



QS-WP/QP: FORTSETZUNG DES FELD-MONITORINGS VON WP-ANLAGEN MITTELS FELDMESSUNGEN, ANALYSE DES LANG-ZEITVERHALTENS UND BESTIMMUNG DER EFFIZIENZ FÜR DAS MODELL DER WÄRME-PUMPENSTATISTIK FÜR DIE JAHRE 2008 BIS 2011

Jahresbericht 2009

Autor und Koautoren	Peter Hubacher, dipl. Ing. HTL
beauftragte Institution	Hubacher Engineering
Adresse	Tannenbergstrasse 2, 9032 Engelburg
Telefon, E-mail, Internetadresse	071/260 27 27; E-Mail: he-ko@bluewin.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	Projekt Nr. 102'590, Vertrag Nr. 153'411
BFE-Projektbegleiter	Dr. Richard Phillips BFE-Bereichsleiter Ressortforschungsprogramm Wärmepumpen, WKK, Kälte
Dauer des Projekts (von – bis)	1. Juli 2008 – 30. Sept. 2011
Datum	07. Jan. 2010

ZUSAMMENFASSUNG

Mit diesem Projekt sind wir im internationalen Vergleich immer noch weit voraus, denn ähnliche Projekte in Deutschland und in Österreich sind erst seit ca. 3 Jahren in Arbeit. In der Schweiz hat man bereits 1996 mit solchen Feldanalysen an Kleinwärmepumpen begonnen. Wir haben punkto Langzeiterfahrung und bezüglich der systematischen Erfassung der Unterhaltskosten einen grossen Vorsprung. Das Anlagensample umfasst 151 Anlagen mit 1-14 Jahren Betriebszeit. Die Erkenntnisse zeigen interessante Resultate, die gefragt sind.

Die Fortsetzung dieser Feldanalysen an Kleinwärmepumpen ist von grosser Wichtigkeit, da es erst mit diesem Langzeit-Feldmonitoring möglich wird, über die Lebensdauer einer Wärmepumpenanlage bezüglich Effizienz, Betriebssicherheit (Zuverlässigkeit) und Unterhaltskosten statistisch gesicherte Aussagen machen zu können.

Die bereits in einem Vorläuferprojekt aufgenommene Analyse der Wartungs- und Reparaturkosten, mit einem Anlagensample von 60 Anlagen, wurde mittlerweile in dieses Projekt integriert. Allmählich wird es möglich mit konkreten Resultaten aufzuwarten, denn auch diese Analyse, die bezüglich Datenerfassung nicht ganz einfach ist, umfasst mittlerweile insgesamt über 1.22 Mio. Betriebsstunden, die ausgewertet werden konnten. Die Resultate sind gut. So liegen die Wartungskosten im Durchschnitt nur gerade bei 24.40 Fr./a pro Anlage. Auch die mittleren Reparaturkosten sind mit 86.55 Fr./a pro Anlage sehr günstig. Wenn man diese Unterhaltskosten pro 1000 Betriebsstunden berechnet, kommt man für die Wartung auf 11.97 Fr./1000h und für die Reparaturen auf 44.24 Fr./1000h.

Für wirtschaftliche Vergleiche können also 110.90 Fr./a eingesetzt werden. Mit dieser Bestätigung hat die Wärmepumpenbranche in der Schweiz ein weiteres hervorragendes Argument für die Wärmepumpe.

Projektziele

Die Zielsetzungen orientieren sich an der Qualitätssicherungsstrategie des BFE und der FWS. Dieses Projekt ist in einer Nische angesiedelt, die von grosser Wichtigkeit geprägt ist. Es müssen im Rahmen der weiteren Vertrauensbildung auf allen Ebenen weitere Informationen und Erkenntnisse über das Langzeitverhalten und den Wartungs- und Unterhaltsaufwand erhoben und nach aussen kommuniziert werden.

Das Bedürfnis, dass über Feldanalysen wichtige und notwendige Erkenntnisse erarbeitet werden, die zur Vertrauensbildung und als ergänzende Marktinformationen kommuniziert werden können, ist auch im umliegenden Ausland (Deutschland und Österreich) aufgegriffen worden. Wir haben in der Schweiz mit diesem Projekt einen riesengrossen Vorsprung, da wir als einzige Resultate bis zu 14 Jahren Betrieb erfasst und analysiert haben.

Mit der konsequenten Fortsetzung dieses Projekts sind wir in der Lage die bisher erfolgreich ermittelten Erhebungen und deren Erkenntnisse bezüglich Alterung und Verfügbarkeit als Langzeiterfahrungen zu kommunizieren. Es gibt weltweit nirgends eine solche Langzeit-Feldstudie mit derart umfangreichen Resultaten:

- Datenaufnahme beim bisherigen Anlagensample von 141 Anlagen.
- Jährliche Neuaufnahme von 10 Wärmepumpenanlagen zwecks Feststellung „Stand der Technik“ und Vergleich mit den älteren Anlagen
- Langzeitbeobachtung zwecks Alterung: Ermittlung der jährlichen JAZ-Werte und Vergleich mit den bisherigen Werten
- Verfügbarkeit (Störungsanalyse): Ermittlung und Vergleich der jährlichen Betriebswerte mit den bisherigen Werten
- Die Erhebung Unterhalts- und Reparaturkosten zwecks Aufarbeitung von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen. Hier fehlen Langzeitaussagen, die sehr wertvoll sind und im Markt auch gesucht werden.
- Datenerhebung zwecks JAZ-Bestimmung zuhanden der Wärmepumpen- und der Gesamtenergiestatistik des BFE zwecks Ermittlung von effektiv gemessenen Werten.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Anlagensample

Tab. 1: Verzeichnis der neu aufgenommenen Anlagen

	Nr.	Kurzzeichen	Segment	Bau- objekt	Wärmequelle	WW- Bereitung	JAZ **	IBS-Messung	Fabrikat
Anlagensample 2008	1205	SENDOR14	Neubau	EFH	Aussenluft	WW	2.43	04.10.08	Alpha Innotec
	1206	STHAU43	Neubau	EFH	Erdsonde	WW	5.23	25.11.08	Weider
	1207	GOSFLO15	Neubau	EFH	Erdsonde	WW	3.92	19.11.08	CTA
	1208	ZEIHOC20	Sanierung	EFH	Aussenluft	nein	2.40	22.12.08	Six Madun
	1209	MÜHIMH00 *	Neubau	EFH	Aussenluft	WW	2.88	21.01.09	Hoval
	1210	ABTMÜH06	Sanierung	EFH	Erdsonde	WW	3.79	14.11.08	ElcoTherm
	1211	RUSMUS11	Sanierung	EFH	Erdsonde	nein	3.54	20.11.08	CTC-Giersch
	1212	HERBUR03	Neubau	EFH	Aussenluft	nein	3.33	25.04.09	Six Madun
	1213	INSBUR22	Neubau	EFH	Erdsonde	WW	3.22	22.10.08	CTA
	1214	BRÜOBM00	Neubau	EFH	Erdsonde	nein	4.05	05.02.09	Waterkotte
Anlagensample 2009	1215	WALLEI01	Sanierung	EFH	Aussenluft	nein	Da diese Anlagen nur über kurze Zeit messtechnisch erfasst sind, sind keine Angaben zur JAZ möglich	Ende 2009	Hoval
	1216	ROSOBE08	Sanierung	EFH	Erdsonde	WW		29.09.09	Alpha Innotec
	1217	NIEHAM25	Sanierung	EFH	Aussenluft	WW		26.11.09	Vaillant
	1218	MURMÜH04	Sanierung	EFH	Aussenluft	WW		12.10.09	CTA
	1219	ETTBÜH28	Sanierung	EFH	Erdsonde	WW		29.09.09	Wieder
	1220	BUOGRO26	Neubau	EFH	Aussenluft	WW		29.12.09	Siemens
	1221	OBEAMS09	Neubau	EFH	Aussenluft	Nein		29.12.09	Oertli/Bartl
	1222	STGHÜT29	Neubau	EFH	Aussenluft	WW		Ende 2009	Viessmann
	1223	ERLALL11	Sanierung	EFH	Erdsonde	WW		15.12.09	Störi Mantel
	1224	BRUSAN02	Sanierung	EFH	Erdsonde	WW		18.12.09	Heliotherm

Eine Anlage (*) aus dem Sample 2008 entspricht nicht den Anforderungen, da die Bauherrschaft die Messdaten nicht zuverlässig aufnimmt. Die JAZ-Werte (**) sind tw. noch auf ein Jahr hochgerechnet worden. Es ist deshalb möglich, dass per 2010 noch kleine Veränderungen feststellbar werden.

Das verbleibende Anlagensample wurde weiterhin aktiv bearbeitet. Mit den meisten Anlagenbesitzern, die weiterhin Daten ablesen, hatte man im Verlaufe des letzten Jahres per Mail oder Telefon persönliche Kontakte. Es gab auch ein paar Anlagenbesitzer, die nicht mehr weiter ablesen wollen und deshalb aus dem Projekt entlassen werden mussten.

Tab. 2: Gesamt-Anlagensample, die für die Analyse zur Verfügung stehen

Jahr der Inbetriebnahme	Gesamtanzahl	SW-WP	LW-WP	WW-WP	WW-Bereitung mit WP	Anteil Sanierungsanlagen	Betriebsjahre seit IBS
1995	12	8	4		7	12	14
1996	8	5	2	1	5	4	13
1997	13	5	7	1	10	6	12
1998	9	6	3		6		11
1999	12	9	3		7	6	10
2000	8	5	2	1	4	4	9
2001	16	10	6		8	6	8
2002	23	11	12		16	6	7
2003	25	18	7		13	12	6
2004	1	1			1	1	5
2005	4	3	1		4	3	4
2006							3
2007							2
2008	10	6	4		6	3	1
2009	10	4	6		8	6	
Total	151	91	57	3	95	63	

Anmerkungen:

In den Jahren 2006 und 2007 wurden keine Anlagen mehr aufgenommen. Die konsequente Fortführung dieser Feldstudie wurde erst im Verlaufe des Jahres 2007 zwischen Hubacher Engineering und dem BFE diskutiert und neu aufgegriffen.

Die Wasser/Wasser-Wärmepumpen sind bei Kleinanlagen nicht sehr verbreitet. Aus diesem Grund sind nur vier Anlagen zwecks Vergleichs in das Anlagensample aufgenommen worden.

Datenerhebung

Für die Ermittlung der Jahresarbeitszahlen sind in jeder Anlage Wärme-, Elektro- und Betriebsstundenzähler installiert, die in nützlichen Abständen (wöchentlich bis monatlich) von der Bauherrschaft abgelesen und an uns gemeldet werden. Für die Berechnung der Jahresarbeitszahlen werden die Wärmepumpen bedingten Nebenantriebe mitberücksichtigt. Allfällige Speicherverluste fliessen ebenfalls in die Berechnung ein. Hingegen werden Nebenaggregate, wie Heizgruppenpumpen, etc., die nicht direkt zum Wärmepumpenbetrieb gehören, eliminiert.

Es ist nicht immer einfach alle die Messdaten rechtzeitig zu erhalten, um die gemäss Vertrag vereinbarten Analysen samt Resultatpräsentation (Statusbericht, Begleitgruppensitzung und Jahresbericht) durchzuführen. Um die Anlagenbesitzer zu motivieren, damit keine grösseren Ableselücken entstehen, ist ein regelmässiger Kontakt notwendig.

Um die Bauherrschaften weiter bei der Stange zu halten, wäre eine kleine Aktion, wie bspw. die Zustellung eines kleinen Präsents verbunden mit einem Dankesbrief des BFE, eine gute Sache. Wir hatten bereits früher (im Rahmen des FAWA-Projekts) eine solche Aktion mit gutem Erfolg lanciert.

Analyse und Ergebnisse

Anmerkung: Bei vereinzelt Anlagen konnten die Datensätze des ersten Betriebsjahres nicht in die Auswertung übernommen werden. Wenn im ersten Betriebsjahr keine Auswertung möglich war, wurde das zweite Betriebsjahr als Referenz genommen.

Vergleich nach Betriebsjahren

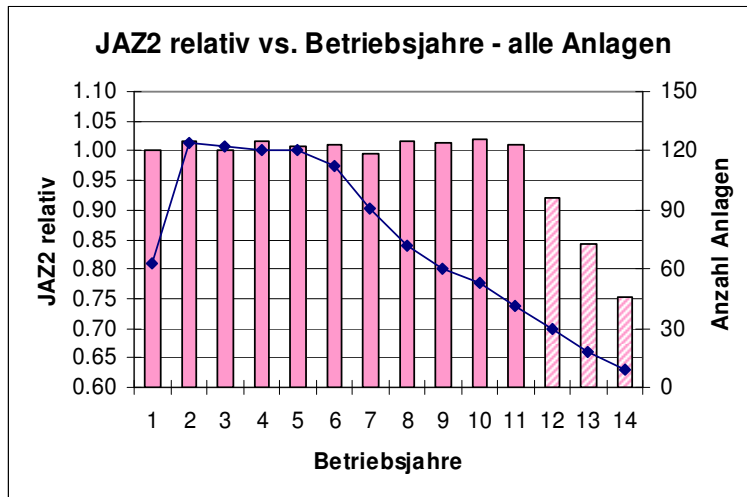


Abb. 1: Zeitreihe des Verlaufs der relativen Jahresarbeitszahlen nJAZ (Klima normiert) in Abhängigkeit vom Betriebsjahr (1. Jahr = 100 %),

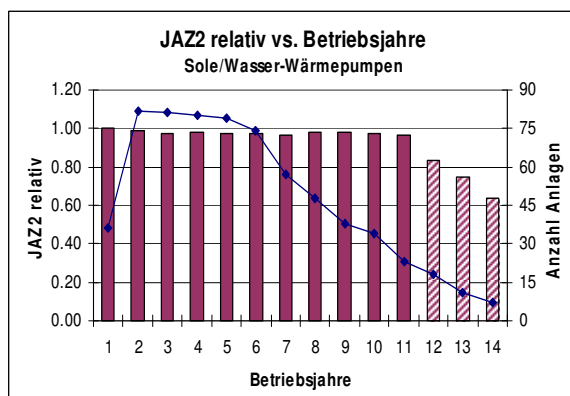


Abb. 2: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

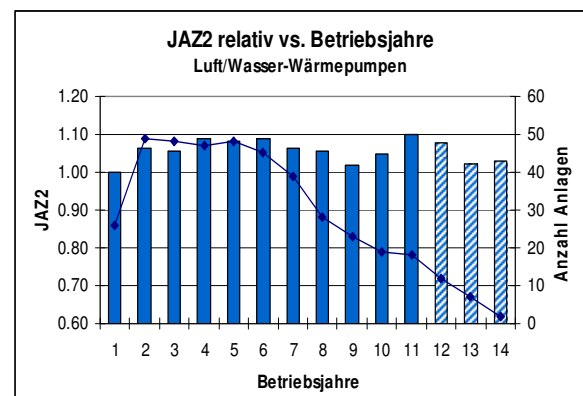


Abb. 3: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Wir sind nun in einer spannenden Phase, wo es sich erst noch zeigen wird, ob unsere Erwartungen bezüglich der längerfristigen Alterung richtig sein werden. Da die letzten drei Betriebsjahre allein schon wegen der Anzahl analysierter Anlagen nicht voll bewertet werden dürfen, ist für eine verlässliche Beantwortung eine mindestens in den nächsten drei Jahren weitergehende Feldanalyse wichtig.

Die Veränderungen gegenüber dem ersten Betriebsjahr sind bis zum elften Betriebsjahr kaum feststellbar. Die kleinen Abweichungen sind viel eher in der Genauigkeit der Ermittlung, resp. in der Messgenauigkeit, zu suchen. Die letzten drei Betriebsjahre sind noch mit Vorsicht zu betrachten, da vorerst wenige Anlagen mit dem Alter von 12 und mehr Betriebsjahren untersucht wurden. Dazu kommt noch, dass genau diese älteren Anlagen im Gegensatz zu den neueren Wärmepumpen noch vorwiegend Hubkolbenkompressoren haben, bei denen wir aufgrund des grösseren Verschleisses bei den Kolbendichtungen eher eine merkbare Alterung erwarten würden.

Die Bilanzgrenze der Jahresarbeitszahlen JAZ2 umfasst neben der Wärmepumpenanlage auch den Wärmeverlust für den Speicher, sofern vorhanden. Der kostenpflichtige Energieaufwand für die Speicherladepumpe oder bei Anlagen ohne Speicher der Anteil Pumpenenergie, der für die Massenstromförderung über den Kondensator der Wärmepumpe benötigt wird und der gesamte quellenseitige Kraftbedarf (Pumpen- oder Ventilatorenergieaufwand), gehören ebenfalls in die Energiebilanz für die JAZ2. Die mit nJAZ bezeichneten Werte, resp. Grafiken sind ausserdem Klima normierte Werte. D.h. diese Werte sind zwecks Vergleichs alle auf die mittlere Aussentemperatur von +3 °C bezogen worden. Das Verfahren wurde bereits beim FAWA-Projekt angewendet und im Bericht beschrieben.

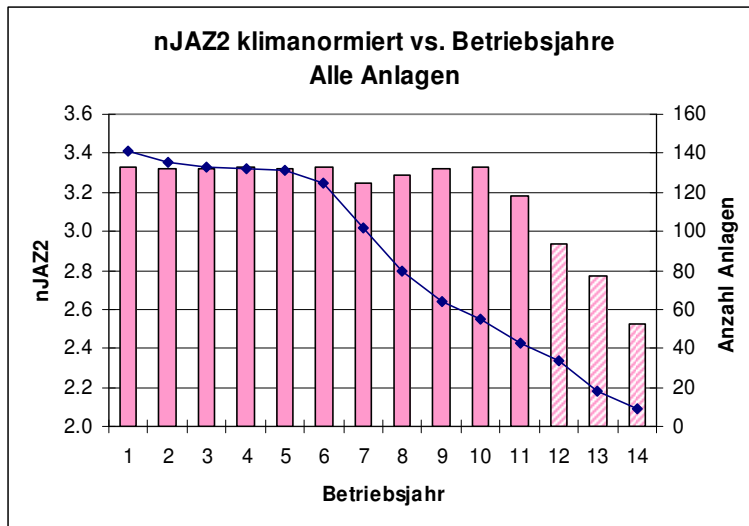


Abb. 4: Zeitreihe des Verlaufs der absoluten Jahresarbeitszahlen ($nJAZ2_{abs}$), Klima normiert, nach Betriebsjahren

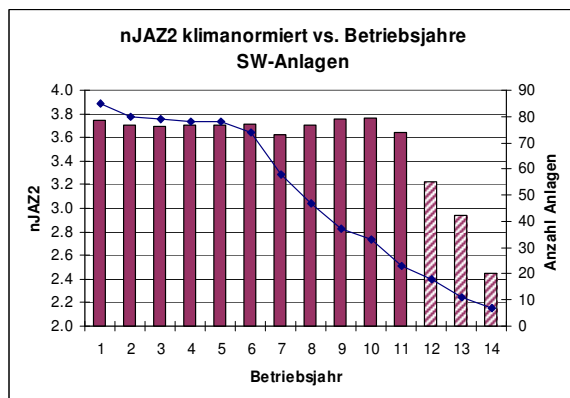


Abb. 5: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

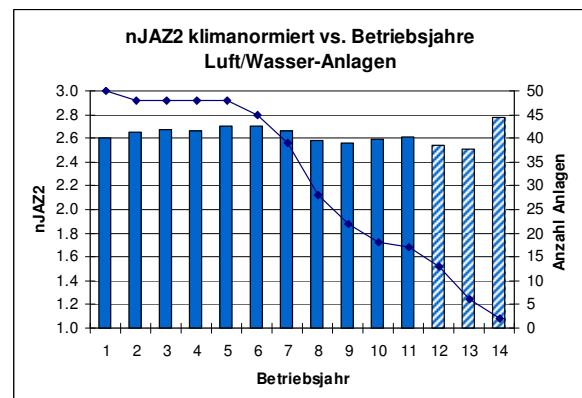


Abb. 6: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Tab. 3: nJAZ-Werte nach Betriebsjahren für die einzelnen Wärmequellenarten

WP-Quelle	Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aussenluft	nJAZ2	2.60	2.65	2.68	2.67	2.70	2.70	2.66	2.58	2.56	2.59	2.61	2.54	2.51	2.78
	Anzahl Anlagen	50	48	48	48	48	45	39	28	22	18	17	13	6	2
Erdsonden	nJAZ2	3.75	3.71	3.69	3.70	3.71	3.71	3.62	3.71	3.75	3.76	3.64	3.22	2.94	2.45
	Anzahl Anlagen	85.00	80.00	79.00	78.00	78.00	74.00	58.00	47.00	37.00	33.00	23.00	18.00	11.00	7.00
Wasser	nJAZ2		3.69	3.72	3.73	3.52	3.46	3.60	3.37	3.38	3.11	2.86	2.46		
	Anzahl Anlagen		4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1		

In dieser Tabelle sind zusätzlich die vier Wasser/Wasser-Anlagen aufgeführt. Dies sowohl zum Vergleich wie auch als weitere Information. Da es nur vier Anlagen sind, dürfen diese Werte nicht als repräsentativ betrachtet werden. Trotzdem sind die Werte tendenziell richtig, da die Wärmequelle bei vielen kleinen Wasser/Wasseranlagen wenig effizient sind. Dies hängt mit der offenen Förderhöhe ab Grundwasserspiegel (geodätische Förderhöhe) zusammen und dass diese kleinen Grundwasseranlagen sehr oft auch überdimensioniert sind. Es gibt gar keine Grundwasserpumpen, die genügend klein sind.

Vergleich nach Kalenderjahren

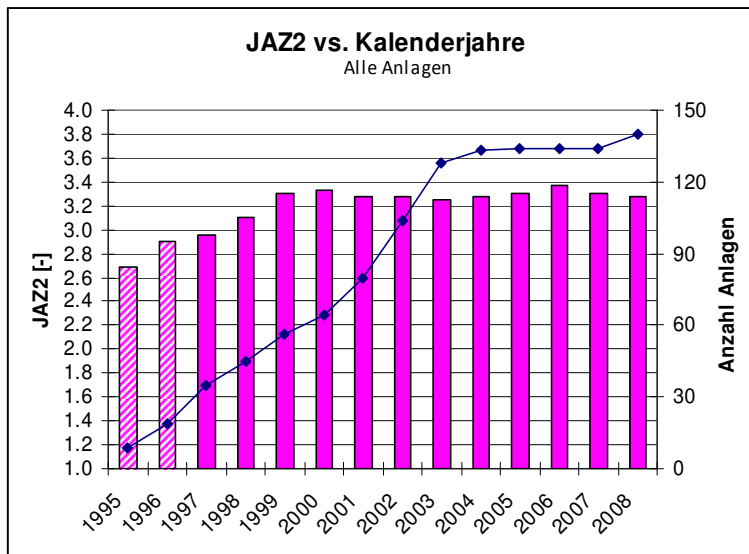


Abb. 7: Zeitreihe des Verlaufs der absoluten Jahresarbeitszahlen ($nJAZ2_{abs}$), Klima normiert, nach Kalenderjahren

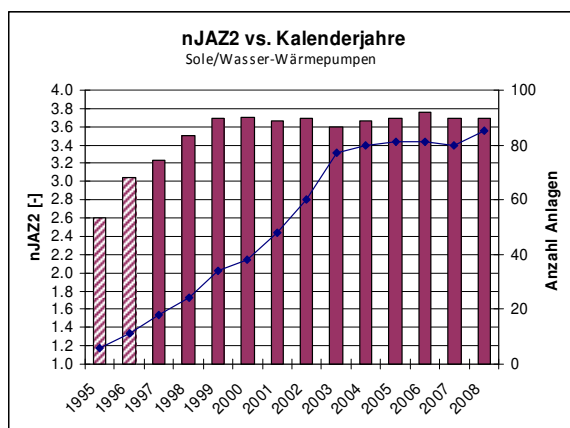


Abb. 8: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

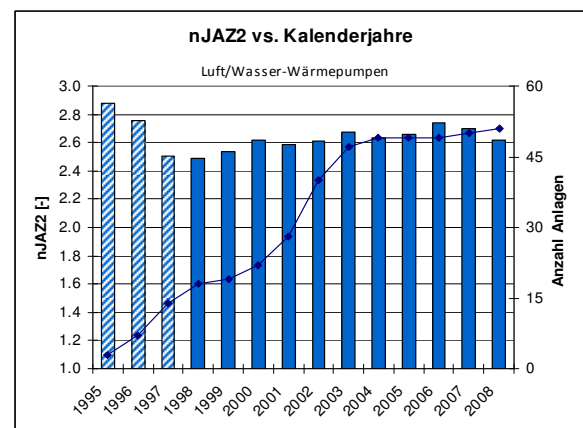


Abb. 9: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Tab. 4: nJAZ-Werte nach Kalenderjahren für die einzelnen Wärmequellenarten

WP-Quelle	Kalenderjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aussenluft	nJAZ2	2.87	2.76	2.50	2.49	2.54	2.61	2.59	2.61	2.67	2.64	2.66	2.74	2.70	2.62
	Anzahl Anlagen	3	7	14	18	19	22	28	40	47	49	49	49	50	51
Erdsonden	nJAZ2	2.60	3.04	3.23	3.50	3.69	3.70	3.67	3.69	3.59	3.67	3.68	3.76	3.69	3.69
	Anzahl Anlagen	6	11	18	24	34	38	48	60	77	80	81	81	80	85
Wasser	nJAZ2		2.37	3.40	3.66	3.63	3.73	3.51	3.57	3.44	3.51	3.52	3.18	3.14	3.14
	Anzahl Anlagen		1	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Der Verlauf der absoluten Jahresarbeitszahlen nJAZ2 nach Kalenderjahren entspricht den Werten und Erkenntnissen, die bereits bei der früheren FAWA-Analyse kommuniziert worden sind. Nach einer Phase, wo jährlich bessere JAZ-Werte festgestellt werden konnten, sind die Werte ab der Heizsaison 2000/2001 stagniert und bis heute auf gleichem Niveau geblieben. Dies leuchtet auf den ersten Blick nicht unbedingt ein. Da aber in der Branche keine grösseren Technologieschübe bekannt sind und die Verkaufszahlen ohnehin dauernd ansteigen, hat die Branche derzeit andere Probleme, wie Fachpersonal-Aufstockung und –Schulung, sowie die Konsolidierung und der weitere Ausbau der Tätigkeit.

Mit diesen Grafiken nach Kalenderjahren wird die Analyse nach Betriebsjahren verdeutlicht, da man hier eindeutig feststellen kann, dass die Anlagen der ersten Jahre (1995-1999) eine jährlich steigende Effizienz aufweisen, welches übrigens auch im damaligen FAWA-Bericht festgehalten worden ist.

Betriebsstunden (Laufzeiten) der Wärmepumpenanlagen

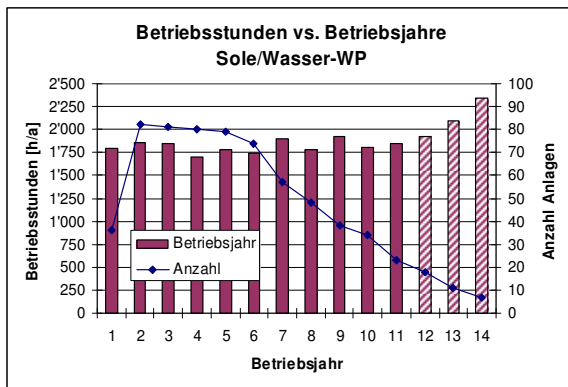


Abb. 10: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

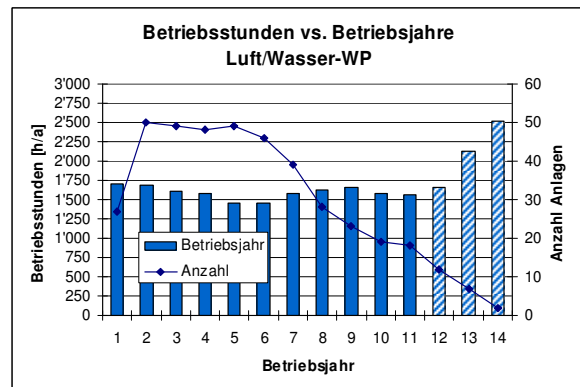


Abb. 11: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Tab. 5: Betriebsstunden 1. Stufe nach Betriebsjahren für die einzelnen Wärmequellenarten

WP-Quelle	Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aussenluft	Betriebsstunden 1. Stufe	1'711	1'693	1'610	1'580	1'451	1'447	1'581	1'620	1'659	1'583	1'557	1'661	2'125	2'509
	Anzahl Anlagen	50	48	48	48	48	45	39	28	22	18	17	13	6	2
Erdsonden	Betriebsstunden 1. Stufe	1'797	1'857	1'848	1'698	1'780	1'745	1'898	1'781	1'930	1'804	1'848	1'922	2'089	2'348
	Anzahl Anlagen	85	80	79	78	78	74	58	47	37	33	23	18	11	7
Wasser	Betriebsstunden 1. Stufe		2'253	2'192	2'092	2'125	2'254	2'077	2'185	2'109	2'019	2'274	2'362	2'671	
	Anzahl Anlagen		4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1		

Die Laufzeiten spielen vor allem bei den Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen eine grosse Rolle. Die Dimensionierungsvorgaben für die Wärmequellenanlage mit Erdwärmesonden basieren auf den Betriebsstundenvorgaben von max. 2'000 ohne Warmwasserbereitung und von 2300 mit Warmwasserbereitung.

Aus der Abbildung 10 geht klar hervor, dass die Dimensionierungsvorgaben eingehalten werden. Die Jahreswerte liegen zwischen 1750 und knapp 2000 Betriebsstunden pro Jahr. Es ist wichtig, dass gerade diese Betriebsstunden bei den Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen stimmen, da sonst Befürchtungen über längerfristig entstehende Problemfälle mit ausgekühlten Erdwärmesonden entstehen könnten.

Bei den Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen sind die Betriebsstunden nicht gleich wichtig. Man kann aus den analysierten Werten entnehmen, dass bei der Dimensionierung ähnlich vorgegangen wird.

Tab. 6: Betriebsstunden 2. Stufe nach Betriebsjahren für die einzelnen Wärmequellenarten

WP-Quelle	Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aussenluft	Betriebsstunden 2. Stufe	1'091	929	701	1'064	907	872	1'095	1'187	247	777	314	665	163	
	Anzahl Anlagen	2	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	
Erdsonden	Betriebsstunden 2. Stufe	362	350	508	759	761	798	1'190	950	1'017	690	1'529	1'284	898	1'139
	Anzahl Anlagen	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1
Wasser	Betriebsstunden 2. Stufe		1'069	1'275	1'418	1'285	1'485	1'240	1'403	1'411	949	649	882	935	
	Anzahl Anlagen		2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	

Die Auswertung der zweiten Stufe ist nicht sehr relevant, da im analysierten Anlagensample nur 4 Luft/Wasser-, 3 Sole/Wasser- und 2 Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen enthalten sind.

Wartung und Reparaturen bei Wärmepumpenanlagen

Die Erhebung und Auswertung der Wartungs- und Reparaturkosten erfolgt getrennt nach Wartung und Reparatur. Die beiden Kategorien werden wie folgt definiert:

Wartung:	Unter dem Begriff „Wartung“ (auch Service oder Unterhalt genannt) fallen Aufwendungen zur Kontrolle und allenfalls Einstellung der Wärmepumpe und ihrer Steuerungsorgane. Auch der Ersatz von Verschleissteilen (z.B. Nachfüllen von Kältemittel oder Auswechseln von Filtern, Reinigungen etc.) fallen unter diesen Begriff, sofern dies von vorneherein im Wartungskonzept des Herstellers so vorgesehen ist. Serviceverträge fallen ebenfalls unter diese Kategorie.
Reparatur:	Unter den Begriff „Reparatur“ fällt der Ersatz von Komponenten der Wärmepumpe, die ihre Funktion nur noch fehlerhaft oder gar nicht mehr erfüllen.

Die gesamten Betriebskosten für eine Wärmepumpenanlage werden nebst den Energiekosten auch von den Wartungs- und Reparaturkosten beeinflusst. Die Anlagenbesitzer müssen für eine Wärmepumpenanlage einiges mehr investieren als für eine herkömmliche Öl- oder Gasheizungsanlage. Die Wartungskosten haben deshalb bei einer Wärmepumpenanlage einen grösseren Stellenwert. Es ist auch für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wichtig zu wissen, wie hoch man diesen Kostenanteil einsetzen muss. Diese Untersuchung ist für die Beurteilung von Wärmepumpensystemen von grossem Interesse und kann auch für die Imagewerbung direkt eingesetzt werden.

Diese Analysen wurden mit dem BFE-Projekt Nr. 100'454 mit einem Anlagensample von ca. 50 Anlagen begonnen. Mittlerweile sind 60 Anlagen in diesem Sample und wir haben diese Analyse in das vorliegende Projekt integriert, weil es ebenfalls von grosser Wichtigkeit ist, dass über die Kostensituation statistisch abgesicherte Informationen vorliegen und entsprechend kommuniziert werden können.

Bei der Ermittlung der Wartungs- und Energiekosten werden die Besitzer individuell befragt. Ein Verschicken von Fragebogen hat sich nicht bewährt. Stattdessen muss eine Befragung am Telefon oder vor Ort durchgeführt werden, um Unklarheiten und Widersprüche direkt klären zu können. Die Wartungs- und Reparaturkosten werden anhand von Belegen (Serviceapporte, Rechnungen, etc.) festgehalten.

Das untersuchte Anlagensample setzt sich wie folgt zusammen:
Wärmequellen (31 EWS, 3 Erdregister, 1 Energiepfähle, 21 Luft und 4 Wasser),
Heizung und Warmwasserbereitung 30 Anlagen und
nur für Heizzwecke 30 Anlagen.

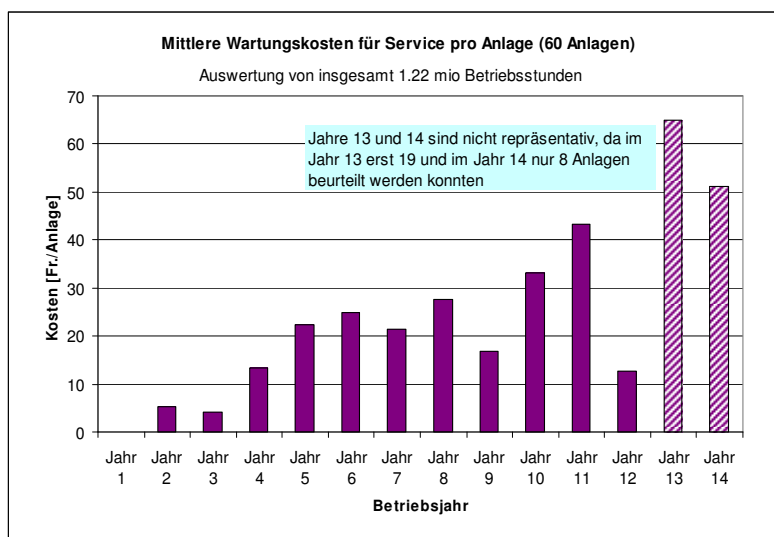


Abb. 12: Mittlere Wartungskosten (Service- und Unterhaltskosten) über die Betriebsjahre der Wärmepumpen

Die Wartungskosten (Service und Unterhalt) sind für eine Wärmepumpenanlage im Rahmen von ca. Fr./a 24.40 und damit äusserst günstig. Dass die ersten Jahre fast wegfallen, hat mit der Garanzzeit von 2 Jahren und einer relativ grossen Kulanz zu tun. Die leicht ansteigenden Kosten stehen im Zusammenhang mit vermehrten Servicegängen für kleine Störungen und Kontrollen an den Anlagen.

In Abb. 13 fällt auf, dass die Reparaturkosten unterschiedlich anfallen. Die Jahre mit höheren Kosten stehen im Zusammenhang mit grösseren Reparaturen, wie Kompressorschaden, Wärmetauscherdefekt und Brandschaden (Propananlage wegen Elektrodefekt). Die übrigen Reparaturkosten sind auf

ganz normale Gegebenheiten verteilt, wie Expansionsventil, Strömungswächter, Regulierung, etc. sowie auch äussere Einflüsse, wie Verschlammung des hydraulischen Systems, Mischventil und Umwälzpumpe. Der Mittelwert über alle Reparaturkosten liegt pro Anlage bei rund 86.55 [Fr./a]. Diese niedrigen Reparaturkosten sind ebenfalls sehr günstig und beeinflussen die Betriebskostenrechnung für eine Wärmepumpenanlage positiv.

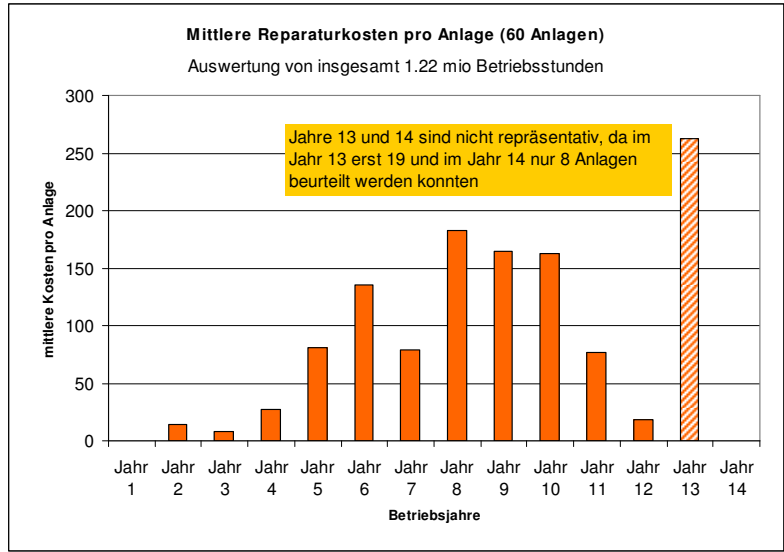


Abb. 13: Mittlere Reparaturkosten über die Betriebsjahre der Wärmepumpen

Die gesamten Kosten für Wartung und Reparaturen belaufen sich im Mittel über die 14 analysierten Betriebsjahre bei den 60 Anlagen auf 110.90 [Fr./a]. Dies sind sehr günstige Werte, die für die Qualität der Kleinwärmepumpen sprechen. Trotzdem ist es nicht so, dass keine Reparaturen angefallen sind. In den analysierten Kosten sind immerhin fünf Kompressoren sowie je ein Brandfall und ein Vereisungsschaden am Verdampfer enthalten. Weitere Details zu den mittleren jährlichen Unterhaltskosten sind der Tab. 7 zu entnehmen. Wenn man diese Unterhaltskosten pro 1000 Betriebsstunden berechnet, kommt man für die Wartung auf 11.97 Fr./1000h und für die Reparaturen auf 44.24 Fr./1000h.

Tab. 7: Unterhaltskosten für Wärmepumpenanlagen

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10	Jahr 11	Jahr 12	Jahr 13	Jahr 14	Durchschnitt
Anzahl Anlagen	33	60	60	59	58	59	58	56	53	49	42	32	19	8	
Wartungskosten	0.00	5.27	4.17	13.46	22.41	24.93	21.31	27.54	16.83	33.21	43.24	12.75	64.88	51.11	24.40
Reparaturkosten	0.00	14.01	7.65	26.88	80.95	135.19	78.63	182.81	165.10	162.82	76.71	18.02	262.91	0.00	86.55
Gesamte Unterhaltskosten	0.00	19.28	11.81	40.33	103.37	160.12	99.94	210.35	181.93	196.03	119.95	30.77	327.78	51.11	110.90

Die letzten beiden Betriebsjahre (13 und 14, gelb hinterlegte Zellen) sind noch nicht repräsentativ, da im Anlagensample nur wenige Anlagen mit dieser Anzahl Betriebsjahre verfügbar sind.

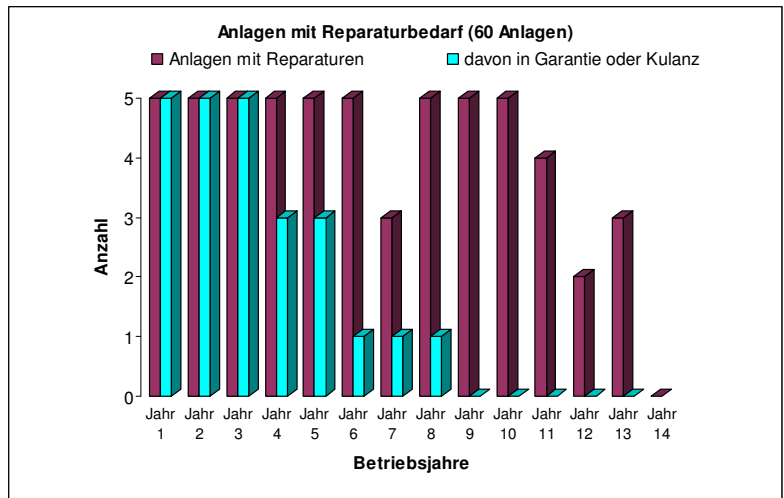


Abb. 14: Anzahl Anlagen mit Reparaturbedarf in Abhängigkeit der Betriebsjahre

In Abb. 14 sind noch die Anzahl Anlagen ersichtlich, für die in den entsprechenden Betriebsjahren Reparaturleistungen erbracht werden musste. Deutlich ist feststellbar, dass vor allem in den ersten drei Jahren alle Reparaturen in Garantie oder Kulanz behoben wurden.

Nationale Zusammenarbeit

Es fand eine Begleitgruppensitzung am 09. Oktober 2009 statt mit den Herren Richard Phillips und Gerold Truniger vom BFE sowie Max Ehrbar.

Die guten Kontakte zu der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS sind eine günstige Plattform für die zielgerichtete Weitergabe der Erkenntnisse auf einfachem Wege.

Die Themen werden über alle möglichen Kanäle von FWS, wie auch bei anderen Gelegenheiten, über Vorträge und Arbeitsgruppentätigkeit, wie auch direkt in der Schulung (FWS Fachpartner mit Zertifikat) weiter verbreitet und aktiv eingebracht.

Internationale Zusammenarbeit

Der Projektleiter konnte am 29. Oktober 2009 am internationalen Wärmepumpensymposium der TWK-Karlsruhe (Prof. Dr. Ing. Reichelt) in Deutschland über dieses Projekt einen Vortrag halten.

Weiter sind vorerst keine internationalen Kontakte vorgesehen. Zu den Projektgruppen in Deutschland, wie auch in Österreich bestehen Kontakte. Ein Erfahrungsaustausch, vor allem mit dem Fraunhoferinstitut in Deutschland, ist vorgesehen. Da man in der Schweiz aus weitsichtiger Planung beim BFE bereits seit 1996 solche Analysen im Feld durchführt (FAWA-Studie [1] und Folgeprojekte QS-WP/QP [2]), sind wir bezüglich Informationen und Erkenntnissen meilenweit voraus. Es bestehen Kontakte zu den deutschen Projektgruppen.

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Die jährlichen Auswertungen zeigen eine gute Kontinuität. Es gibt wenige Abweichungen und die Qualität der Resultate ist gut. Auch die Kostenanalysen für die Wartung und Reparaturen wurden weiter vertieft. Diese Erkenntnisse können die positiven Erfolge bei den Wärmepumpenverkäufen noch zusätzlich stützen, da man gerade bei den Wartungskosten (Service und Unterhalt) sehr günstige Werte vorfindet. Sobald man über die Kostenanalyse noch mehr Informationen hat, müssen diese Informationen breit kommuniziert werden.

Die Weiterführung der Untersuchungen von Kleinwärmepumpen im Feld ist sehr wichtig. Die Erfahrungswerte über Effizienz und aber auch die Unterhaltskosten während der gesamten Lebensdauer sind von grossem Interesse. Die Anlagen sind nun in einem Stadium, wo es erst recht interessant wird. Erst jetzt hat man allmählich gesicherte Informationen über die gesamte Lebensdauer von Wärmepumpenanlagen, die für den Wärmepumpenmarkt, resp. für die Käuferschaft von Wärmepumpen interessant sind.

Referenzen

- [1] **FAWA-Schlussbericht BFE: Feldanalysen von Wärmepumpenanlagen FAWA, 1996 - 2003**
Schlussbericht April 2004, Autoren: P. Hubacher, M. Erb, M. Ehrbar.
- [2] **QS-WP/QP: Qualitätssicherung von Klein-Wärmepumpen mittels Norm- und Feldmessungen**, Teilprojekt Langzeitverhalten 2007-2008, Schlussbericht 2008, Autoren: P. Hubacher, Experte M. Ehrbar
- [3] **Verbesserung der Jahresarbeitszahl durch witterungsgeführten Ladekreis**;
Schlussbericht 2008; Autoren P. Hubacher, M. Ehrbar;