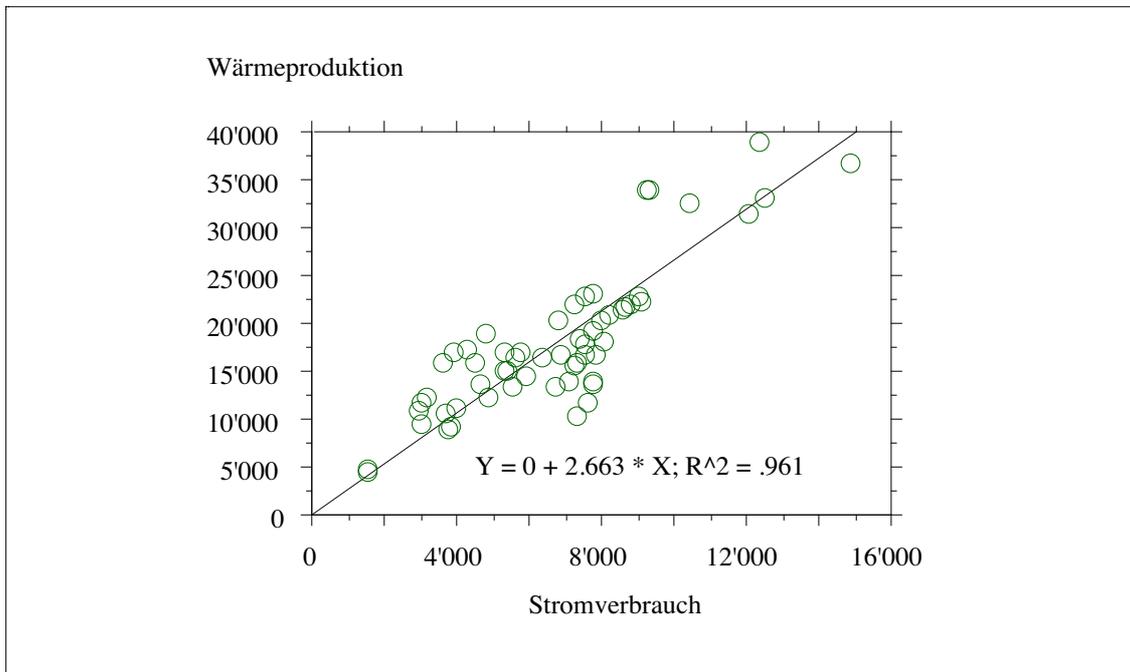
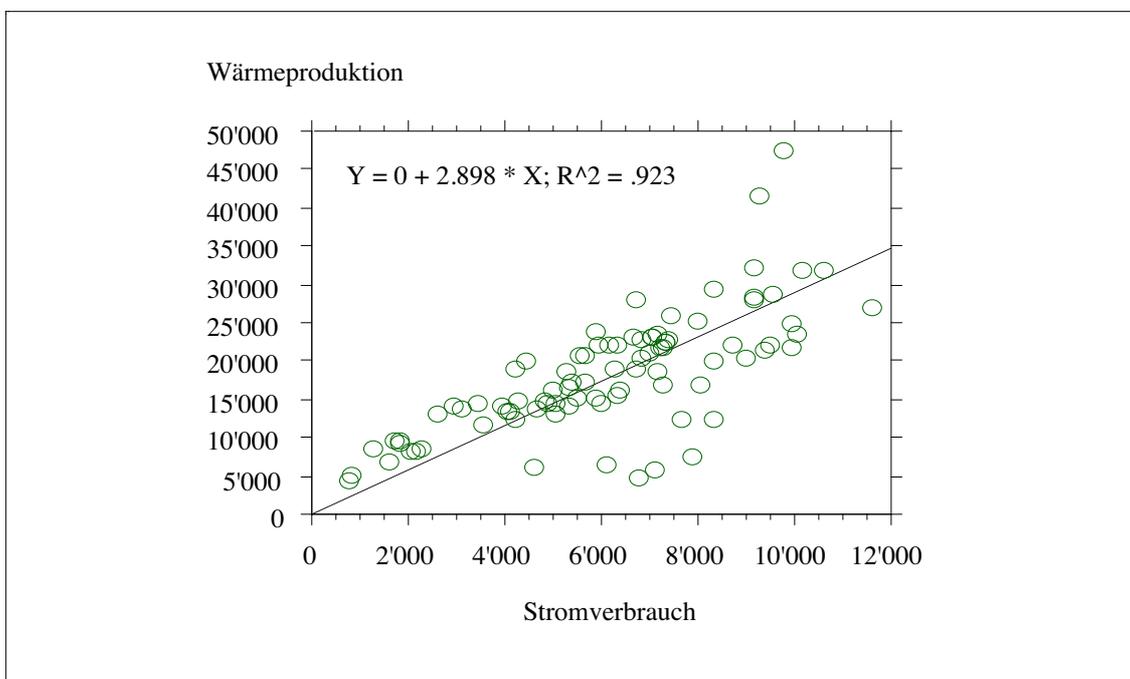
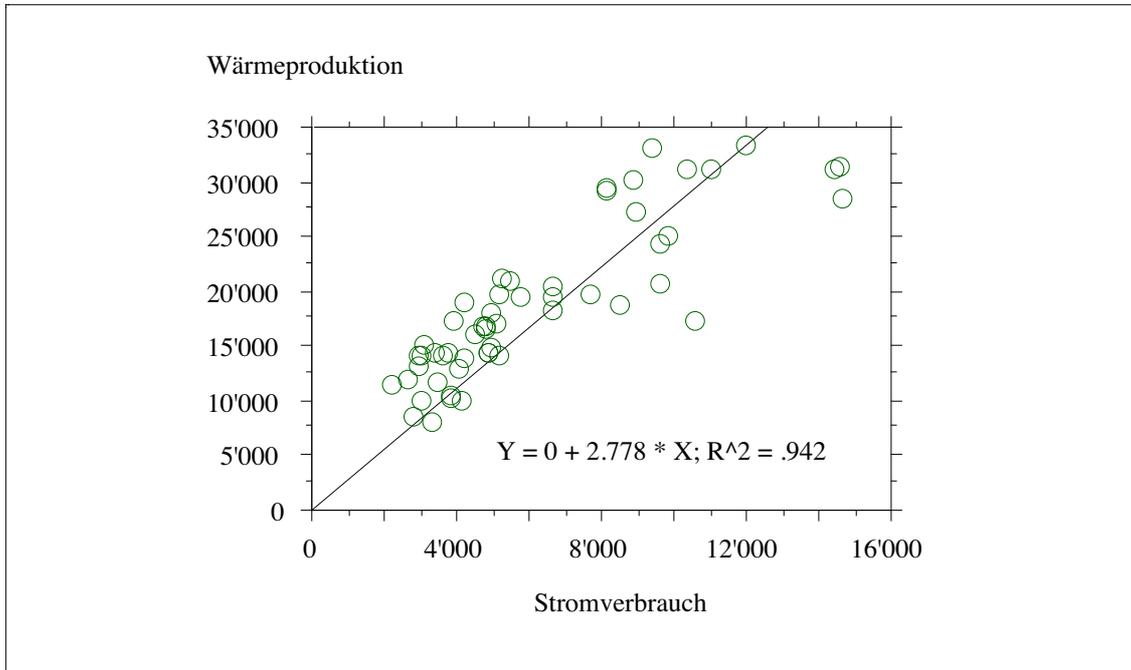


Abbildung 9: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 1998 (alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)



**Abbildung 10: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 1999
(alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)**



**Abbildung 11: Regressionsanalytische Jahresarbeitszahl für den Jahrgang 2000
(alle Typen, Messdaten bis ca. Ende 2001, Auswertung: Basics)**

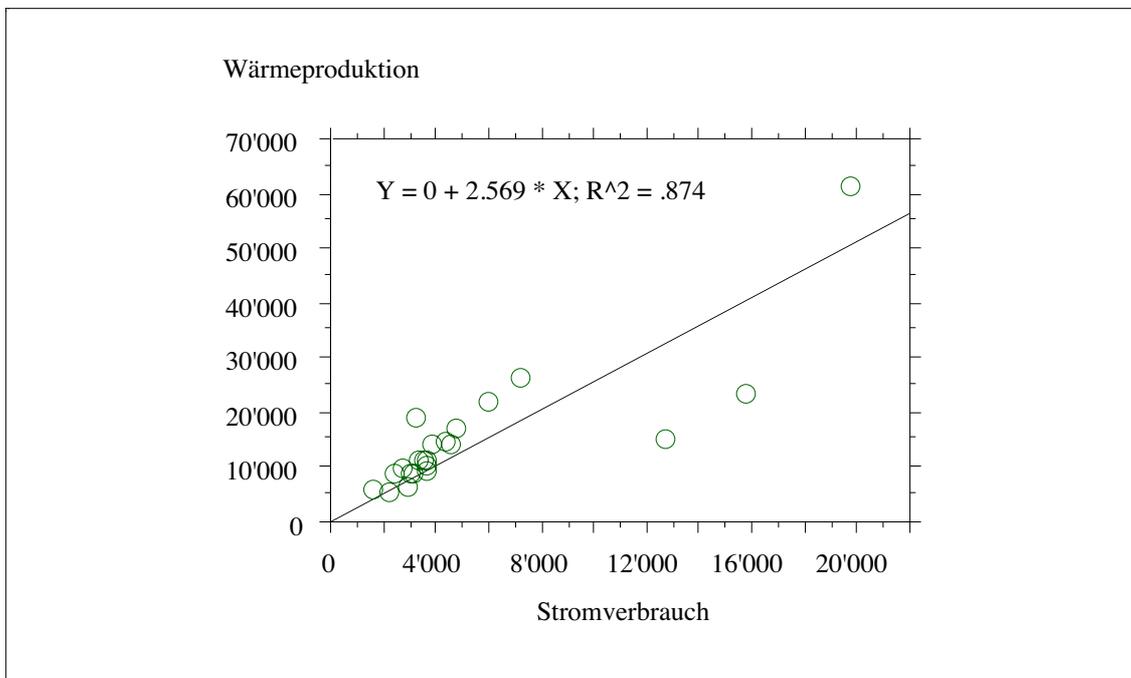
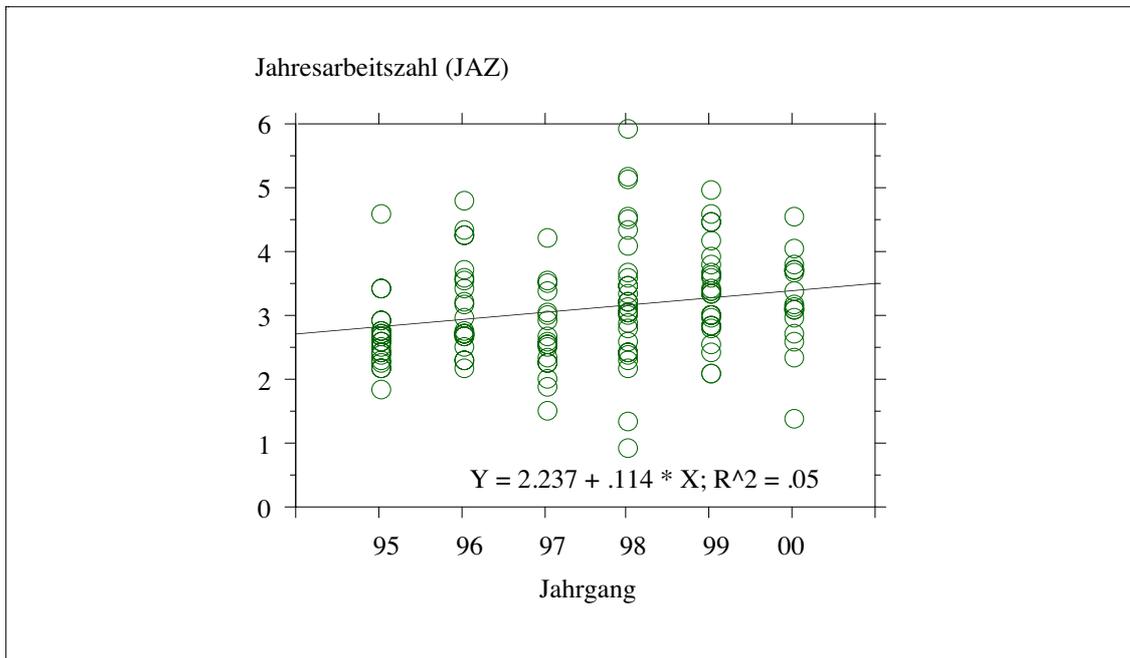


Tabelle 6: Abhängigkeit der Jahresarbeitszahl vom Wärmepumpenjahrgang als Resultat von Regressionsrechnungen (alt = Werte aus FAWA-Daten bis Mitte 1999; neu = Werte aus FAWA-Daten bis 2001, Auswertung: Basics)

Jahrgang	JAZ-Wert (neu)	JAZ-Wert (alt)	Mittlerer Fehler (neu)	Anzahl Messpunkte (neu)
1995	2.505	2.468	0.036	115
1996	2.854	2.531	0.061	87
1997	2.663	2.796	0.071	58
1998	2.898	2.826	0.089	89
1999	2.778		0.094	54
2000	2.569		0.213	22

Die Abbildung 12 zeigt die Streuung der Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit des Jahrganges der einzelnen Wärmepumpen. Für die Analyse konnten die Daten von 134 Wärmepumpen berücksichtigt werden. Da für die einzelnen Wärmepumpen in der Regel mehr als eine Angabe zur Jahresarbeitszahl zur Verfügung steht, wurde jeweils ein gewichteter Durchschnitt gebildet. Aus der Abbildung ergibt sich eine leichte Zunahme der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von etwa 0.114 je Jahr. Der mittlere Fehler (Standardabweichung) dieser Grösse ist allerdings recht hoch; er beträgt 0.043. Dies bedeutet, dass die Zunahme der JAZ im Sample der FAWA zwar hochsignifikant, aber im Ausmass nicht sehr genau bekannt ist. Diese Grössenordnung ist gut verträglich, mit derjenigen wie sie sich aus der Expertenbefragung ergibt.

Abbildung 12: Jahresarbeitszahlen im Zeitablauf: Gesamttrend

Weiteren Aufschluss ergibt sich, wenn man die Wärmepumpen nach Typen unterscheidet. Abbildung 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der Jahresarbeitszahlen für Luft-Wasser-Wärmepumpen. Es ergibt sich zwar eine Zunahme von 0.077 Punkten je Jahr, der zugehörige Standardfehler hat aber die gleiche Größenordnung (nämlich 0.051), so dass die Zunahme nicht einmal signifikant ist. Die Expertenbefragung ergab ein praktisch identisches Wachstum von 0.06 Punkten je Jahr. Abbildung 14 zeigt die analoge Darstellung für Sole-Wasser-Wärmepumpen. Diese zeigen eine deutlich ausgeprägtere zeitliche Zunahme der Jahresarbeitszahl (0.152 Punkte je Jahr) bei einem ebenfalls deutlich kleineren relativen mittleren Fehler (0.053). Hier liegt die Expertenbefragung mit 0.06 Punkten deutlich tiefer. Allerdings wird das Resultat der FAWA-Daten vor allem von den Wärmepumpen des Jahrgangs 1995 getragen. Klammert man diese Wärmepumpen aus, dann würde sich das Wachstum auf rund 0.03 Punkte je Jahr beschränken und wäre damit sogar tiefer, als dasjenige der Expertenbefragung.

Gesamthaft gesehen ergibt sich daraus, dass Expertenbefragung und FAWA-Daten bezüglich der zeitlichen Zunahme der Jahresarbeitszahl unter Berücksichtigung der mittleren Fehler (nach wie vor) kompatibel sind.

Abbildung 13: Jahresarbeitszahlen im Zeitablauf: Trend für Luft-Wasser-Wärmepumpen

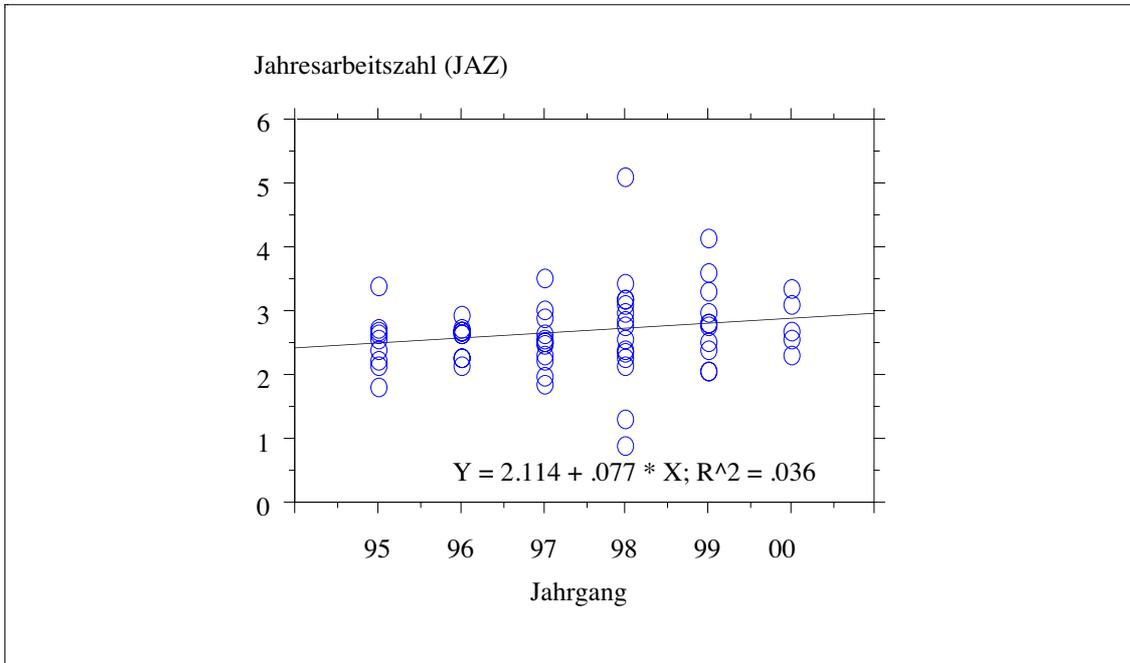
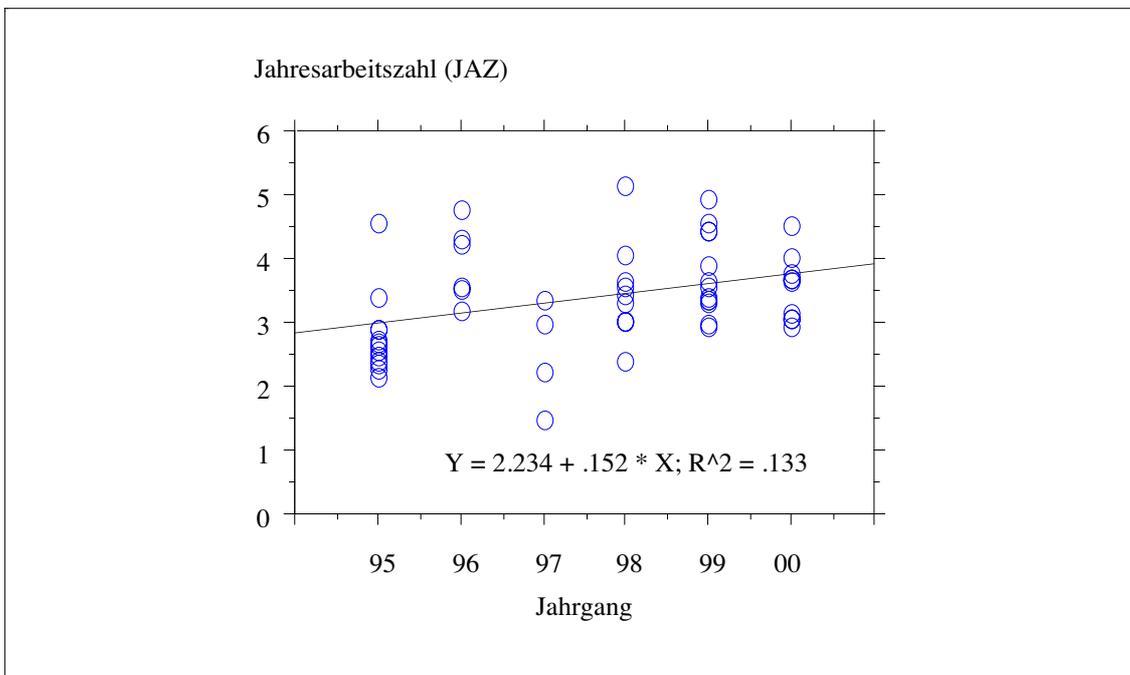


Abbildung 14: Jahresarbeitszahlen im Zeitablauf: Trend für Sole-Wasser-Wärmepumpen



5.2 Annahmen für das Rechenmodell

Gemäss Abbildung 5 haben sich die Jahresarbeitszahlen gegenüber den bisherigen Daten leicht geändert. Diese Änderung hat aber nur Bedeutung für die Raumwärme. Alle Wärmepumpen bis und mit einer Heizleistung von 50 kW werden mit dieser leicht angepassten Entwicklung der Jahresarbeitszahl gerechnet; die grösseren Wärmepumpen bis 1980 um 0.2 Punkte höher (wie bisher), dann linear interpoliert auf den JAZ-Wert der kleineren Pumpen bis 1998 und ab 1999 schliesslich identisch mit den kleineren Wärmepumpen.

Die Jahresarbeitszahlen aller anderen Wärmepumpen bleiben von diesen Änderungen unberührt.

6 Klimaabhängigkeit der Jahresarbeitszahl

Wie Prof. M. Ehrbar im Auftrag von Basics ermittelt hat (vgl. die ausführliche Darstellung in Basics 2000), ist die Jahresarbeitszahl leicht klimaabhängig: pro 1000 Heizgradtage Zunahme ergibt sich eine Reduktion der Jahresarbeitszahl von 3.4 Prozent. Zu betonen ist, dass diese Reduktion nichts mit der Klimaabhängigkeit des Heizenergiebedarfs zu tun hat. Diese ist viel grösser: Sie beträgt 75 Prozent der relativen Veränderung der Heizgradtage und kann deshalb von Jahr zu Jahr um bis 20 Prozent schwanken.

Sowohl an der Klimaabhängigkeit der Jahresarbeitszahl als auch an derjenigen der Heizenergienachfrage wurden keine Änderungen vorgenommen.

7 Normlaufzeiten

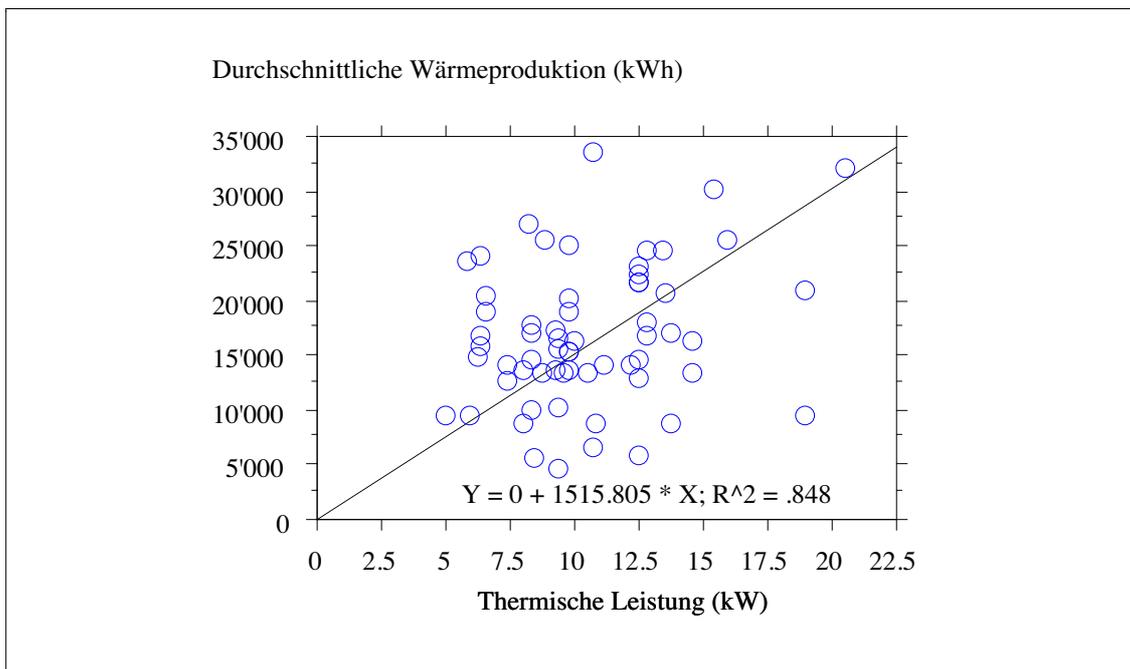
7.1 Erkenntnisse aus den FAWA-Daten

Das Rechenmodell für die Wärmepumpenstatistik benötigt als Input auch die durchschnittliche Laufzeit bei thermischer Nennleistung. Diese Laufzeiten werden Normlaufzeiten genannt, um anzudeuten, dass diese zwar einen empirischen Hintergrund haben, aber auch den Charakter einer Rechnungsabmachung aufweisen.

Abbildung 15 zeigt die durchschnittlichen Laufzeiten als Resultat einer Regressionsanalyse für Luft-Wasser-Wärmepumpen. Es ergibt sich ein Wert von 1516

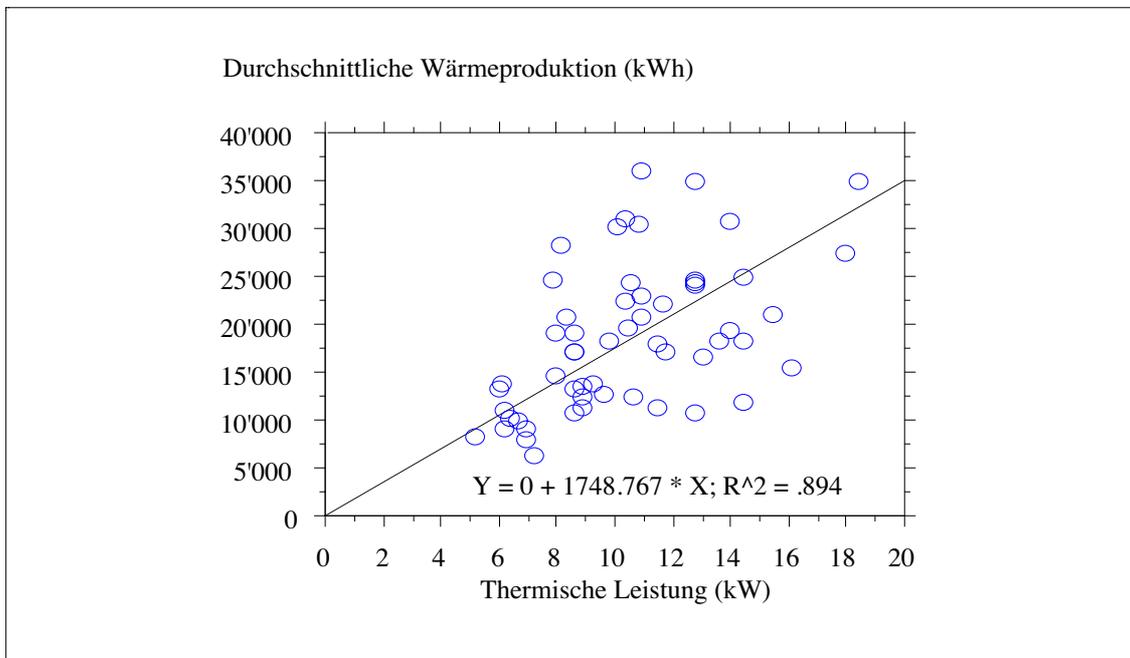
Stunden bei einem mittleren Fehler von 82 Stunden (unter Ausklammerung eines klaren Ausreissers). Für Sole-Wasser-Wärmepumpen (vgl. Abbildung 16) ergibt sich eine durchschnittliche Laufzeit von 1749 Stunden mit einem mittleren Fehler von 81 Stunden.

Abbildung 15: Durchschnittliche Laufzeiten der Wärmepumpen gemessen an der thermischen Nennleistung für Luft-Wasser-Wärmepumpen, alle Jahrgänge (FAWA-Daten; Auswertung Basics)



Gegenüber den alten Daten ergeben sich damit gewisse Verschiebungen: 1516 gegen 1429 Stunden und 1749 gegen 1805 Stunden. Berücksichtigt man den langjährigen Typensplit von 56 % Luft/Wasser- und 40 % Sole/Wasser-Wärmepumpen (vgl. Basics 2000; Seite 24), so ergibt sich unter Vernachlässigung der Wasser/Wasser-Wärmepumpen ein gewichteter Durchschnitt von 1613 Stunden. Dies entspricht praktisch dem alten Wert von 1594 Stunden allerdings jetzt basierend auf deutlich mehr Wärmepumpen und damit etwas genauer.

Abbildung 16: Durchschnittliche Laufzeiten der Wärmepumpen gemessen an der thermischen Nennleistung für Sole-Wasser-Wärmepumpen, alle Jahrgänge (FAWA-Daten; Auswertung Basics)



7.2 Annahmen für das Rechenmodell

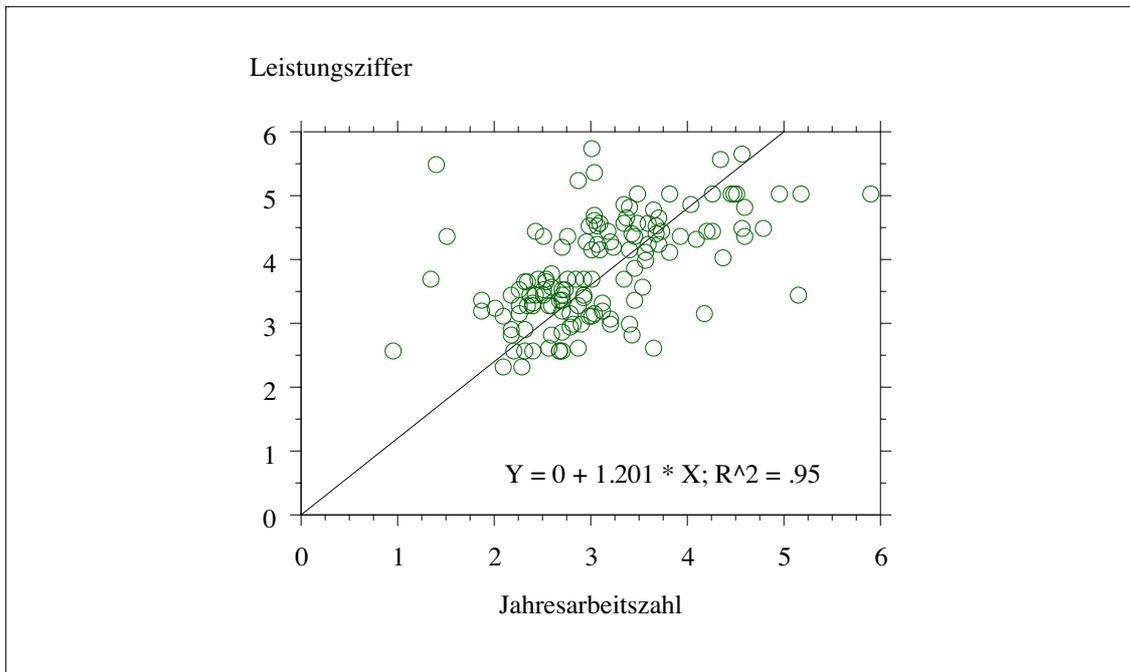
Für das Rechenmodell übernehmen wir den neuen Wert von 1613 Stunden. Er gilt für alle Wärmepumpen, die zur Raumheizung eingesetzt werden. Ausnahme sind die ganz grossen Wärmepumpen mit Leistungen über 300 kW, für welche wie bisher 2000 Stunden eingesetzt werden. Die Norm-Laufzeiten für alle andern Wärmepumpenkategorien bleiben gleich.

8 Leistungsziffern

8.1 Erkenntnisse aus den FAWA-Daten

Der Zusammenhang zwischen Jahresarbeitszahl und Leistungsziffern konnte mit den neuen FAWA-Daten ebenfalls neu geschätzt werden. Gesamthaft standen die Werte von 135 Wärmepumpen zur Verfügung. Es ergibt sich, dass die Leistungsziffer im Durchschnitt unter Einbezug aller Typen im Sinne eines "besten Fits" (Regression) 1.201 mal grösser ist als die Jahresarbeitszahl, wobei der mittlere Fehler dieses Faktors nur 0.024 beträgt. Dies entspricht sehr genau dem bisherigen Wert 1.212, der sich auf 99 Wärmepumpen bezog.

Abbildung 17: Leistungsziffer in Abhängigkeit der Jahresarbeitszahl (FAWA-Daten, Auswertung: Basics)



8.2 Annahmen für das Rechenmodell

Im Rechenmodell werden die Leistungsziffern ausgehend von den jeweiligen Arbeitszahlen durch Multiplikation mit einem Proportionalitätsfaktor bestimmt. Dieser Proportionalitätsfaktor wird bei allen Wärmepumpen neu auf 1.201 festgelegt. Bisher lautete dieser Wert 1.212, war also etwa 1 Prozent grösser.

9 Frühe Wärmepumpen

Für die frühen Wärmepumpen sind keine neuen Erkenntnisse angefallen, abgesehen von einer leichten Anhebung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen (vgl. Kapitel 5). Entsprechend wurden keine anderen Änderungen vorgenommen.

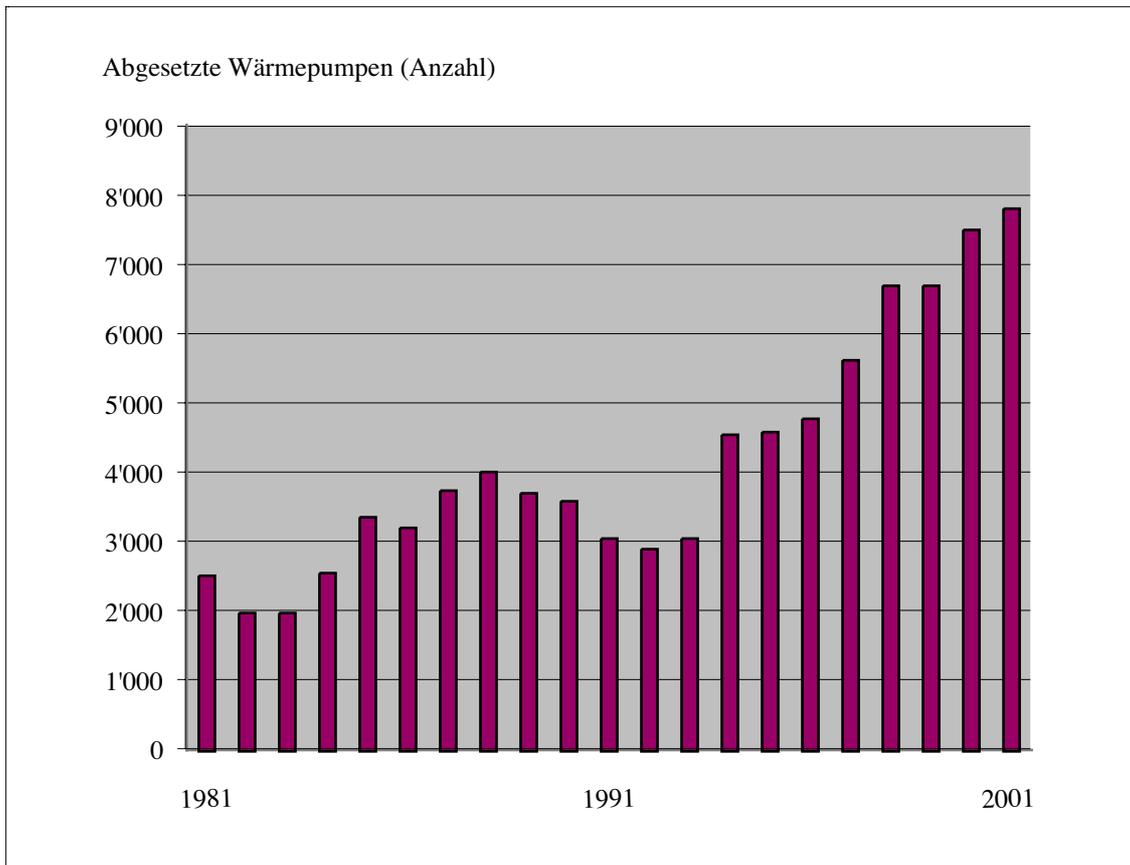
10 Absatzdaten von AWP und FWS

Aus der nun gemeinsamen Erhebung von AWP und FWS ergeben sich die in Tabelle 7 zusammengefassten Absatzdaten im Zeitablauf. Dabei ist zu beachten, dass für die früheren Jahre die Daten zum Teil geschätzt sind und das Erhebungsdesign im Laufe der Jahre nicht immer gleich war. Das aktuell gültige Erhebungsdesign wurde erstmals für das Jahr 1999 angewandt.

Tabelle 7: Abgesetzte Wärmepumpen differenziert nach verschiedenen Leistungs- und Anwendungskategorien (Quelle: AWP und FWS)

Jahr	WP < 20 kW	WP 20 – 50 kW	WP 50 – 100 kW	WP >100 kW	WRG <= 100 kW	WRG > 100 kW	Boiler <= 600 l	Boiler > 600 l	Einzel- raum
1979	1'350	212	68	98	32	7	194		
1980	2'531	398	128	183	60	14	364		
1981	1'739	273	88	126	41	10	250		
1982	1'374	216	69	99	32	8	197		
1983	1'372	216	69	99	32	8	197		
1984	1'766	278	89	128	42	10	254		
1985	2'645	222	38	46	14	8	385		
1986	2'497	360	64	37	53	8	206		
1987	2'827	359	75	31	63	17	399		
1988	3'120	325	51	33	55	32	401		
1989	2'910	290	53	28	31	22	378		
1990	2'712	377	71	36	9	15	384		
1991	2'139	404	60	30	99	26	304	7	
1992	1'922	473	61	29	107	8	298	5	
1993	2'140	419	62	35	116	12	273	7	
1994	3'344	541	96	39	97	19	399	11	
1995	3'546	431	58	29	89	6	423	9	20
1996	3'605	344	136	42	66	14	509	33	50
1997	4'501	378	74	18	111	11	392	29	132
1998	5'152	403	69	26	218	17	534	18	270
1999	5'581	339	50	35	145	10	160	29	339
2000	6'498	274	36	35	94	6	201	37	321
2001	6'591	340	73	28	125	11	333	10	302

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung der Gesamtzahl der abgesetzten Wärmepumpen. Nach wie vor ist von Jahr zu Jahr eine beachtliche Steigerung der abgesetzten Wärmepumpen zu beobachten, eine Abschwächung der Wachstumsraten deutet sich allerdings leicht an.

Abbildung 18: Gesamtzahl der abgesetzten Wärmepumpen 1981 bis 2001

11 Bestandserhebung des VSE

Eine Bestandserhebung über den VSE bildete den Startpunkt der neuen Wärmepumpen-Statistik. Sie lieferte eine von den Kohortenrechnungen völlig unabhängige Kontrolle des rechnerisch ermittelten Bestandes für die zahlenmässig wichtigsten Wärmepumpenkategorien im Jahre 1998. Eine solche Kontrolle sollte wenn möglich in den nächsten zwei bis drei Jahren wieder durchgeführt werden.

12 Grosswärmepumpen

Schon in Abschnitt 3 ging es darum, welches wohl die durchschnittliche thermische Leistung der grossen Wärmepumpen sei. In Ergänzung zu diesen absatzorientierten Überlegungen haben wir versucht, auf direktem Weg die (wirklich)

grossen Wärmepumpen zu finden und so zu überprüfen, ob die in Abschnitt 3 getroffenen Annahmen für das Rechenmodell einigermaßen plausibel sind.

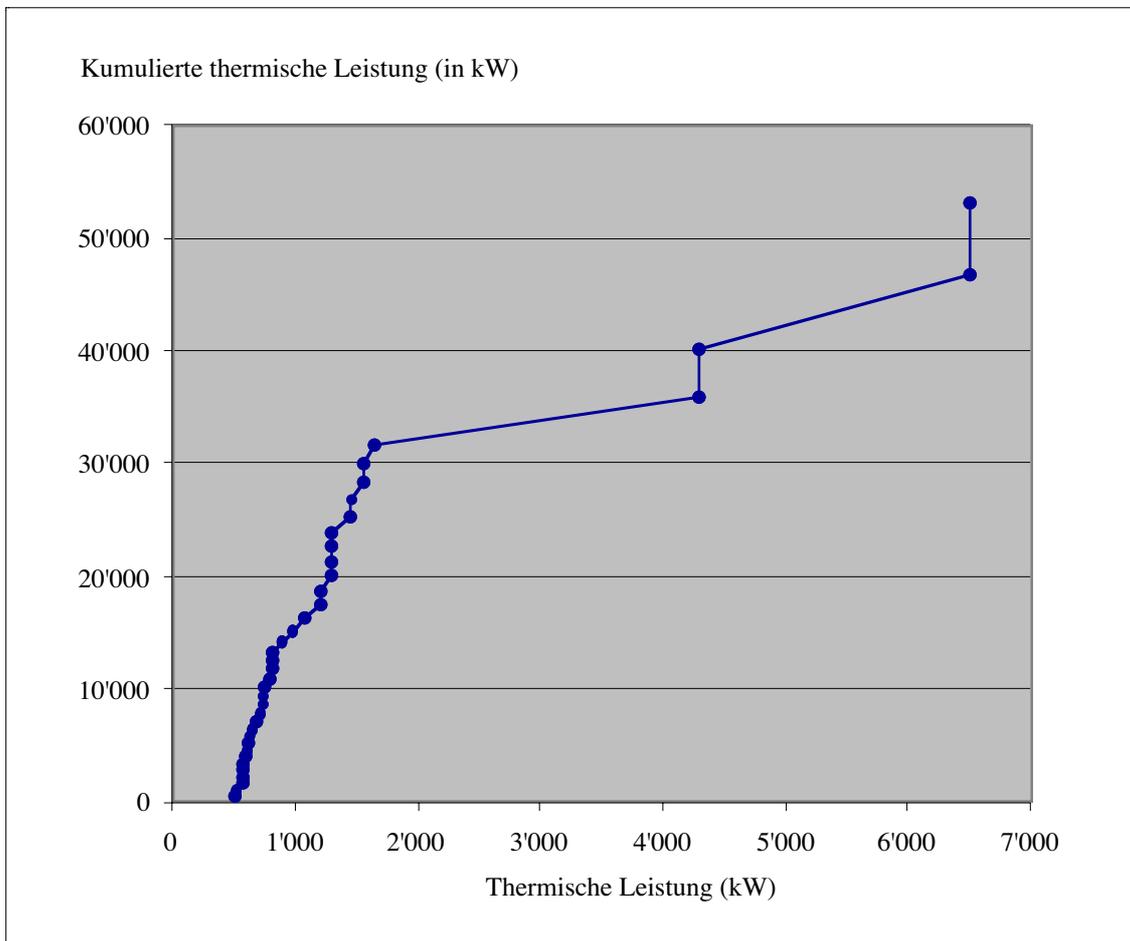
Ziel dieser Suche war es, möglichst viele grosse Wärmepumpen zu finden, die mindestens 200 kW elektrischer Leistung oder mindestens 500 kW thermischer Leistung aufweisen. Schon bei der Erarbeitung der neuen Wärmepumpenstatistik im Jahre 1999 war eine solche Erhebung durchgeführt worden. Damals waren gesamthaft 21 Wärmepumpen gefunden worden, die der genannten Bedingung entsprachen (und effektiv in Betrieb waren).

Die neuen Resultate bestätigen die bisher getroffenen Annahmen. Zunächst: Alle in der ersten Erhebung im Jahr 1999 gefundenen Wärmepumpenanlagen existieren noch, aber in zwei Fällen wurden die Wärmepumpen ersetzt. Weitere Wärmepumpen wurden gesamthaft 17 gefunden, aber alle kleiner als 1500 kW. Dies ist insofern beruhigend, als ganz grosse Wärmepumpen (im MW-Bereich) eigentlich weitherum bekannt und damit auch auffindbar sein sollten. Dass trotz intensiver Suche keine weiteren Gross-Wärmepumpen gefunden wurden, deutet darauf hin, dass die grundsätzliche Leistungsverteilung bei den grossen Leistungen im wesentlichen schon in der ersten Erhebung grundsätzlich richtig erfasst worden war (vgl. hierzu Abbildung 19).

In Zahlen: In der ersten Erhebung ergab sich als durchschnittliche Leistung für Wärmepumpen im thermischen Leistungsbereich von 500 kW bis 1650 kW (also ohne die ganz grossen Wärmepumpen) etwa 845 kW, in der zweiten Erhebung ein leicht höherer Wert, nämlich 928 kW. Die analoge Zahl, die sich aus dem angenommenen Potenzgesetz zwischen Leistung und Absatz ergibt, lautet 865 kW, liegt also dazwischen.

Damit besteht keine Notwendigkeit, an den Annahmen über die durchschnittlichen Leistungen der grossen Wärmepumpen etwas zu ändern.

Abbildung 19: Kumulierte thermische Leistung (in kW) für Wärmepumpen größer 500 kW



13 Resultate

Es ist hier nicht der Ort, im Detail die Resultate des Kohortenmodells zu referieren. Eine Gesamtübersicht über alle Resultate finden sich im "Resultatblatt" der Excel-Arbeitsmappe M_WP2002.xls. Wir beschränken uns deshalb auf die Angabe einer weniger Daten und die Wiedergabe von drei Grafiken. Tabelle 8 zeigt für das Jahr 1990 sowie die Jahre 1993 bis 2001 die Resultate des Kohortenmodells.

Abbildung 20 zeigt die Entwicklung der installierten Wärmepumpen von 1980 bis 2001. Noch nimmt der Gesamtbestand stark zu, aber sobald die Ersatzinstallationen quantitativ an Gewicht gewinnen, wird dieser bei gleich bleibendem Ab-

satz deutlich weniger wachsen und schliesslich einen "Gleichgewichtszustand" anstreben (etwa bei 120'000 bis 130'000 Wärmepumpenanlagen).

Abbildung 21 zeigt die thermische Leistung der installierten Wärmepumpen am Jahresende. Vergleicht man deren zeitliche Entwicklung mit jener der installierten Wärmepumpen, so zeigt sich deutlich ein Trend zu kleineren Anlagen. Dieser Trend dürfte sich in den kommenden Jahren noch verstärken, so dass die gesamt-haft installierte Leistung schon in naher Zukunft netto nicht mehr stark wachsen dürfte.

Abbildung 22 zeigt schliesslich die effektiv "produzierte" Umweltwärme. Man erkennt ein zeitlich fluktuierendes Verhalten – Ausdruck der von Jahr zu Jahr variierenden klimatischen Verhältnisse. So war beispielsweise das letzte Berichtsjahr (2001) gegenüber dem Vorjahr knapp 6 Prozent kälter. Entsprechend hat die Umweltwärme stark zugenommen.

Tabelle 8: Einige Details zu den installierten Wärmepumpen 1990 und 1993 bis 2001. Die klimanormierten Angaben beziehen sich auf den lang-jährigen Durchschnitt der Heizgradtage. (Quelle: Basics)

	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Anzahl Wärmepumpen (-)	34'769	39'692	42'446	45'064	47'684	50'988	55'209	59'288	64'050	68'996
el. Leistung total Jahresende (MW)	273	290	298	302	307	311	320	324	329	335
therm. Leistung total Jahresende (MW)	823	894	929	952	979	1'006	1'050	1'080	1'113	1'153
Elektrizitätsverbrauch (GWh)	501	573	542	598	658	601	633	635	610	646
Wärmeproduktion (GWh)	1'288	1'500	1'447	1'600	1'762	1'651	1'760	1'798	1'761	1'884
Erneuerbare Wärme (GWh)	787	927	905	1'001	1'104	1'050	1'127	1'163	1'151	1'239
Elektrizitätsverbrauch klimanormiert (GWh)	548	596	610	625	635	645	661	677	686	697
Wärmeproduktion klimanormiert (GWh)	1'393	1'551	1'606	1'661	1'707	1'756	1'828	1'900	1'954	2'015
Erneuerbare Wärme klimanormiert (GWh)	845	955	996	1'037	1'072	1'112	1'167	1'223	1'268	1'318

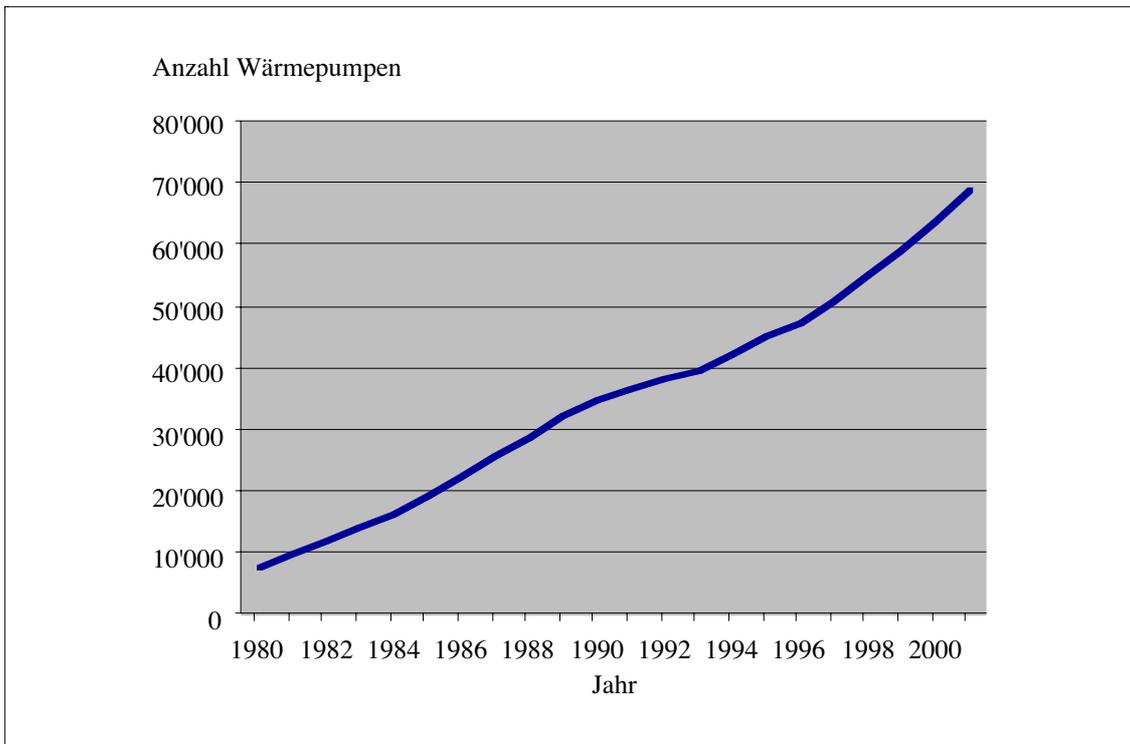
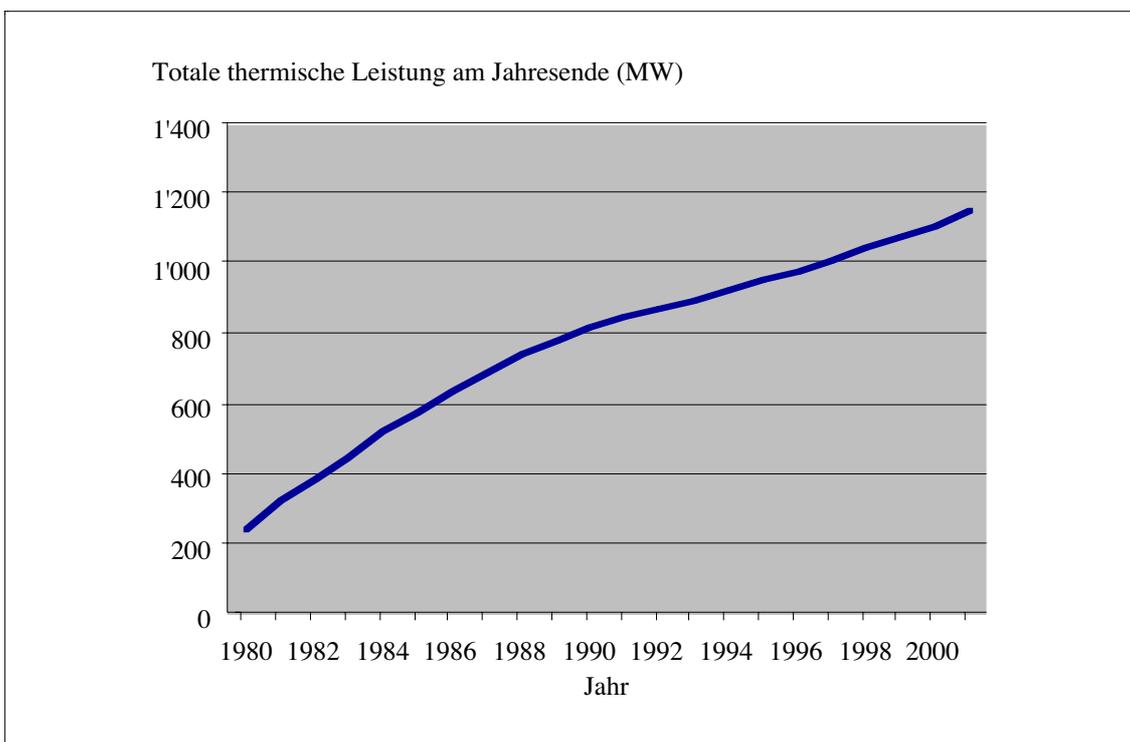
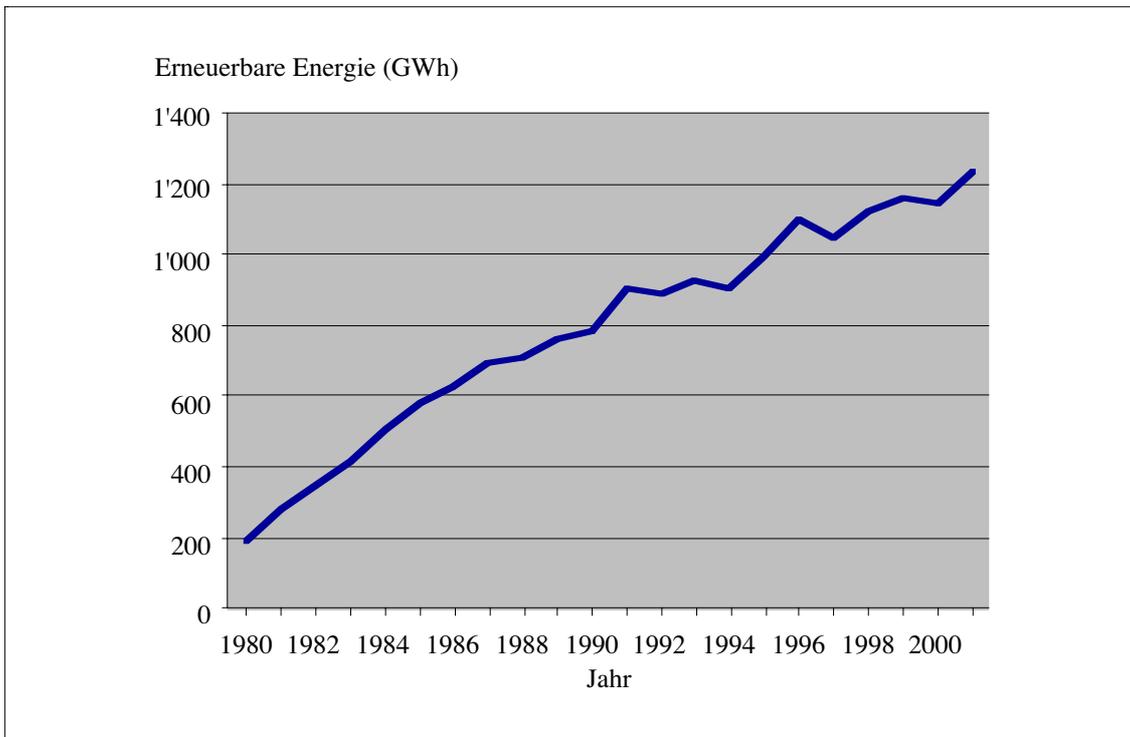
Abbildung 20: Anzahl installierter Wärmepumpen im Zeitablauf**Abbildung 21: Thermische Leistung der installierten Wärmepumpen jeweils am Jahresende**

Abbildung 22: Gesamthaft gewonnene Umweltwärme (Erneuerbare Energie)

14 Bibliografie

Basics (2002): Evaluation der energetischen Wirkungen der Luftreinhalteverordnung, BFE, Bern

Basics (2000): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation, Überarbeitete Version vom Juni 2000, BFE, Bern

Basics (1999): Neue Elektro-Wärmepumpenstatistik, Dokumentation, September 1999, BFE, Bern

Anhang

Parameter-Annahmen für die einzelnen Wärmepumpenkategorien

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung < 5 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.7	4.0	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	4.0	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	4.0	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	4.0	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	4.0	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	4.0	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	4.0	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	4.0	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	4.0	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	4.0	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	4.0	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	4.0	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung 5 bis 10 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.7	8.5	3.1	1'613	-0,034
2000	3.8	8.5	3.2	1'613	-0,034
2001	3.9	8.5	3.2	1'613	-0,034
2002	4.0	8.5	3.3	1'613	-0,034
2003	4.1	8.5	3.4	1'613	-0,034
2004	4.2	8.5	3.5	1'613	-0,034
2005	4.3	8.5	3.6	1'613	-0,034
2006	4.4	8.5	3.7	1'613	-0,034
2007	4.5	8.5	3.7	1'613	-0,034
2008	4.6	8.5	3.8	1'613	-0,034
2009	4.7	8.5	3.9	1'613	-0,034
2010	4.8	8.5	4.0	1'613	-0,034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung 10 bis 20 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.7	14.0	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	14.0	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	14.0	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	14.0	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	14.0	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	14.0	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	14.0	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	14.0	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	14.0	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	14.0	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	14.0	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	14.0	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung < 20 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	2.5	11.9	2.1	1'613	-0.034
1971	2.5	11.9	2.1	1'613	-0.034
1972	2.5	11.9	2.1	1'613	-0.034
1973	2.5	11.9	2.1	1'613	-0.034
1974	2.6	11.9	2.1	1'613	-0.034
1975	2.6	11.9	2.2	1'613	-0.034
1976	2.6	11.9	2.2	1'613	-0.034
1977	2.6	11.9	2.2	1'613	-0.034
1978	2.7	11.9	2.2	1'613	-0.034
1979	2.7	11.9	2.2	1'613	-0.034
1980	2.7	11.9	2.2	1'613	-0.034
1981	2.7	11.9	2.3	1'613	-0.034
1982	2.8	11.9	2.3	1'613	-0.034
1983	2.8	11.9	2.3	1'613	-0.034
1984	2.8	11.9	2.4	1'613	-0.034
1985	2.9	11.9	2.4	1'613	-0.034
1986	2.9	11.9	2.4	1'613	-0.034
1987	2.9	11.9	2.5	1'613	-0.034
1988	3.0	11.9	2.5	1'613	-0.034
1989	3.0	11.9	2.5	1'613	-0.034
1990	3.1	11.9	2.5	1'613	-0.034
1991	3.1	11.9	2.6	1'613	-0.034
1992	3.2	11.9	2.7	1'613	-0.034
1993	3.3	11.9	2.7	1'613	-0.034
1994	3.3	11.9	2.8	1'613	-0.034
1995	3.4	11.9	2.8	1'613	-0.034
1996	3.5	11.9	2.9	1'613	-0.034
1997	3.5	11.9	2.9	1'613	-0.034
1998	3.6	11.9	3.0	1'613	-0.034
1999	3.7	11.9	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	11.9	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	11.9	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	11.9	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	11.9	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	11.9	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	11.9	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	11.9	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	11.9	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	11.9	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	11.9	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	11.9	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung 20 - 50 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	2.5	27.5	2.1	1'613	-0.034
1971	2.5	27.5	2.1	1'613	-0.034
1972	2.5	27.5	2.1	1'613	-0.034
1973	2.5	27.5	2.1	1'613	-0.034
1974	2.6	27.5	2.1	1'613	-0.034
1975	2.6	27.5	2.2	1'613	-0.034
1976	2.6	27.5	2.2	1'613	-0.034
1977	2.6	27.5	2.2	1'613	-0.034
1978	2.7	27.5	2.2	1'613	-0.034
1979	2.7	27.5	2.2	1'613	-0.034
1980	2.7	27.5	2.2	1'613	-0.034
1981	2.7	27.5	2.3	1'613	-0.034
1982	2.8	27.5	2.3	1'613	-0.034
1983	2.8	27.5	2.3	1'613	-0.034
1984	2.8	27.5	2.4	1'613	-0.034
1985	2.9	27.5	2.4	1'613	-0.034
1986	2.9	27.5	2.4	1'613	-0.034
1987	2.9	27.5	2.5	1'613	-0.034
1988	3.0	27.5	2.5	1'613	-0.034
1989	3.0	27.5	2.5	1'613	-0.034
1990	3.1	27.5	2.5	1'613	-0.034
1991	3.1	27.5	2.6	1'613	-0.034
1992	3.2	27.5	2.7	1'613	-0.034
1993	3.3	27.5	2.7	1'613	-0.034
1994	3.3	27.5	2.8	1'613	-0.034
1995	3.4	27.5	2.8	1'613	-0.034
1996	3.5	27.5	2.9	1'613	-0.034
1997	3.5	27.5	2.9	1'613	-0.034
1998	3.6	27.5	3.0	1'613	-0.034
1999	3.7	27.5	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	27.5	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	27.5	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	27.5	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	27.5	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	27.5	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	27.5	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	27.5	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	27.5	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	27.5	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	27.5	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	27.5	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung 50 - 100 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	2.7	65.2	2.3	1'613	-0.034
1971	2.7	65.2	2.3	1'613	-0.034
1972	2.8	65.2	2.3	1'613	-0.034
1973	2.8	65.2	2.3	1'613	-0.034
1974	2.8	65.2	2.3	1'613	-0.034
1975	2.8	65.2	2.4	1'613	-0.034
1976	2.9	65.2	2.4	1'613	-0.034
1977	2.9	65.2	2.4	1'613	-0.034
1978	2.9	65.2	2.4	1'613	-0.034
1979	2.9	65.2	2.4	1'613	-0.034
1980	2.9	65.2	2.4	1'613	-0.034
1981	3.0	65.2	2.5	1'613	-0.034
1982	3.0	65.2	2.5	1'613	-0.034
1983	3.0	65.2	2.5	1'613	-0.034
1984	3.1	65.2	2.6	1'613	-0.034
1985	3.1	65.2	2.6	1'613	-0.034
1986	3.2	65.2	2.6	1'613	-0.034
1987	3.2	65.2	2.7	1'613	-0.034
1988	3.2	65.2	2.7	1'613	-0.034
1989	3.3	65.2	2.7	1'613	-0.034
1990	3.3	65.2	2.7	1'613	-0.034
1991	3.3	65.2	2.8	1'613	-0.034
1992	3.4	65.2	2.8	1'613	-0.034
1993	3.4	65.2	2.8	1'613	-0.034
1994	3.4	65.2	2.9	1'613	-0.034
1995	3.5	65.2	2.9	1'613	-0.034
1996	3.5	65.2	2.9	1'613	-0.034
1997	3.6	65.2	3.0	1'613	-0.034
1998	3.6	65.2	3.0	1'613	-0.034
1999	3.7	65.2	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	65.2	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	65.2	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	65.2	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	65.2	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	65.2	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	65.2	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	65.2	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	65.2	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	65.2	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	65.2	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	65.2	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung 100 bis 300 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.7	167.9	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	167.9	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	167.9	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	167.9	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	167.9	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	167.9	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	167.9	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	167.9	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	167.9	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	167.9	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	167.9	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	167.9	4.0	1'613	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung > 300 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.7	467.1	3.1	2'000	-0.034
2000	3.8	467.1	3.2	2'000	-0.034
2001	3.9	467.1	3.2	2'000	-0.034
2002	4.0	467.1	3.3	2'000	-0.034
2003	4.1	467.1	3.4	2'000	-0.034
2004	4.2	467.1	3.5	2'000	-0.034
2005	4.3	467.1	3.6	2'000	-0.034
2006	4.4	467.1	3.7	2'000	-0.034
2007	4.5	467.1	3.7	2'000	-0.034
2008	4.6	467.1	3.8	2'000	-0.034
2009	4.7	467.1	3.9	2'000	-0.034
2010	4.8	467.1	4.0	2'000	-0.034

Wärmepumpen für Heizung, thermische Leistung > 100 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	2.7	329.0	2.3	1'613	-0.034
1971	2.7	329.0	2.3	1'613	-0.034
1972	2.8	329.0	2.3	1'613	-0.034
1973	2.8	329.0	2.3	1'613	-0.034
1974	2.8	329.0	2.3	1'613	-0.034
1975	2.8	329.0	2.4	1'613	-0.034
1976	2.9	329.0	2.4	1'613	-0.034
1977	2.9	329.0	2.4	1'613	-0.034
1978	2.9	329.0	2.4	1'613	-0.034
1979	2.9	329.0	2.4	1'613	-0.034
1980	2.9	329.0	2.4	1'613	-0.034
1981	3.0	329.0	2.5	1'613	-0.034
1982	3.0	329.0	2.5	1'613	-0.034
1983	3.0	317.3	2.5	1'613	-0.034
1984	3.1	305.5	2.6	1'613	-0.034
1985	3.1	293.8	2.6	1'613	-0.034
1986	3.2	282.0	2.6	1'613	-0.034
1987	3.2	270.3	2.7	1'613	-0.034
1988	3.2	258.5	2.7	1'613	-0.034
1989	3.3	246.8	2.7	1'613	-0.034
1990	3.3	235.0	2.7	1'613	-0.034
1991	3.3	235.0	2.8	1'613	-0.034
1992	3.4	235.0	2.8	1'613	-0.034
1993	3.4	235.0	2.8	1'613	-0.034
1994	3.4	235.0	2.9	1'613	-0.034
1995	3.5	235.0	2.9	1'613	-0.034
1996	3.5	235.0	2.9	1'613	-0.034
1997	3.6	235.0	3.0	1'613	-0.034
1998	3.6	235.0	3.0	1'613	-0.034
1999	3.7	235.0	3.1	1'613	-0.034
2000	3.8	235.0	3.2	1'613	-0.034
2001	3.9	235.0	3.2	1'613	-0.034
2002	4.0	235.0	3.3	1'613	-0.034
2003	4.1	235.0	3.4	1'613	-0.034
2004	4.2	235.0	3.5	1'613	-0.034
2005	4.3	235.0	3.6	1'613	-0.034
2006	4.4	235.0	3.7	1'613	-0.034
2007	4.5	235.0	3.7	1'613	-0.034
2008	4.6	235.0	3.8	1'613	-0.034
2009	4.7	235.0	3.9	1'613	-0.034
2010	4.8	235.0	4.0	1'613	-0.034

**Wärmepumpen für Wärmerückgewinnung, thermische Leistung < 50 kW,
alle Typen**

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	4.3	40.0	3.6	3'000	
2000	4.3	40.0	3.6	3'000	
2001	4.3	40.0	3.6	3'000	
2002	4.3	40.0	3.6	3'000	
2003	4.3	40.0	3.6	3'000	
2004	4.3	40.0	3.6	3'000	
2005	4.3	40.0	3.6	3'000	
2006	4.3	40.0	3.6	3'000	
2007	4.3	40.0	3.6	3'000	
2008	4.3	40.0	3.6	3'000	
2009	4.3	40.0	3.6	3'000	
2010	4.3	40.0	3.6	3'000	

**Wärmepumpen für Wärmerückgewinnung, thermische Leistung 50 bis 100 kW,
alle Typen**

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	4.3	65.2	3.6	3'000	
2000	4.3	65.2	3.6	3'000	
2001	4.3	65.2	3.6	3'000	
2002	4.3	65.2	3.6	3'000	
2003	4.3	65.2	3.6	3'000	
2004	4.3	65.2	3.6	3'000	
2005	4.3	65.2	3.6	3'000	
2006	4.3	65.2	3.6	3'000	
2007	4.3	65.2	3.6	3'000	
2008	4.3	65.2	3.6	3'000	
2009	4.3	65.2	3.6	3'000	
2010	4.3	65.2	3.6	3'000	

**Wärmepumpen für Wärmerückgewinnung, thermische Leistung < 100 kW,
alle Typen**

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	3.8	65.2	3.2	3'000	
1971	3.8	65.2	3.2	3'000	
1972	3.8	65.2	3.2	3'000	
1973	3.8	65.2	3.2	3'000	
1974	3.8	65.2	3.2	3'000	
1975	3.8	65.2	3.2	3'000	
1976	3.8	65.2	3.2	3'000	
1977	3.8	65.2	3.2	3'000	
1978	3.8	65.2	3.2	3'000	
1979	3.8	65.2	3.2	3'000	
1980	3.8	65.2	3.2	3'000	
1981	3.8	65.2	3.2	3'000	
1982	3.8	65.2	3.2	3'000	
1983	3.8	65.2	3.2	3'000	
1984	3.8	65.2	3.2	3'000	
1985	3.8	65.2	3.2	3'000	
1986	4.1	65.2	3.4	3'000	
1987	4.1	65.2	3.4	3'000	
1988	4.1	65.2	3.4	3'000	
1989	4.1	65.2	3.4	3'000	
1990	4.1	65.2	3.4	3'000	
1991	4.1	65.2	3.4	3'000	
1992	4.1	65.2	3.4	3'000	
1993	4.1	65.2	3.4	3'000	
1994	4.1	65.2	3.4	3'000	
1995	4.1	65.2	3.4	3'000	
1996	4.3	65.2	3.6	3'000	
1997	4.3	65.2	3.6	3'000	
1998	4.3	65.2	3.6	3'000	
1999	4.3	65.2	3.6	3'000	
2000	4.3	65.2	3.6	3'000	
2001	4.3	65.2	3.6	3'000	
2002	4.3	65.2	3.6	3'000	
2003	4.3	65.2	3.6	3'000	
2004	4.3	65.2	3.6	3'000	
2005	4.3	65.2	3.6	3'000	
2006	4.3	65.2	3.6	3'000	
2007	4.3	65.2	3.6	3'000	
2008	4.3	65.2	3.6	3'000	
2009	4.3	65.2	3.6	3'000	
2010	4.3	65.2	3.6	3'000	

**Wärmepumpen für Wärmerückgewinnung, thermische Leistung > 100 kW,
alle Typen**

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	3.8	280.0	3.2	3'000	
1971	3.8	280.0	3.2	3'000	
1972	3.8	280.0	3.2	3'000	
1973	3.8	280.0	3.2	3'000	
1974	3.8	280.0	3.2	3'000	
1975	3.8	280.0	3.2	3'000	
1976	3.8	280.0	3.2	3'000	
1977	3.8	280.0	3.2	3'000	
1978	3.8	280.0	3.2	3'000	
1979	3.8	280.0	3.2	3'000	
1980	3.8	280.0	3.2	3'000	
1981	3.8	280.0	3.2	3'000	
1982	3.8	280.0	3.2	3'000	
1983	3.8	270.0	3.2	3'000	
1984	3.8	260.0	3.2	3'000	
1985	3.8	250.0	3.2	3'000	
1986	4.1	240.0	3.4	3'000	
1987	4.1	230.0	3.4	3'000	
1988	4.1	220.0	3.4	3'000	
1989	4.1	210.0	3.4	3'000	
1990	4.1	200.0	3.4	3'000	
1991	4.1	200.0	3.4	3'000	
1992	4.1	200.0	3.4	3'000	
1993	4.1	200.0	3.4	3'000	
1994	4.1	200.0	3.4	3'000	
1995	4.1	200.0	3.4	3'000	
1996	4.3	200.0	3.6	3'000	
1997	4.3	200.0	3.6	3'000	
1998	4.3	200.0	3.6	3'000	
1999	4.3	200.0	3.6	3'000	
2000	4.3	200.0	3.6	3'000	
2001	4.3	200.0	3.6	3'000	
2002	4.3	200.0	3.6	3'000	
2003	4.3	200.0	3.6	3'000	
2004	4.3	200.0	3.6	3'000	
2005	4.3	200.0	3.6	3'000	
2006	4.3	200.0	3.6	3'000	
2007	4.3	200.0	3.6	3'000	
2008	4.3	200.0	3.6	3'000	
2009	4.3	200.0	3.6	3'000	
2010	4.3	200.0	3.6	3'000	

**Wärmepumpen für Warmwasserbereitung, Boiler < 600 Liter (< 2 kW),
alle Typen**

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970	3.0	1.5	2.5	2'000	
1971	3.0	1.5	2.5	2'000	
1972	3.0	1.5	2.5	2'000	
1973	3.0	1.5	2.5	2'000	
1974	3.0	1.5	2.5	2'000	
1975	3.0	1.5	2.5	2'000	
1976	3.0	1.5	2.5	2'000	
1977	3.0	1.5	2.5	2'000	
1978	3.0	1.5	2.5	2'000	
1979	3.0	1.5	2.5	2'000	
1980	3.0	1.5	2.5	2'000	
1981	3.0	1.5	2.5	2'000	
1982	3.0	1.5	2.5	2'000	
1983	3.0	1.5	2.5	2'000	
1984	3.0	1.5	2.5	2'000	
1985	3.0	1.5	2.5	2'000	
1986	3.0	1.5	2.5	2'000	
1987	3.0	1.5	2.5	2'000	
1988	3.0	1.5	2.5	2'000	
1989	3.0	1.5	2.5	2'000	
1990	3.0	1.5	2.5	2'000	
1991	3.0	1.5	2.5	2'000	
1992	3.0	1.5	2.5	2'000	
1993	3.0	1.5	2.5	2'000	
1994	3.0	1.5	2.5	2'000	
1995	3.0	1.5	2.5	2'000	
1996	3.0	1.5	2.5	2'000	
1997	3.0	1.5	2.5	2'000	
1998	3.0	1.5	2.5	2'000	
1999	3.0	1.5	2.5	2'000	
2000	3.0	1.5	2.5	2'000	
2001	3.0	1.5	2.5	2'000	
2002	3.0	1.5	2.5	2'000	
2003	3.0	1.5	2.5	2'000	
2004	3.0	1.5	2.5	2'000	
2005	3.0	1.5	2.5	2'000	
2006	3.0	1.5	2.5	2'000	
2007	3.0	1.5	2.5	2'000	
2008	3.0	1.5	2.5	2'000	
2009	3.0	1.5	2.5	2'000	
2010	3.0	1.5	2.5	2'000	

Wärmepumpen für Warmwasserbereitung, Boiler 2 bis 5 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.1	3.0	2.6	2'000	
2000	3.1	3.0	2.6	2'000	
2001	3.1	3.0	2.6	2'000	
2002	3.1	3.0	2.6	2'000	
2003	3.1	3.0	2.6	2'000	
2004	3.1	3.0	2.6	2'000	
2005	3.1	3.0	2.6	2'000	
2006	3.1	3.0	2.6	2'000	
2007	3.1	3.0	2.6	2'000	
2008	3.1	3.0	2.6	2'000	
2009	3.1	3.0	2.6	2'000	
2010	3.1	3.0	2.6	2'000	

Wärmepumpen für Warmwasserbereitung, Boiler > 5 kW, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999	3.1	6.0	2.6	2'000	
2000	3.1	6.0	2.6	2'000	
2001	3.1	6.0	2.6	2'000	
2002	3.1	6.0	2.6	2'000	
2003	3.1	6.0	2.6	2'000	
2004	3.1	6.0	2.6	2'000	
2005	3.1	6.0	2.6	2'000	
2006	3.1	6.0	2.6	2'000	
2007	3.1	6.0	2.6	2'000	
2008	3.1	6.0	2.6	2'000	
2009	3.1	6.0	2.6	2'000	
2010	3.1	6.0	2.6	2'000	

Wärmepumpen für Warmwasserbereitung, Boiler > 600 Liter, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991	3.1	3.0	2.6	2'000	
1992	3.1	3.0	2.6	2'000	
1993	3.1	3.0	2.6	2'000	
1994	3.1	3.0	2.6	2'000	
1995	3.1	3.0	2.6	2'000	
1996	3.1	3.0	2.6	2'000	
1997	3.1	3.0	2.6	2'000	
1998	3.1	3.0	2.6	2'000	
1999	3.1	3.0	2.6	2'000	
2000	3.1	3.0	2.6	2'000	
2001	3.1	3.0	2.6	2'000	
2002	3.1	3.0	2.6	2'000	
2003	3.1	3.0	2.6	2'000	
2004	3.1	3.0	2.6	2'000	
2005	3.1	3.0	2.6	2'000	
2006	3.1	3.0	2.6	2'000	
2007	3.1	3.0	2.6	2'000	
2008	3.1	3.0	2.6	2'000	
2009	3.1	3.0	2.6	2'000	
2010	3.1	3.0	2.6	2'000	

Wärmepumpen für Heizung, Einzelraum-Wärmepumpen, alle Typen

Jahr	LZ (-)	therm. Leistung (kW)	JAZ (-)	Norm-Laufzeit (h)	DJAZ (-)
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995	2.5	1.2	2.1	1'800	-0.037
1996	2.6	1.2	2.1	1'800	-0.037
1997	2.6	1.2	2.2	1'800	-0.037
1998	2.7	1.2	2.2	1'800	-0.037
1999	2.7	1.2	2.3	1'800	-0.037
2000	2.8	1.2	2.3	1'800	-0.037
2001	2.8	1.2	2.3	1'800	-0.037
2002	2.9	1.2	2.4	1'800	-0.037
2003	2.9	1.5	2.4	1'800	-0.037
2004	3.0	1.5	2.5	1'800	-0.037
2005	3.0	1.5	2.5	1'800	-0.037
2006	3.1	1.5	2.5	1'800	-0.037
2007	3.1	1.5	2.6	1'800	-0.037
2008	3.1	1.5	2.6	1'800	-0.037
2009	3.2	1.5	2.7	1'800	-0.037
2010	3.2	1.5	2.7	1'800	-0.037