

31.12.2012

QS-WP/QP: FORTSETZUNG DES FELD-MONITORINGS VON WP- ANLAGEN (2011-2013)

Jahresbericht 2012

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Hubacher Engineering, Tannenbergrasse 2, 9032 Engelburg

Autoren:

Peter Hubacher (Projektleitung)

Carlos Bernal

Begleitgruppe:

Rita Kobler, Bundesamt für Energie BFE

Gerold Truniger, Bundesamt für Energie BFE (Sektion Statistik und Perspektiven)

Prof. Dr. Max Ehrbar, Sargans

Diese Studie wurde im Rahmen Programms "EnergieSchweiz" des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Projektziele | 4 |
| 1.1 | Grundsätzliche Informationen | 4 |
| 1.2 | Projektentwicklung | 4 |
| 1.2.1 | Messkonzept | 4 |
| 1.2.2 | Kontakt zu Anbietern auf dem Markt..... | 4 |
| 1.2.3 | Kontaktaufnahme mit Anlagenbesitzern | 5 |
| 1.3 | Projektstand | 5 |
| 1.3.1 | Anlagensample | 5 |
| | | |
| 2 | Analyse und Ergebnisse | 6 |
| 2.1 | Vergleich nach Betriebsjahren | 7 |
| 2.2 | Vergleich nach Kalenderjahren | 8 |
| 2.3 | Betriebsstunden (Laufzeiten) Wärmepumpenanlagen | 9 |
| 2.4 | Verfügbarkeit | 10 |
| 2.5 | Ersatz von älteren Wärmepumpen | 11 |
| | | |
| 3 | Zusammenarbeit | 12 |
| 3.1 | Nationale Zusammenarbeit | 12 |
| 3.2 | Internationale Zusammenarbeit | 12 |
| | | |
| 4 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 12 |

1 Projektziele

1.1 Grundsätzliche Informationen

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 sollen 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 riesigen Vorsprung, da wir als einzige Resultate bis zu 16 Jahren Betrieb erfasst und analysiert haben.

Mit der konsequenten Fortsetzung dieses Projekts ist man 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 seit Beginn total 257 Anlagen, davon heute aktiv im Anlagensample 127.
- Seit 2008 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 an 60 Anlagen, zwecks Aufarbeitung von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen. Hier fehlten bisher 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.

1.2 Projektabwicklung

1.2.1 Messkonzept

Für die Ermittlung der Jahresarbeitszahlen sind in jeder Anlage Wärme-, Elektro- und Betriebsstundenzähler installiert, die in nützlichen Abständen (wöchentlich bis monatlich) von den Anlagenbesitzern 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, nicht erfasst.

1.2.2 Kontakt zu Anbietern auf dem Markt

Es bestehen zu allen am Markt tätigen Hersteller- und Lieferfirmen gute Kontakte. Dies ist wichtig, da das Ziel einen echten Marktüberblick zu haben auch davon abhängt, dass auch neu am Markt eingeführte Produkte berücksichtigt werden. Das Projekt wird praktisch überall positiv aufgenommen und unterstützt.

1.2.3 Kontaktaufnahme mit Anlagebesitzern

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 Ableseleücken entstehen, ist ein regelmässiger Kontakt notwendig.

Es wurde zwecks Imagepflege an die Anlagenbesitzer in den früheren Jahren zweimal ein kleines Präsent, verbunden mit einem Dankesbrief des BFE, abgegeben. Diese Aktionen wurde mit gutem Erfolg lanciert und steigerten die Motivation merkbar.

1.3 Projektstand

1.3.1 Anlagensample

Tab. 1: Verzeichnis der neu aufgenommenen Anlagen

| | Nr. | Kurzzeichen | Segment | Bauobjekt | Wärmequelle | WW-Bereit. | JAZ | Beginn Dat.erfass. |
|--------------------|------|-----------------|-----------|-----------|-------------|------------|---------------------------------------|--------------------|
| Anlagensample 2010 | 1225 | SARBAH58 | Sanierung | EFH | Aussenluft | ja | 1.87 | Apr 10 |
| | 1226 | WITBET17 | Neubau | EFH | Erdsonde-W | ja | 5.40 | Jun 10 |
| | 1227 | RONAU10 | Sanierung | EFH | Erdsonde-W | ja | 4.77 | Apr 10 |
| | 1228 | GRÜBÖS35 | Sanierung | EFH | Aussenluft | ja | 2.94 | Okt 10 |
| | 1229 | GRAAMA23 | Sanierung | EFH | Erdsonde | nein | 3.68 | Sep 10 |
| | 1230 | MATALT28 | Sanierung | EFH | Erdsonde | ja | 3.52 | Dez 10 |
| | 1231 | WILALT20 | Sanierung | EFH | Erdsonde | ja | 5.34 | Jan 10 |
| | 1232 | GÜMRÜT08 | Sanierung | EFH | Erdsonde | ja | 4.17 | Jun 11 |
| | 1233 | AAROB13 | Sanierung | EFH | Aussenluft | ja | 2.59 | Jan 11 |
| | 1234 | THABUE09 | Sanierung | EFH | Aussenluft | nein | 2.32 | Dez 09 |
| | Nr. | Kurzzeichen | Segment | Bauobjekt | Wärmequelle | WW-Bereit. | JAZ * | Beginn Dat.erfass. |
| Anlagenliste 2011 | 1235 | STFGS03 | Neubau | EFH | Luft | ja | 3.30 | 03.11.11 |
| | 1236 | ZÜBWEI09 | Sanierung | EFH | Erdsonde | ja | 3.06 | 15.07.11 |
| | 1237 | RIESAL16 | Sanierung | EFH | Erdsonde | nein | 3.47 | 01.09.11 |
| | 1238 | UETBER05 | Sanierung | EFH | Luft | ja | 3.09 | 22.12.11 |
| | 1239 | TRIMMIS | Sanierung | EFH | Luft | ja | 2.41 | 28.11.11 |
| | 1240 | ESCOBE09 | Sanierung | EFH | Luft | ja | 2.20 | 29.12.11 |
| | 1241 | MÖRFAH24 | Sanierung | D-EFH | Luft | ja | 3.23 | 04.06.12 |
| | 1242 | FRASCH04 | Neubau | EFH | Erdsonde | ja | 4.42 | 06.01.12 |
| | 1243 | SCUSPL00 | Neubau | MFH | Erdsonde | ja | 4.40 | 11.11.10 |
| | 1244 | HEROWI04 | Sanierung | EFH | Erdsonde | nein | 4.45 | 04.10.11 |
| | Nr. | Kurzzeichen | Segment | Bauobjekt | Wärmequelle | WW-Bereit. | JAZ ** | Beginn Dat.erfass. |
| Anlagenliste 2012 | 1245 | BRESEF21 | Sanierung | EFH | Erdsonde | WW | Zu wenig Messdaten für JAZ-Bestimmung | 11.09.12 |
| | 1246 | WÄGGRO04 | Sanierung | EFH | Erdsonde | WW | | 30.08.12 |
| | 1247 | UETARV15 | Sanierung | EFH | Erdsonde | WW | | 25.09.12 |
| | 1248 | BETBIL11 | Neubau | EFH | Erdsonde | WW | | 12.09.12 |
| | 1249 | ZÜRFAR12 | Sanierung | EFH | Erdsonde | WW | | 18.10.12 |
| | 1250 | WEGRIG58 | Sanierung | EFH | Luft | WW | | 26.10.12 |
| | 1251 | SCHGRO00 | Neubau | EFH | Luft | WW | | Dez.2012 |
| | 1252 | REBBAH61 | Sanierung | DEFH | Luft | WW | | Dez.2012 |
| | 1253 | RHETRU26 | Neubau | EFH | Luft | WW | | 07.03.13 |
| | 1254 | ALTRÜE16 | Sanierung | EFH | Luft | nein | | 08.02.13 |

Anmerkung:

* Die JAZ der Anlagen 2011 basieren erst auf einem Messjahr

** Die JAZ der Anlagen 2012 ist nur während einigen Monaten erfasst und hochgerechnet.

Tab. 2: Gesamt-Anlagensample, das für die Analyse heute noch zur Verfügung steht

| Jahr der Inbetriebnahme | Gesamtanzahl | SW-WP | LW-WP | WW-WP (EWS W) | WW-Bereitung mit WP | Anteil Sanierungsanlagen | Betriebsjahre seit IBS |
|-------------------------|--------------|-------|-------|---------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 1995 | 8 | 6 | 2 | | 1 | 8 | 17 |
| 1996 | 7 | 5 | 2 | | 4 | 4 | 16 |
| 1997 | 13 | 5 | 7 | | 6 | 5 | 15 |
| 1998 | 10 | 6 | 4 | | 6 | 4 | 14 |
| 1999 | 9 | 8 | 1 | | 6 | 7 | 13 |
| 2000 | 9 | 4 | 4 | 1 | 6 | 4 | 12 |
| 2001 | 16 | 9 | 7 | | 7 | 5 | 11 |
| 2002 | 22 | 10 | 12 | | 15 | 8 | 10 |
| 2003 | 20 | 13 | 6 | 1 | 12 | 9 | 9 |
| 2004 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 8 |
| 2005 | 2 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 7 |
| 2006 | | | | | | | 6 |
| 2007 | | | | | | | 5 |
| 2008 | 10 | 6 | 4 | | 6 | 4 | 4 |
| 2009 | 10 | 4 | 6 | | 8 | 7 | 3 |
| 2010 | 10 | 4 | 4 | 2 | 8 | 9 | 2 |
| 2011 | 10 | 5 | 5 | | 8 | 7 | 1 |
| 2012 | 10 | 5 | 5 | | 9 | 7 | 0 |
| Total | 167 | 92 | 62 | 4 | 105 | 90 | |

Anmerkung:

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 ein Folgeprojekt bewilligt. Damit die Kontakte zu den Anlagenbesitzern nicht verloren gingen, hat Hubacher Engineering die Kontakte in der Zwischenzeit selber gepflegt und aufrecht erhalten (Eigenleistung von Hubacher Engineering).

Die Wasser/Wasser-Wärmepumpen sind bei Kleinanlagen nicht sehr verbreitet. Aus diesem Grund sind nur vier Anlagen zwecks Vergleichs im Anlagensample enthalten.

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

2 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.

2.1 Vergleich nach Betriebsjahren

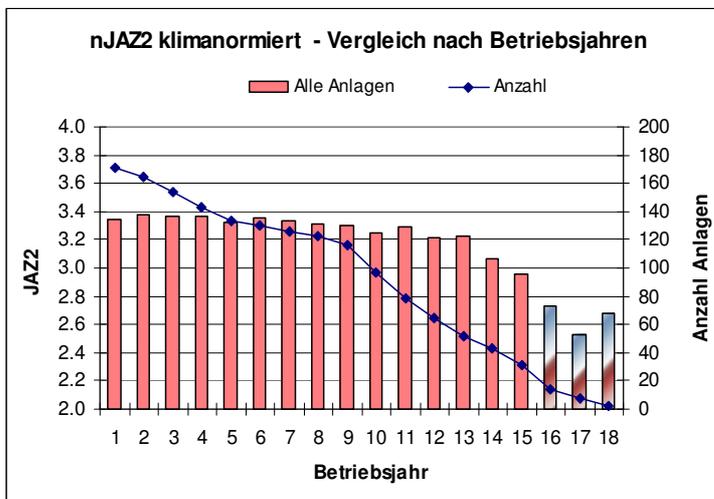


Abb. 1: Zeitreihe des Verlaufs der Jahresarbeitszahlen nJAZ2 (Klima normiert) über die Betriebsjahre

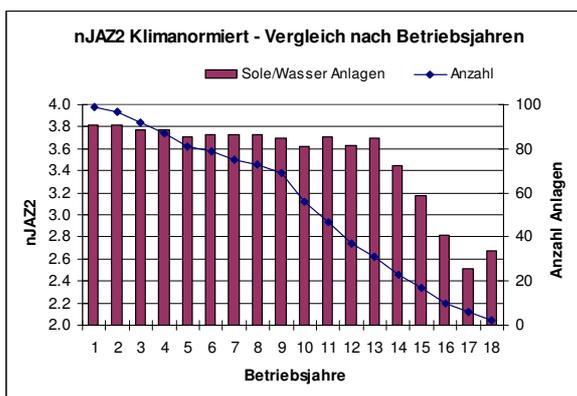


Abb. 2: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

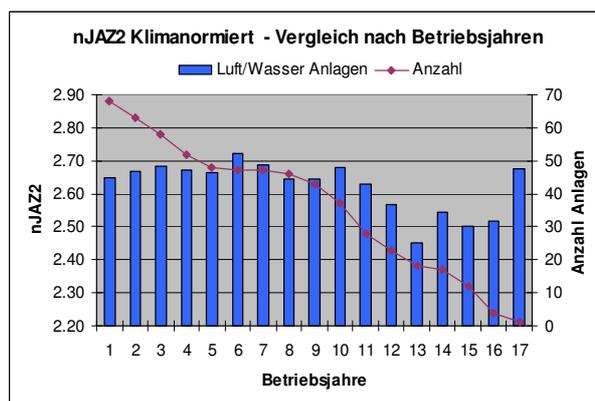


Abb. 3: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Tab. 3: nJAZ2-Werte nach Betriebsjahren für die einzelnen Wärmequellenarten

| WP-Quelle | Betriebsjahre | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aussenluft | nJAZ2 | 2.65 | 2.67 | 2.68 | 2.67 | 2.67 | 2.72 | 2.69 | 2.64 | 2.65 | 2.68 | 2.63 | 2.57 | 2.45 | 2.55 | 2.50 | 2.52 | 2.68 | |
| | Σ Anlagen | 68 | 63 | 58 | 52 | 48 | 47 | 47 | 46 | 43 | 37 | 28 | 23 | 18 | 17 | 12 | 4 | 1 | |
| Erdwärmesonden | nJAZ2 | 3.81 | 3.82 | 3.77 | 3.78 | 3.71 | 3.73 | 3.72 | 3.73 | 3.70 | 3.62 | 3.70 | 3.63 | 3.70 | 3.45 | 3.17 | 2.82 | 2.51 | 2.68 |
| | Σ Anlagen | 99 | 97 | 92 | 87 | 81 | 79 | 75 | 73 | 69 | 56 | 47 | 37 | 31 | 23 | 17 | 10 | 6 | 2 |
| Grundwasser | nJAZ2 | 3.60 | 3.71 | 3.74 | 3.63 | 3.53 | 3.48 | 3.50 | 3.37 | 3.50 | 3.21 | 3.08 | 3.12 | 2.93 | 3.09 | 3.85 | | | |
| | Σ Anlagen | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | | | |

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.

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 al-

lein 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. Zudem fallen die ersten im Anlagensample aufgenommenen Anlagen in die Phase, wo die Entwicklung noch Fortschritte gezeigt hatte (1995-1998). Dies sind die Anlagen mit der längsten Betriebsdauer und diese haben eine 15-20% schlechtere Effizienz. Dies wird deutlich bei den Betriebsjahren 15-18. 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 Veränderungen gegenüber dem ersten Betriebsjahr sind bis zum zwölften, resp. dreizehnten Betriebsjahr kaum feststellbar. Die kleinen Abweichungen sind viel eher in der Genauigkeit der Ermittlung, resp. in der Messgenauigkeit, zu suchen.

2.2 Vergleich nach Kalenderjahren

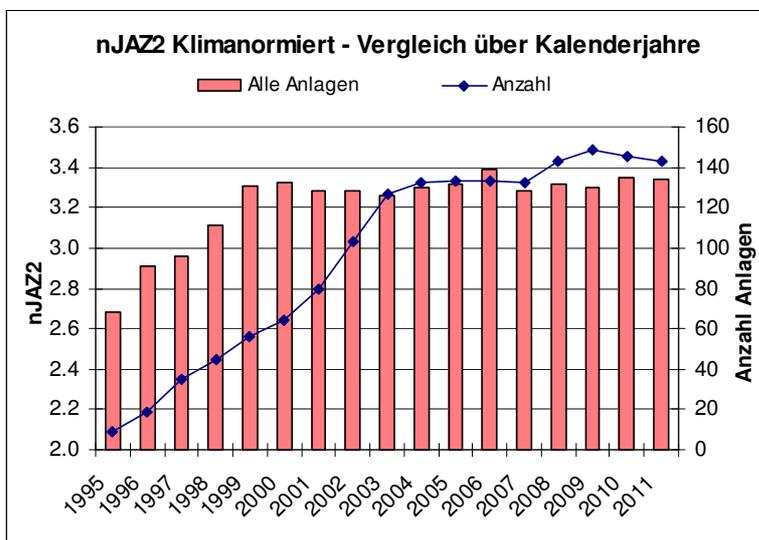


Abb. 7: Zeitreihe des Verlaufs der absoluten Jahresarbeitszahlen (nJAZ2_{abs}), Klima normiert, nach Kalenderjahren



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

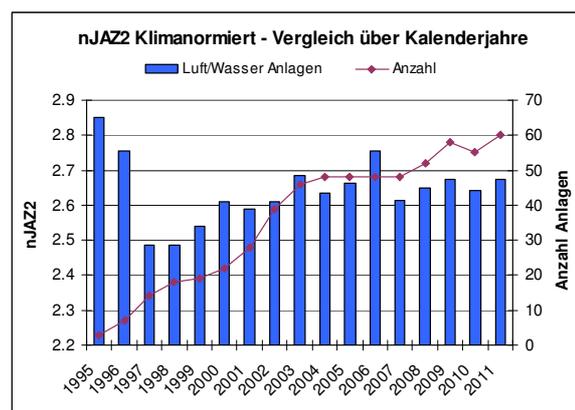


Abb. 9: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

Der Verlauf der absoluten Jahresarbeitszahlen nJAZ2 nach Kalenderjahren entspricht den Werten und Erkenntnissen, die bereits bei den bereits erfolgten Analysen kommuniziert worden sind. Nach einer Phase, wo jährlich bessere JAZ-Werte festgestellt werden konnten, sind die Werte ab der Heizsaison 2000 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.

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

| WP-Quelle | Kalenderjahr | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aussenluft | nJAZ2 | 2.85 | 2.75 | 2.49 | 2.48 | 2.54 | 2.61 | 2.59 | 2.61 | 2.68 | 2.63 | 2.66 | 2.76 | 2.61 | 2.65 | 2.67 | 2.64 | 2.67 |
| | Σ Anlagen | 3 | 7 | 14 | 18 | 19 | 22 | 28 | 39 | 46 | 48 | 48 | 48 | 48 | 52 | 58 | 55 | 60 |
| Erdwärmesonden | nJAZ2 | 2.60 | 3.05 | 3.25 | 3.52 | 3.71 | 3.70 | 3.68 | 3.71 | 3.60 | 3.69 | 3.70 | 3.78 | 3.70 | 3.72 | 3.73 | 3.80 | 3.83 |
| | Σ Anlagen | 6 | 11 | 18 | 24 | 34 | 38 | 48 | 60 | 77 | 80 | 81 | 81 | 80 | 87 | 87 | 87 | 80 |
| Grundwasser | nJAZ2 | | 2.37 | 3.39 | 3.67 | 3.63 | 3.73 | 3.50 | 3.57 | 3.44 | 3.51 | 3.52 | 3.17 | 3.14 | 3.14 | 3.13 | 3.47 | 3.78 |
| | Σ Anlagen | | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |

Die Bilanzgrenze der Jahresarbeitszahlen JAZ2 umfasst nebst 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 Klimanormierte 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 damaligen Bericht beschrieben.

2.3 Betriebsstunden (Laufzeiten) Wärmepumpenanlagen

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.

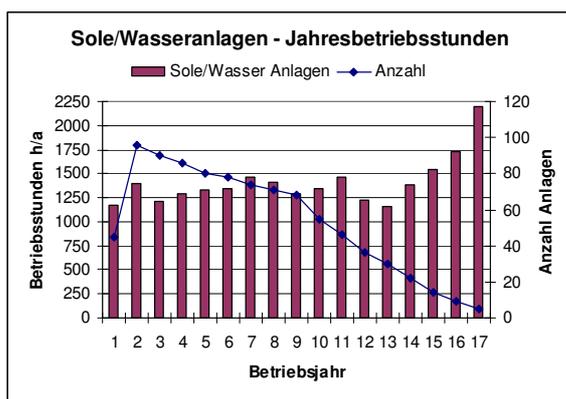


Abb. 10: Zeitreihe für das Teilsample Sole/Wasser-Anlagen

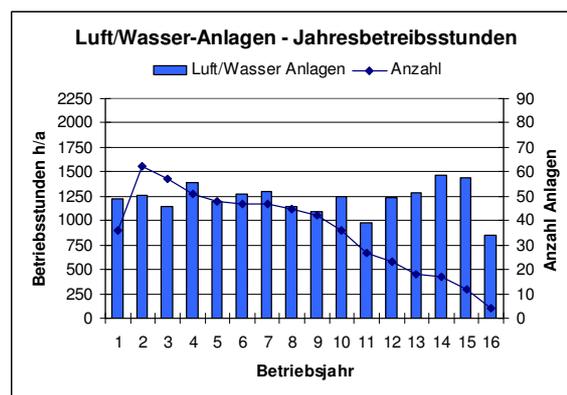


Abb. 11: Zeitreihe für das Teilsample Luft/Wasser-Anlagen

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.

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

| WP-Quelle | Betriebsjahre | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Aussenluft | Betriebsstd. | 1221 | 1263 | 1140 | 1387 | 1195 | 1279 | 1299 | 1149 | 1094 | 1245 | 983 | 1228 | 1281 | 1460 | 1439 | 843 | 830 | |
| | Σ Anlagen | 36 | 62 | 57 | 51 | 48 | 47 | 47 | 45 | 42 | 36 | 27 | 23 | 18 | 17 | 12 | 4 | 1 | |
| Erdwärmesonden | Betriebsstd. | 1173 | 1393 | 1210 | 1285 | 1328 | 1351 | 1465 | 1410 | 1289 | 1346 | 1466 | 1231 | 1157 | 1384 | 1544 | 1737 | 2194 | 499 |
| | Σ Anlagen | 45 | 96 | 90 | 86 | 80 | 78 | 74 | 71 | 68 | 55 | 46 | 36 | 30 | 22 | 14 | 9 | 5 | 2 |
| Grundwasser | Betriebsstd. | | 1802 | 1180 | 1629 | 1512 | 1809 | 2076 | 1735 | 810 | 1978 | 1611 | 2235 | 2411 | 1450 | 1659 | | | |
| | Σ Anlagen | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | | | |

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 | Betriebsjahre | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----------------|---------------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|----|----|
| Aussenluft | Betriebsstd. | 1210 | 400 | 180 | 852 | 608 | 539 | 853 | 961 | 132 | 1177 | 799 | 125 | 326 | 284 | 246 | 49 | | |
| | Σ Anlagen | 2 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| Erdwärmesonden | Betriebsstd. | 542 | 209 | 510 | 759 | 274 | 800 | 594 | 950 | 1017 | 707 | 98 | 180 | 1082 | 673 | 2178 | 183 | | |
| | Σ Anlagen | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | | |
| Grundwasser | Betriebsstd. | | 1069 | 1275 | 1418 | 970 | 585 | 1240 | 1403 | 151 | 1413 | 1142 | 1239 | 937 | 61 | | | | |
| | Σ Anlagen | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | |

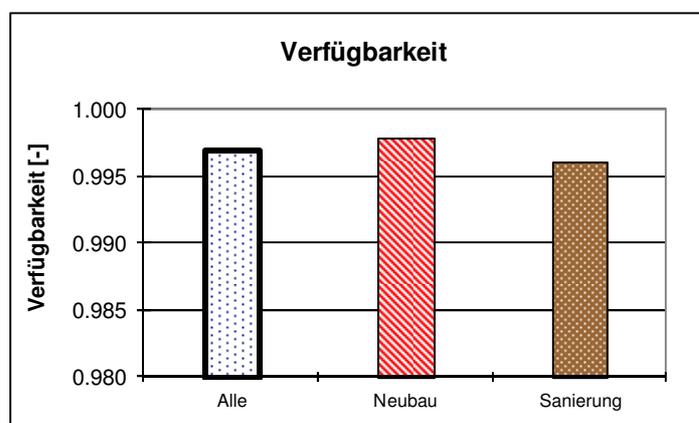
Die Auswertung der zweiten Stufe ist nicht sehr relevant, da im analysierten Anlagensample nur 4 Luft/Wasser-, 3 Sole/Wasser- und 2 Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen mit zweistufigem Betrieb enthalten sind.

2.4 Verfügbarkeit

Diese bereits im ersten Teil dieses Feldmonitorings durchgeführte Analyse über die Verfügbarkeit ist seit Anbeginn gleichbleibend gut. Aus der nachstehenden Tabelle ist die grosse Betriebsstundenzahl ersichtlich, die dieser Analyse zugrunde liegt.

Tab. 7: Betriebsstunden für die Analyse der Verfügbarkeit

| Störung | Alle | Neubau | Sanierung | L/W | S/W |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| LZ total [h] | 2'692'030 | 1'331'261 | 1'360'769 | 913'751 | 1'597'989 |
| Störung [h] | 8'040 | 2'823 | 5'217 | 5'836 | 1'705 |
| Verfügbarkeit [-] | 0.9970 | 0.9979 | 0.9962 | 0.9937 | 0.9989 |
| Gestörte | | | | | |
| Anlagen [Stk.] | 54 | 29 | 25 | 25 | 26 |
| Anteil [-] | 0.32 | 0.34 | 0.30 | 0.40 | 0.27 |



Die Verfügbarkeit von Wärmepumpen ist sehr gut.

Dass nur eine Ausfallquote von 0.3-0.4 % besteht und dies mit fast 2.7 mio. Betriebsstunden ermittelt, spricht für die Betriebssicherheit von Wärmepumpen.

Man darf fast mit Sicherheit annehmen, dass dieses Resultat im Vergleich zu anderen Wärmezeugern sehr gut dasteht.

Abb. 12: Verfügbarkeit von Wärmepumpen

2.5 Ersatz von älteren Wärmepumpen

Die ältesten Anlagen kommen nun allmählich in die Phase des Ersatzes durch eine neue Wärmepumpenanlage. Als Beispiel wird hier die erste im damaligen Anlagensample aufgenommene Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage 1001 dokumentiert. Die Anlagendaten wurden seit 1995 erfasst.

Der damals als Bivalentanlage eingebaute Ölheizkessel ist seit längerer Zeit hydraulisch abgekoppelt und nicht mehr in Betrieb. Das Prinzipschema entspricht der damaligen Neuerstellung.

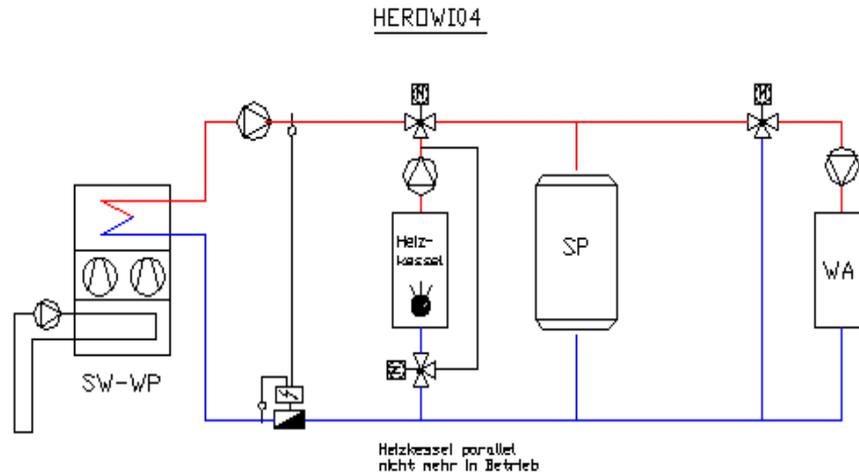


Abb.12: Prinzipschema der Anlage 1001

Der Grund für den Ersatz war beim Anlagenbesitzer die Aussicht auf eine deutlich bessere Effizienz für die Wärmeerzeugung mit einer neuen Wärmepumpenanlage.

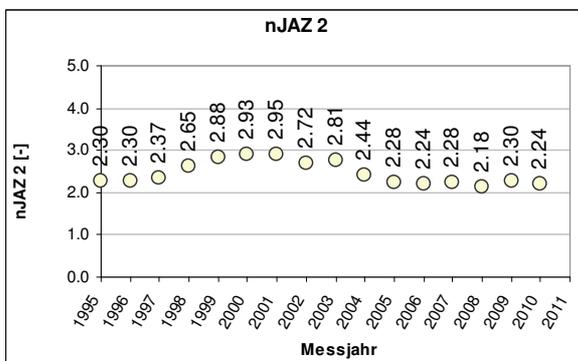


Abb. 13: JAZ-Verlauf bei der alten Anlage

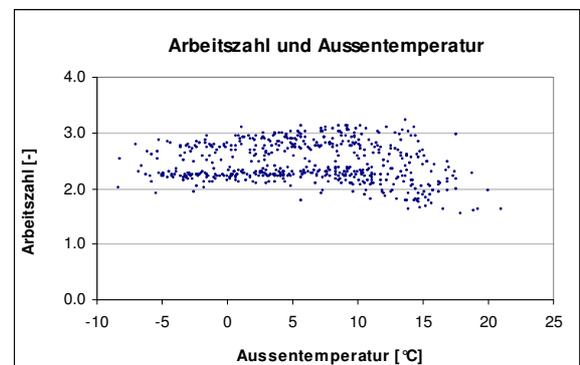


Abb. 14: Arbeitszahlen der alten Anlage

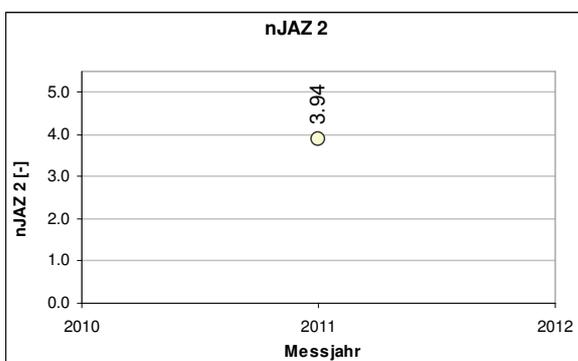


Abb. 15: JAZ-Verlauf bei der neuen Anlage

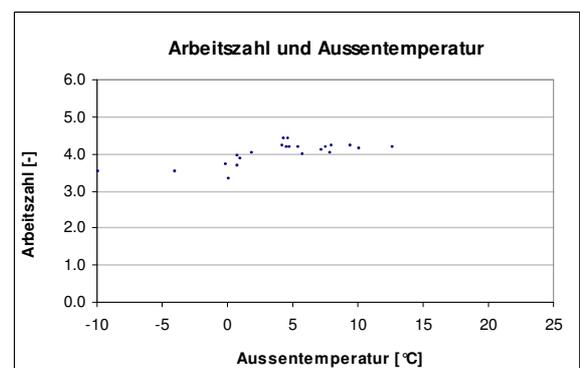


Abb. 16: Arbeitszahlen der neuen Anlage

Die Anlage produziert jährlich rund 21'000 kWh Nutzwärmeenergie. Mit der alten Anlage war mit einer mittleren JAZ von rund 2.5 ein kostenpflichtiger Energiekonsum von $P_{el}=8'400$ kWh/a notwendig.

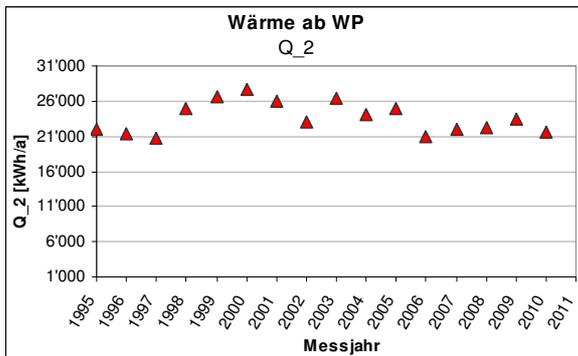


Abb. 17: JAZ-Verlauf bei der neuen Anlage

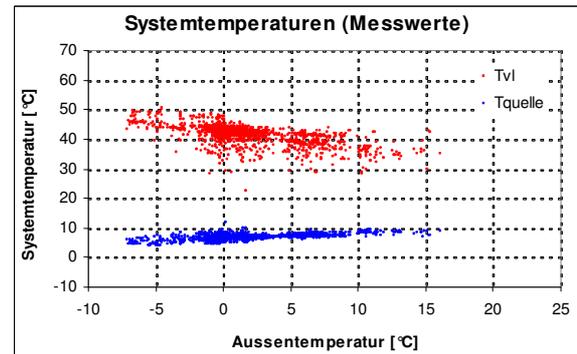


Abb. 18: Arbeitszahlen der neuen Anlage

Am Gebäude wurde bisher wenig verändert und auch die Wärmequellenseite blieb gleich. Die Systemtemperaturen und damit der benötigte Temperaturhub sind somit ebenfalls praktisch unverändert.

Mit der neuen Sole/Wasser-Wärmepumpe benötigt der Anlagenbesitzer bei gleichem Nutzwärmebedarf, jedoch mit einer JAZ von 4.0 nur noch einen Elektrokonsum von 5'250 kWh/a. Dies ergibt eine Einsparung von 3'150 kWh/a, welches 37.5% entspricht.

3 Zusammenarbeit

3.1 Nationale Zusammenarbeit

Im Jahr 2012 fand keine Begleitgruppensitzung statt, da per Ende 2011 der Schlussbericht der Beurteilungsphase 2008-2011 veröffentlicht wurde.

Die guten Kontakte zu der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS sind eine günstige Plattform für die Weitergabe der Erkenntnisse auf direktem Weg zu den Installateuren und weiteren Marktteilnehmern. Die Themen werden über alle möglichen Kanäle, wie Vorträge und Arbeitsgruppentätigkeit, sowie auch direkt in der Schulung (FWS Fachpartner mit Zertifikat) und bei der Projektentwicklung (bspw. Systemmodul) weiter verbreitet und aktiv eingebracht.

3.2 Internationale Zusammenarbeit

Im Jahr 2012 fanden keine direkten Kontakte zu ausländischen Fachgremien statt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit diesem Projekt sind wir im internationalen Vergleich immer noch weit voraus, denn ähnliche Projekte in Deutschland und in Österreich sind erst seit ca. 5 Jahren in Arbeit. In der Schweiz hat man bereits 1996 mit diesem Feldmonitoring an Kleinwärmepumpen begonnen. Wir haben punkto Langzeiterfahrung und bezüglich der systematischen Erfassung der Unterhaltskosten einen grossen Vorsprung. Das Anlagensample umfasst 167 Anlagen mit 2-18 Jahren Betriebszeit. Die Erkenntnisse zeigen interessante Resultate, die gefragt sind.

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.

Bei der Beurteilung von Kleinwärmepumpen spielen auch die Service und Reparaturkosten eine wichtige Rolle. Diese wurden im Schlussbericht (Lit. 4) detailliert aufgezeigt. Mittlerweile wurden insgesamt über 1.22 Mio. Betriebsstunden ausgewertet. 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. Mit dieser Bestätigung hat die Wärmepumpenbranche in der Schweiz ein weiteres hervorragendes Argument für die Wärmepumpe.

Die Weiterführung der Untersuchungen von Kleinwärmepumpen im Feld ist sehr wichtig. Die Erfahrungswerte über Effizienz und 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. Dabei steht vor allem die Frage nach der mittleren Lebensdauer von Wärmepumpenanlagen im Vordergrund. Die bisher gültige Annahme, dass eine Wärmepumpe eine Lebensdauer von 15 Jahren hat, kann mit diesen Erhebungen so erhärtet werden, dass die kalkulatorische Lebensdauer auf 20 Jahre angehoben werden kann.

Mit diesem Feldmonitoring werden wichtige Erkenntnisse gewonnen, die für die Fachbranche im Rahmen der Qualitätssicherung kommuniziert und in der Aus- und Weiterbildung in die Schulung integriert werden. Weiter ist diese JAZ-Erhebung zuhanden der Wärmepumpen- und der Gesamtenergiestatistik des BFE ebenfalls von Bedeutung. Letztendlich sind diese Untersuchungen auch für die Energiestrategie 2050 der Schweiz wichtig, da die Wärmepumpe ein fester Bestandteil dieses Berichts darstellt. Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, setzt der Bundesrat im Rahmen der neuen Energiestrategie 2050 auf verstärkte Einsparungen (Energieeffizienz).

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;
- [4] **QS-WP/QP: Fortsetzung des Feld-Monitorings von WP-Anlagen mittels Feldmessungen, Analyse des Langzeitverhaltens und Bestimmung der Effizienz für das Modell der Wärmepumpenstatistik für die Jahre 2008 bis 2011**,
Schlussbericht 2011, Autor: P. Hubacher

Engelburg, 05. Mai 2013

Hubacher Engineering

Peter Hubacher