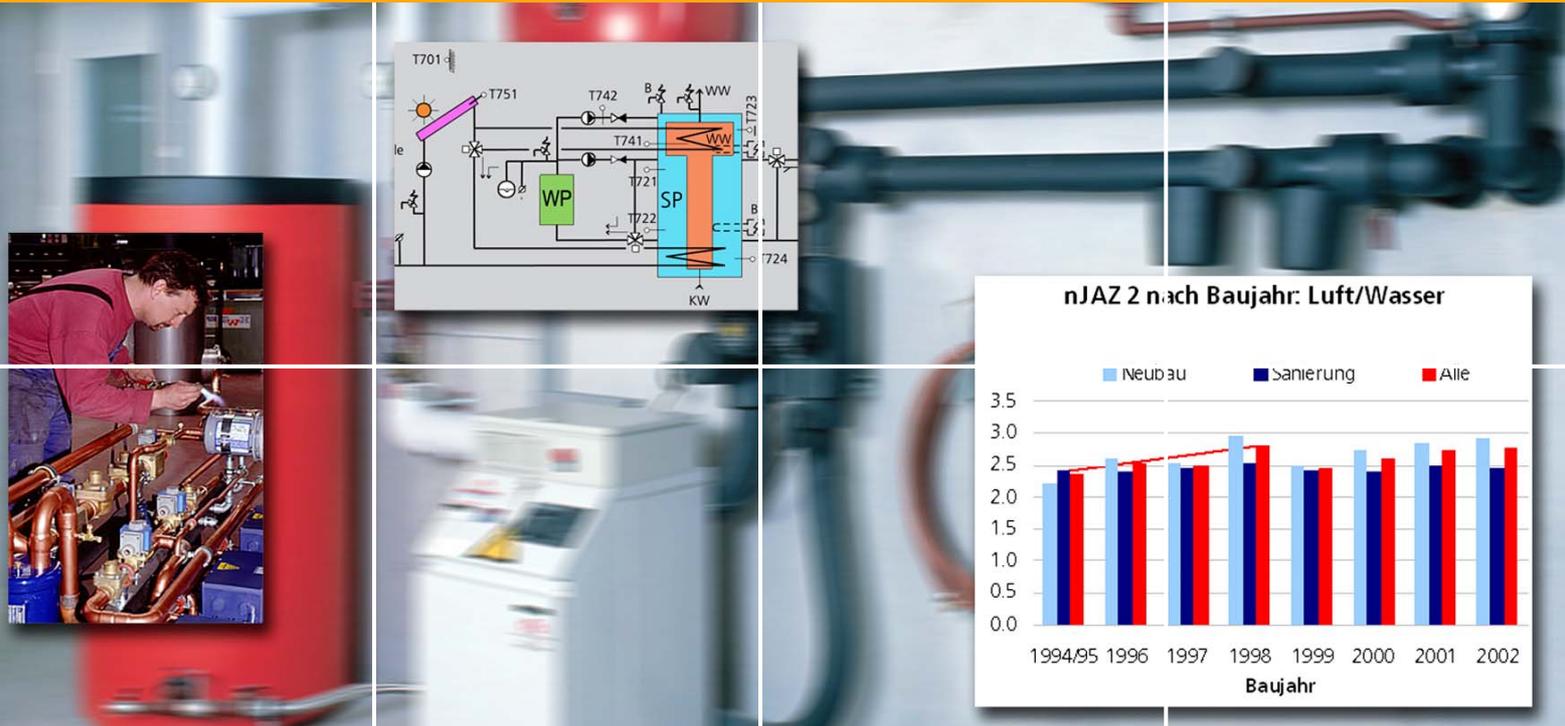


FAWA – Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen

23. Juni 2004 HTA Burgdorf

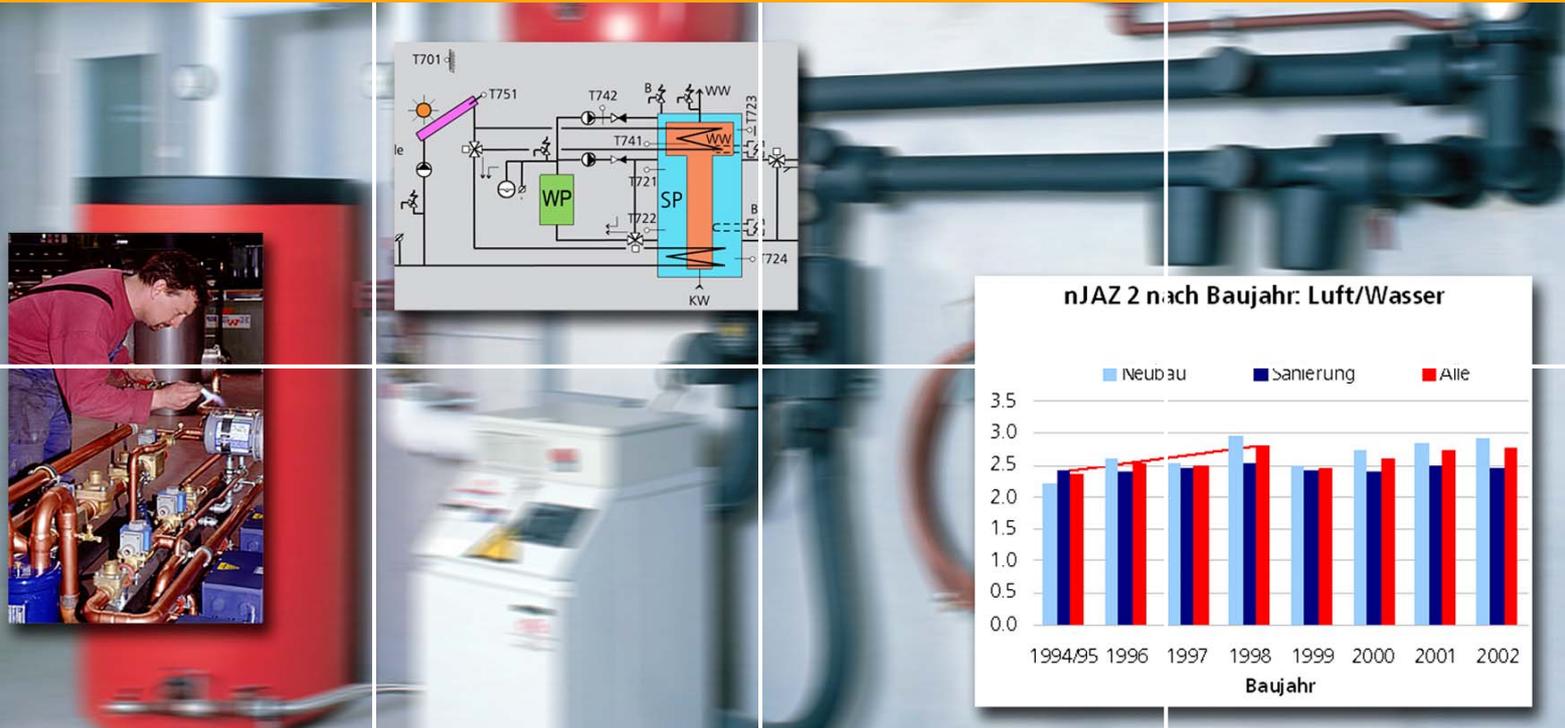


11. Tagung des Forschungsprogramms
Umgebungswärme, Wärme-
Kraft-Kopplung, Kälte des
Bundesamts für Energie (BFE)

Fabrice Rognon (Hrsg.)

FAWA – Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen

23. Juni 2004 HTA Burgdorf



11. Tagung des Forschungsprogramms
Umgebungswärme, Wärme-
Kraft-Kopplung, Kälte des
Bundesamts für Energie (BFE)

Fabrice Rognon (Hrsg.)

FAWA – Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen

Tagungsband zur
11. Tagung des Forschungsprogramms
Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung,
Kälte des Bundesamts für Energie (BFE)

23. Juni 2004
Berner Fachhochschule
HTA Burgdorf

Fabrice Rognon (Hrsg.)

Alle Beiträge dieses Tagungsbands können ab Juli 2004 von den folgenden Internet-Adressen heruntergeladen werden:

- Forschungsprogramm Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW) des Bundesamts für Energie (BFE)
www.waermepumpe.ch/fe
- Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)
www.fws.ch
- Informationen zur Energieforschung des Bundesamts für Energie (ENET)
www.energieforschung.ch (ENET; Publikationen)

Vorwort

FAWA – Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen

Der Wärmepumpentechnik hat man bereits zu Beginn des Programmes Energie2000 grosse Bedeutung beigemessen, denn das enorme Potenzial für die Wärmeerzeugung mit erneuerbarer Energie wurde damals klar erkannt. Damit die energiepolitischen Ziele des Nachfolgeprogramms EnergieSchweiz erreicht werden können, muss der Wärmepumpen-Markt auf Erfolgskurs bleiben. Das aufgebaute Vertrauen soll nun konsolidiert werden. Die hohe Zuverlässigkeit, der sichere Betrieb und die zunehmende Effizienz bei stetig steigender Konkurrenzfähigkeit bleiben aktuelle Anliegen.

Seit 1995 wurden im Rahmen der Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen (FAWA) die technischen Aspekte zahlreicher Installationen bis etwa 20 kW Heizleistung begutachtet und die Entwicklung dokumentiert. Sie ergänzt die inzwischen wirksame, konsequente Strategie zur Qualitätssicherung der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) im Wärmepumpenbereich. Insgesamt etwa 250 Anlagen konnten bis heute in dieser weltweit einmaligen Untersuchung aufgenommen werden. Sie wurde inzwischen erfolgreich abgeschlossen und hat richtungsweisende Erkenntnisse erbracht. Die Qualität der künftigen Wärmepumpen-Anlagen wird somit weiter erhöht.

Mit der Tagung wollen wir nicht den Schlussbericht trocken präsentieren. Das heisst, dass der vorliegende Tagungsband den Schlussbericht der FAWA (ENET-Artikel-Nr. 240016) nicht ersetzt oder zusammenfasst. Die Tagung will gewisse Punkte vertiefen und zur Diskussion vorlegen. Die Wärmepumpen-Technik hat zwar einen hohen Stand erreicht, sie kann aber noch besser und zugleich kostengünstiger werden. Durch intensiven Austausch von Erfahrungen werden wir gemeinsam die effiziente, kostengünstige Nutzung von Umgebungswärme durch Wärmepumpen weiterbringen.

Fabrice Rognon

Bereichsleiter des Forschungsprogramms
Umgebungswärme, WKK, Kälte
Bundesamt für Energie (BFE)
Postfach, CH-3003 Bern
fabrice.rognon@bfe.admin.ch

Avant-propos

ANIS – Analyse in situ d'installations de PAC

Dès le début du Programme Énergie2000, la technique des pompes à chaleur a retenu l'attention: il était clair que les applications potentielles des sources d'énergie renouvelables revêtaient une importance considérable pour la production de chaleur. La commercialisation des pompes à chaleur doit continuer à rencontrer le même succès si l'on veut que les objectifs du Programme SuisseEnergie, qui a pris la relève, puissent être atteints. Il s'agit maintenant de consolider l'acquis: la confiance de la clientèle. Les sujets d'actualité qui en découlent restent les mêmes: grande fiabilité, fonctionnement sûr, efficacité accrue, compétitivité en constante progression.

Depuis 1995, le projet d'analyse in situ d'installations de pompes à chaleur (ANIS) effectue le suivi sur le terrain de nombreuses installations d'une puissance thermique de 20 kW au maximum. Cette campagne constitue le complément logique de la stratégie d'assurance qualité appliquée systématiquement par le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP), stratégie qui porte ses fruits. A ce jour, quelque 250 installations ont été suivies dans le cadre d'ANIS, un projet qui n'a pas d'équivalent dans le monde entier. La campagne a atteint ses objectifs et touche donc à sa fin. Elle a rencontré un large écho et a fourni un éventail d'éléments précieux pour consolider et augmenter le niveau de qualité des installations futures.

Le symposium ne se résume pas à une présentation sèche du rapport final. Par conséquent, les présents actes ne le remplacent pas (No. d'article ENET 240016). Le symposium veut approfondir quelques thèmes et vous offrir l'occasion de le discuter. La technique des pompes à chaleur a atteint un excellent niveau, mais elle peut encore progresser tout en devenant plus concurrentielle. C'est par l'échange intensif d'expériences que nous pourrons, ensemble, faire progresser l'utilisation de chaleur ambiante par des pompes à chaleur efficaces et bon marché.

Fabrice Rognon

Responsable du domaine chaleur ambiante, CCF, froid de l'OFEN
Case postale, CH-3003 Berne
fabrice.rognon@bfe.admin.ch

Referenten

Fabrice Rognon	Bundesamt für Energie (BFE) Postfach CH-3003 Bern fabrice.rognon@bfe.admin.ch	BFE Bereichsleiter
Peter Hubacher	dipl. Ing. HTL Hubacher Engineering Tannenbergrasse 2 CH-9032 Engelburg he-ko@bluewin.ch	Projektleitung FAWA
Max P. Ehrbar	Dipl. Masch.-Ing. ETH Professor für Thermodynamik und Kältetechnik Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs (NTB) Werdenbergrasse 4 CH-9471 Buchs ehrbar@ntb.ch	BFE-Programmleiter P+D
Markus Erb	Dr. Eicher + Pauli AG Kasernenstrasse 21 CH-4410 Liestal markus.erb@eicher-pauli.ch	
Franz Beyeler	Leiter Informationsstelle der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz Steinerstrasse 37 CH-3000 Bern 25 www.fws.ch	
Marc Johanns	dipl. Ing. HTL/HLK Widmer + Co. AG Dorfstrasse 141 CH-8802 Kilchberg ZH johanns@widmer-heizung.ch www.widmer-heizung.ch	

Inhaltsverzeichnis

Die FAWA als Erfolgskontrolle der Qualität der Wärmepumpenförderung bei EnergieSchweiz <i>Fabrice Rognon</i>	11
Ziele, Vorgehen, Abgrenzungen und Überblick über die Resultate einer weltweit einmaligen Untersuchung <i>Peter Hubacher</i>	17
Prüfungen im Testzentrum schaffen Vertrauen: Rückblick, Ausblick und Vergleich mit Feldbetrieb <i>Max P. Ehrbar</i>	27
Potenzial zur Kostenreduktion durch optimale Systemwahl ohne Komforteinbuße – „small & simple is beautiful“ <i>Markus Erb</i>	39
Der Kunde ist König – und wird er als solcher verwöhnt? <i>Franz Beyeler</i>	59
Der Installateur als Systemwähler <i>Marc Johanns</i>	65
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	77
<i>Nützliche Adressen</i>	78

Fabrice Rognon
BFE-Bereichsleiter Umgebungswärme, WKK, Kälte
CH-3003 Bern
fabrice.rognon@bfe.admin.ch
www.waermepumpe.ch

Die FAWA als Erfolgskontrolle der Qualität der Wärmepumpenförderung bei EnergieSchweiz

Zusammenfassung

Als Grundlage der FAWA – der Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen – gilt die Sorge um die Qualität, die für eine Wärmepumpen-Förderung notwendig ist. Dies wurde zu Beginn von Energie2000 festgestellt und hat im Rahmen des Nachfolgeprogramms EnergieSchweiz an Bedeutung zugenommen. Mit der Vergabe der Förderaktivitäten an Netzwerke wurden höhere Anforderungen an das Controlling gestellt. Die Wirkung der durch Dritte eingesetzten öffentlichen Geldmittel muss exakt bestimmt und beurteilt werden. Die FAWA hat gezeigt, dass die Ziele erreicht, sogar übertroffen wurden: Die Qualität der installierten Anlagen entspricht den Anforderungen, Verbesserungspotenziale wurden aufgezeigt, das Vertrauen wurde sowohl bei den Bauherren als auch bei den Fachpartnern erhöht. Die FAWA hat sogar nicht geplante Nutzen erbracht, welche aber wichtige Konsequenzen für die Branche haben: Die durchschnittliche Effizienz für die Energiestatistik wird aufgrund der FAWA-Daten angepasst und die guten Alterungseigenschaften haben eine Ausnahmeregelung für die Dichtigkeitsprüfung im Rahmen der Stoffverordnung des BUWAL erwirkt.

ANIS ou le contrôle de la qualité dans la promotion des pompes à chaleur dans SuisseEnergie

ANIS constitue l'expression du souci de qualité dans la promotion des pompes à chaleur. Dès le début d'Énergie2000, la conscience de l'importance d'une promotion basée sur la qualité et la confiance a joué un rôle central. Dans le programme SuisseEnergie qui a repris le flambeau, cette notion d'assurance de qualité des activités de promotion a revêtu une importance particulière puisque les activités ont été mandatées à une organisation privée. L'OFEN doit donc disposer d'informations complètes et exactes pour juger des effets déployés par les moyens financiers publics gérés par des tiers. Les objectifs ont été atteints et même dépassés. La qualité des installations in situ correspond aux exigences, des potentiels d'améliorations ont été démontrés et la confiance auprès des clients et des professionnels a été renforcée. En outre, ANIS a eu des effets qui n'étaient pas planifiés mais qui ont eu des répercussions importantes pour la branche: l'efficacité énergétique moyenne utilisée dans la statistique globale de l'énergie a été modifiée par ANIS et les caractéristiques de vieillissement ont permis un règlement d'exception pour les pompes à chaleur dans le contrôle d'étanchéité prévu par l'Osubst (l'ordonnance sur les substances appauvrissant la couche d'ozone) de l'OFEPF.

Ziele und Grundsätze der Wärmepumpen-Förderung

Im ersten Förderungskonzept für Wärmepumpen vom Oktober 1992 wurden die heute noch verfolgten Grundsätze definiert: Die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energie mittels Wärmepumpen muss bestimmte Qualitätsanforderungen erfüllen, insbesondere Kundenzufriedenheit, Zuverlässigkeit und Effizienz. Ziel ist nicht die Substitution von Öl durch Elektrizität, sondern eine echte Reduktion des Primärenergieverbrauches und der CO₂-Emissionen durch Maximierung des Anteils Wärme aus der Umwelt. Dies wurde durch die Aussage "2/3 der Energie sind gratis" konkreter formuliert. Eine Mindesteffizienz wurde also vorausgesetzt. Angesichts des damaligen Zustandes der Wärmepumpen-Technologie und des Wärmepumpen-Markts waren dies ambitionöse Ziele.

Das Ziel von EnergieSchweiz für Umgebungswärme lautet: Ende 2010 sollen jährlich 2'800 GWh Umweltenergie genutzt werden. Anschaulicher ausgedrückt stehen dann in der Schweiz 120'000 Anlagen in Betrieb. Die entsprechenden 120'000 Anlagenbesitzer müssen aber zufrieden sein. Das Fiasko der 80er Jahre darf nicht wiederholt werden. Damals stiegen die Wärmepumpen-Verkäufe rasch, aber wegen fehlender Qualität bei der Auslegung und Ausführung sank der Markt rasch wieder auf tiefstes Niveau. Aus dieser Erfahrung heraus wurde der Begriff der Qualität bei der Förderung im Bereich Umgebungswärme sehr früh wichtig. Aber was ist Qualität? Sie ist die Übereinstimmung des Resultats mit den Anforderungen.

Umsetzung mit dem Netzwerk FWS

Gemäss Energiegesetz wurden im Rahmen vom EnergieSchweiz sämtliche Aufgaben extern ausgelagert. Der Netzwerk-Ansatz von Energie2000 wird weiter verfolgt. Die Förderaktivitäten wurden nach WTO ausgeschrieben und der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) vergeben. Die FWS ist als Netzwerk von EnergieSchweiz für die Erreichung der Ziele verantwortlich.

Die Notwendigkeit eines qualitativen Wachstums hat die FWS seit ihrer Gründung erkannt und umgesetzt. Im Jahr 1993 wurden die FWS und das Testzentrum WPZ in Winterthur-Töss eröffnet. Die technische Qualitätssicherung (QS) und die Ausbildung der Fachleute waren die zwei ersten Massnahmen zum Aufbau des Vertrauens in die WP-Technologie. Die Ausgewogenheit zwischen den Marketing-Aktivitäten und den QS-Aktivitäten – inklusive Ausbildung – spielt heute noch eine zentrale Rolle. Überwiegt der Marketing-Ansatz, dann droht die Gefahr von Mängel und Reklamationen; andererseits zuviele QS und Ausbildung verteuert die Anlagen und hilft dem Verkauf nicht.

Die FWS hat seit 1993 die Grundsätze der Qualitätssicherung und des Qualitätsmanagements verfolgt. Zur Realisierung der verlangten Qualität sind drei Tätigkeiten notwendig:

- Q-Planung: Daran arbeiten die Ressorts Ausbildung und QS. Merkblätter, Checklisten und weitere Instrumente werden ausgearbeitet und verbreitet;
- Q-Lenkung: Erfolgt vorwiegend durch Typenprüfungen im WPZ in Buchs und durch die Gütesiegel;
- Q-Prüfung: Die Feststellung, inwieweit die Anforderungen an Anlagen erfüllt sind. Daher wurde 1996 die FAWA (Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen) gestartet.

Im Sinne einer Gewaltentrennung führt die FWS die zwei ersten Massnahmen durch. Die Dritte erfolgt durch das BFE mit der FAWA.

Die FAWA als Erfolgskontrolle

Grundsätze des Controllings

Bei EnergieSchweiz hat das Controlling einen hohen Stellenwert. Mit Steuergeldern werden Organisationen der Wirtschaft beauftragt und müssen demnach auch Rechenschaft abliefern. Die Erreichung der Ziele muss wirkungsvoll und effizient erfolgen. Die Bereichsleiter des Auftraggebers BFE sind sowohl für das strategische wie für das operative Controlling verantwortlich. Die Aktivitäten werden durch Zielvorgaben und Überprüfung der Zielerreichungsgrade gesteuert.

Controlling im Bereich Umgebungswärme

Die Zielvorgabe kann folgendermassen zusammengefasst werden: maximale Nutzung erneuerbarer Energie aus der Umwelt. In Zahlen für das Jahr 2010 bedeutet dies: aus 2,8 TWh erneuerbarer Umweltenergie werden 4,1 TWh Nutzwärme mit nicht mehr als 1,3 TWh Antriebsstrom erzeugt. Dabei geht es nicht nur um eine Maximierung der Stückzahlen: die entsprechenden 120'000 Anlagenbesitzer müssen zufrieden sein, d.h. ihre Anlage beispielsweise dem Nachbarn empfehlen.

Das Controlling der Wärmepumpen-Förderung läuft auf drei Ebenen:

1. **Projekt (Output)**
Der Auftraggeber will genau wissen, wie das Bundesgeld ausgegeben worden ist: Broschüren drucken und schicken, Aufstellungsmaterial herstellen, Informationsveranstaltungen organisieren, Honorare,... Dafür werden Indikatoren bei jeder Massnahme erfasst: Anzahl Kursteilnehmer, Anzahl Besucher, Anzahl telefonische Anfragen, Anzahl verteilte Informationsmittel,...
2. **Operationell (Impact)**
Die Frage der Wirkung der eingesetzten Mittel ist wichtig: Haben Endkunden, Installateure ihr Verhalten geändert? Sind die Anlagenbetreiber zufrieden? Laufen die Anlagen wie vom BFE und vom Kunden erwartet?
3. **Strategisch (Outcome)**
Schliesslich liefert die Wärmepumpen-Statistik die Resultate des Marktes. Jährlich erhebt die FWS die Ansatzdaten nach Leistungsklassen und Energiequellen. Diese Zahlen werden durch das BFE in Energiemengen umgerechnet und in die Statistik der erneuerbaren Energien integriert. Ergänzend werden Wirkungsanalysen durchgeführt, um die Kosten und die Wirksamkeit der Wärmepumpenförderung durch die FWS und ihre Partner zu quantifizieren.

Die zweite Ebene bietet die grössten Schwierigkeiten. Die nötigen Daten liegen nicht einfach vor, sondern müssen durch Evaluationen und Analysen eruiert werden. Auf dieser Ebene spielt die FAWA nebst den Evaluationen von EnergieSchweiz eine zentrale Rolle.

Die 1996 gestartete FAWA wurde 2001 dem neuen Umfeld angepasst. Ursprüngliches Ziel des Projektes war, die energetische Effizienz von Kleinwärmepumpen bis 20 kW_{th} im Feld mit statistischen Methoden zu dokumentieren und Verbesserungspotenziale aufzuzeigen (gemäss QS-Konzept der Wärmepumpenförderstrategie, siehe oben). Im Laufe der Arbeiten zeigte sich, dass mit den erhobenen Daten auch weitere Analysen zum Anlagenverhalten über längere Zeit und zu empfehlenswerten Anlagenkonzepten durchgeführt werden können.

Nutzen aus der FAWA

Im Schlussbericht [1] und in den nachfolgenden Beiträgen werden die Resultate umfassend dargestellt. Hier möchte ich nur noch auf nicht geplante Nutzen und Effekte eingehen. Sie sind nicht im Schlussbericht enthalten, weil sie entweder dem Pflichtenheft nicht entsprechen oder nur mündlich dokumentiert sind.

- **WP-Statistik**
Vor der FAWA wurde in der WP-Statistik für alle Wärmepumpen eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (JAZ) von 2,5 angenommen. Dies war ein – zum Teil politischer – Kompromiss zwischen den Behauptungen der Wärmepumpen-Firmen (3,0) und der Gegner der WP (2,0). Seit FAWA werden jedes Jahr je nach Leistungsklasse und Wärmequelle andere Werte genommen. Dies drückt sich dann im Teil Erneuerbare Energie der schweizerischen Gesamtstatistik aus [2].
- **Minergie**
Die FAWA hat das Vertrauen in den Minergie-Gremien – insbesondere bei den Kantonen – verstärkt;
- **Stoffverordnung-Dichtigkeitsprüfung**
Jede WP hätte jährlich auf Dichtigkeit geprüft werden müssen. Die FAWA-Resultate haben das BUWAL überzeugt, dass eine Ausnahmeregelung sinnvoll war: Das erste Mal nach 6 Jahren, dann im 10. Jahr, dann jedes 2. Jahr.
- **Politische Angriffe abgewiesen**
Die Gegner der WP-Technologie dürfen in ihren Publikationen nicht mehr behaupten oder annehmen, dass die JAZ von WP zwischen 1,5 und 2,2 liege.
- **Besserer Ruf, Steigerung des Vertrauens**
Die FAWA-Resultate ersetzen Vermutungen, Erfahrungen und Behauptungen durch statistisch erhärtete Tatsachen. Skeptiker wie Besessene können auf sicherer Basis argumentieren.

Die FAWA wurde Ende 2003 abgeschlossen. Sie wird aber in reduziertem Umfang weitergeführt. Die einzigartige Gelegenheit bietet sich, Langzeitverhalten zum ersten Mal auf der Welt zu untersuchen. Die FAWA ist und bleibt weltweit einzigartig. Die schweizerische Wirtschaft muss also davon lernen, um die Nase vor der internationalen Konkurrenz zu halten. Das Qualitätsniveau erweist sich als hoch. Verbesserungsmöglichkeiten sind noch immer vorhanden. Die Wärmepumpe hat einen langen Weg hinter sich und eine vielversprechende Zukunft vor sich. Sie hat das Potenzial, zur Normheizung zu werden und somit den Durchbruch der erneuerbaren Energie im Heizungsmarkt zu schaffen.

Quellen

- [1] Markus Erb (markus.erb@eicher-pauli.ch), Peter Hubacher (he-ko@bluewin.ch), Max Ehrbar (ehrb@ntb.ch), Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003, BFE, Schlussbericht, April 2004, ENET-Bestell-Nr. 240016.
- [2] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2002, BFE, 2003, Bestell-Nr. BBL 805.006.02, Seiten 26 und 38.

Peter Hubacher, dipl. Ing. HTL
Projektleitung
Tannenbergstrasse 2
CH-9032 Engelburg
he-ko@bluewin.ch

Ziele, Vorgehen, Abgrenzungen und Überblick über die Resultate einer weltweit einmaligen Untersuchung

Zusammenfassung

Das FAWA-Forschungsprojekt stellt eine umfangreiche und einmalige Arbeit im Bereich der Feldanalyse von Klein-Wärmepumpen dar. Aufgrund dieser Untersuchung können wichtige und umfassende Erkenntnisse, Erfahrungen und Bestätigungen, weitgehend statistisch gesichert, an die Fachbranche kommuniziert werden. Die über fast 9 Jahre dauernden Analysen ergeben für die Wärmepumpe ein gutes Bild. Die Wärmepumpe ist heute vollständig etabliert und stellt ein sehr zuverlässiges Heizsystem dar.

Die Jahresarbeitszahlen sind heute auf einem Niveau, das einem ökologischen und energetischen Vergleich stand halten kann. Die Alterung von Wärmepumpen ist in den ersten zehn Betriebsjahren kaum merkbar und die Maschinen laufen sehr zuverlässig. Die Verfügbarkeit liegt bei 99.5 %. Sicher ist auch die grosse Zufriedenheit der Anlagenbesitzer zum grossen Teil darauf zurückzuführen. Dass heute auch Luft-Wasser-Geräte monovalent betrieben werden, zeigt, dass die Hersteller ihre Entwicklungen unermüdlich vorangetrieben haben. Auch das Warmwasser muss nicht mehr separat mittels Elektroboiler erzeugt werden, denn dieses kann mit den heute auf dem Markt erhältlichen Wärmepumpen ohne Einbusse direkt erfolgen.

Objectifs, démarche, délimitation et vue d'ensemble des résultats de la campagne de mesures unique au monde

Le projet de recherche ANIS (analyses in situ de pompes à chaleur) constitue un ensemble unique au monde de mesures et d'analyses dans le domaine des pompes à chaleur. Il livre aux professionnels concernés de nombreuses et précieuses expériences et connaissances sur une base statistique large. L'image qui se dégage des 9 années de mesure est bonne. La pompe à chaleur est un système de chauffage fiable et sûr actuellement bien établi sur le marché.

Les coefficients de performance ont atteint un niveau qui soutient sans problème la comparaison écologique avec les systèmes classiques. Le vieillissement n'est pas perceptible après presque dix ans de fonctionnement. Les installations sont très fiables: la disponibilité atteint 99,5%. La satisfaction des propriétaires en découle certainement. Les PAC air/eau peuvent actuellement être exploitées de manière monovalente – sans appoint – sans problème. Ceci démontre les gros efforts de développement déployés par les fabricants des dernières années. La préparation d'eau chaude sanitaire est plus efficace et plus écologique avec les PAC actuelles plutôt qu'avec un boiler électrique séparé.

Summary

The FAWA project is a comprehensive and worldwide unique investigation about the monitoring of residential heat pumps in the field. Based on this study, important and widespread conclusions, experiences and validations, which are statistically supported, were given to the heat pump specialists. It was found over the last 9 years of monitoring and analysing heat pumps in the field that it reflects a very successful and reliable product. Furthermore the heat pump is today fully established as a reliable heating system.

The seasonal performance factors reach today a level, which can be seen as ecologically and energetically adequate. Additionally, an aging of heat pumps with respect to a dropping of the seasonal performance factor was not encountered during the last 10 years. In fact, the systems performed on a high level of reliability. The availability of heat pump systems was found to be around 99.5 %. This corresponds with a high level of customer satisfaction. Moreover, today's air-to-water machines can be operated in monovalent mode without any doubt, which is a result of continued development by the manufacturers. Finally, the hot water supply can nowadays entirely be provided by the heat pump rather than using a separate immersion boiler.

Das Projekt FAWA-Feldanalysen des Bundesamts für Energie (BFE) ist eine weltweit einmalige Untersuchung von Klein-Wärmepumpen-Anlagen (WP) im Feld. Dies nicht nur hinsichtlich der grossen Anzahl Anlagen, die im Projekt enthalten sind, sondern auch wegen der ungewöhnlich langen Dauer, während der die Anlagen beobachtet und analysiert worden sind. Weiter ist auch die vertiefte Betrachtung und die systematische Verfolgung und Ergänzung im Projekt, wie beispielsweise jährliche Neuaufnahmen, nach dem heutigen Wissensstand noch nie in ähnlicher Weise erfolgt.

Was waren die Ziele von FAWA?

Die Förderung der Klein-WP sollte durch weitergehende Untersuchungen als flankierende Massnahmen mit Feldanalysen verstärkt werden. Zusätzlich wollte man mit FAWA die Gewissheit bekommen, wie hoch die Jahresarbeitszahlen (JAZ) wirklich sind. Dies war insbesondere auch wichtig für die Landes-Energiestatistik, wo bisher im Bereich der Alternativenenergie die Effizienz der WP nie genau bekannt war und deshalb mit abgeschätzten Zahlen gerechnet werden musste. Mit diesem Projekt konnte hier endlich Klarheit geschaffen werden und notabene dabei die Zahlen (Effizienz) deutlich nach oben korrigiert werden.

FAWA war aber auch eine wichtige Ergänzung, mit der das BFE Erkenntnisse und Erfahrungen sammeln wollte, um wichtige Informationen zu bekommen. Diese sollten, so die damalige Hoffnung, den positiven, steigenden Trend der WP auch im Bereich der Qualitätssicherung (QS) bestätigen. Ebenso wichtig war auch, dass mit FAWA schlechte oder ungenügende Bereiche oder Praktiken rechtzeitig erkannt werden sollten, um rasch möglichst in der Fachbranche allenfalls notwendige Impulse zu geben.

Von Anfang an war beim Projekt FAWA eines der wichtigsten Ziele, dass die Erfahrungen und speziell auch die Erkenntnisse aus dem Projekt der Fachbranche zugänglich gemacht werden. So ist der Schlussbericht in vielen Bereichen sehr ausführlich und detailliert abgefasst. Natürlich gibt es auch einfachere und stark gekürzte Informationen, die dann eher über die FWS¹ kommuniziert werden.

Wie wurde vorgegangen?

Die Basis für das gesamte Projekt war die Auswahl und Aufnahme der WP-Anlagen. Anfänglich war es gar nicht so einfach an das Adressmaterial heranzukommen. Vor allem die Fachbranche war eher skeptisch. Dies besserte sich jedoch von Jahr zu Jahr. Als wichtigste Partner sind die EW, Hersteller, Vertriebsfirmen von Wärmepumpen und einige Installationsfirmen zu nennen.

Die Auswahl der WP-Anlagen wurde im Rahmen des zugänglichen Adressmaterials soweit möglich nach Zufallsprinzip vorgenommen. Damit das ausgewählte Anlagensample einigermaßen als Abbild des Marktes dienen konnte, mussten einige wichtige Randbedingungen einbezogen werden.

¹ Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS (www.fws.ch)

Nachstehend sind die wichtigsten Randbedingungen für eine Anlagenauswahl genannt:

- Thermische Leistung: WP-Anlagen mit maximal 20kW_{th} , da diese Anlagengruppe den Markt zahlenmässig dominiert.
- Produktionsart: Seriergeräte, keine Sonderanfertigungen.
- Betriebsart: Monovalent, monoenergetisch oder bivalent mit erfassbarer zweiter Wärmeerzeugung.
- Standort: Geographisch unterschiedliche Lagen in der ganzen Schweiz
- Objekte: Neubau- und Sanierungsobjekte. Sanierungsobjekte definieren sich dadurch, dass sie älter sind als die WP-Anlage, diese also eine andere Anlage ersetzt hat.
- Warmwasser: Anlagen mit Warmwasserbereitung (WW) mittels WP-Anlage sollen gemäss ihrem Anteil an den real installierten Systemen vertreten sein.
- Besitzverhältnisse: Nur private Anlagenbesitzer, keine öffentlichen Objekte.
- Prüfung: WP-Aggregate sind möglichst im WPZ nach EN 255 geprüft worden.
- Hydraulische Einbindung: WP-Maschinen, die in bewährter Weise hydraulisch eingebunden sind (keine exotischen Systeme).

Zusätzlich sollte, soweit möglich die Anzahl Anlagen prozentual ein Markttabbild darstellen. Ab dem fünften Jahr wurden nur noch die beiden am Markt schwerpunktmässig vertretenen Luft-Wasser- (L/W) und Sole-Wasser-Anlagen (S/W) berücksichtigt. Vorher waren auch einige Wasser/Wasser-Anlagen und einzelne Anlagen mit Erdregister berücksichtigt worden.

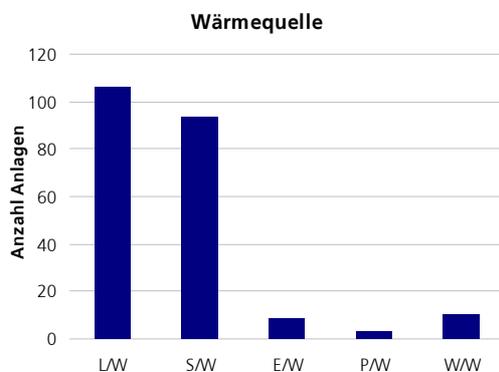


Bild 1: Aufteilung des Anlagensamples.

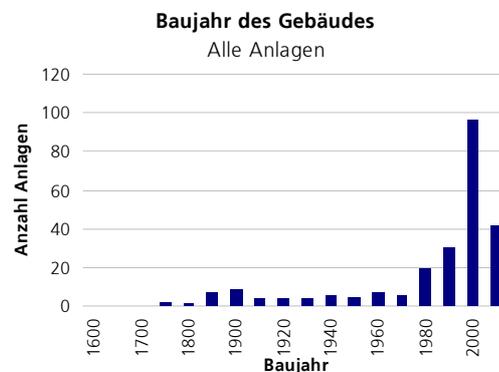


Bild 2: Verteilung nach Gebäudealter.

Da eine grosse Anzahl Anlagen untersucht wurde, musste sehr auf ein kostengünstiges Messverfahren geachtet werden. Somit war eine automatisierte Datenaufnahme aus diesen Gründen ausgeschlossen. Es blieb einzig eine Handablesung durch die Anlagenbesitzer, welche in vernünftigen Zeitabständen die Daten notierten. Die Anlagen wurden mit einem Ultraschall-Wärmezähler (WZ) und einem separaten Elektrozähler (nur für WP samt Hilfsantrieben) sowie mit einem kombinierten Betriebsstunden- und Impulszähler für den Kompressorbetrieb instrumentiert.

Im Zusammenhang mit der Aufnahme und Instrumentierung einer Anlage wurde mit jedem Besitzer eine Vereinbarung abgeschlossen. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass der Anlagenbesitzer die Zählerablesungen vornimmt und die Daten für die Analyse zur Verfügung stellt sowie das Recht gewährt, die Daten anonym weiter zu verarbeiten und zu veröffentlichen. Im Gegenzug wurde die Messeinrichtung nach einer fünfjährigen Ableседauer an den Besitzer unentgeltlich abgetreten.

Zusätzlich wurde auf jeder Anlage während ca. 3 Monaten mit einem Klein-Datenlogger das Betriebsverhalten aufgenommen. Die Daten wurden während der Messzeit elektronisch erfasst und als Mittelwerte über 30 min abgespeichert. Dieser Klein-Datenlogger mit 4 Kanälen arbeitet autonom, aber ohne PC und ist in der Handhabung einfach. Mit 3 Analogkanälen wurden die Austrittstemperaturen aus dem Kondensator, die Quellentemperatur sowie die Aussentemperatur erfasst. Da bei L/W-Anlagen die Quellen- und die Aussentemperatur meistens identisch waren, konnte bei diesen auch die Eintrittstemperatur in den Kondensator (Rücklauf) aufgenommen werden.

Für jede Anlage wurde ein Datenfile (Excel) angelegt, in das sämtliche Daten eingegeben wurden. Das Datenfile besteht aus:

Anlagedaten: Gebäude und technische Anlagedaten
Messdaten: Handablesdaten und Loggerdaten
Zusatzinformationen: Störungen und Anlagekosten (tw.)

Im Anlagefile wurden auch direkt die Auswertungen der einzelnen Anlagen durchgeführt. Dazu mussten die Meteodaten der nächstgelegenen Meteostation, die von Meteo Schweiz beschafft wurden, in die Anlagenfiles eingelesen werden. Für die Auswertung wurden die Tagesmittelwerte genommen und daraus die Temperaturmittelwerte für die einzelnen Ableseperioden gebildet. Da die Anlagestandorte nicht immer auf gleicher Höhe über Meer liegen, wie die nächste Meteomesstation, wurden die Temperaturwerte auch Höhen korrigiert ($-0.5\text{K}/100\text{m}$).

So konnten die Teil-Arbeitszahlen (AZ) mit zugehöriger mittlerer Aussentemperatur ermittelt werden. Bei den Handablesungen wurde auch Datum und Uhrzeit der Ableseung festgehalten. Somit war es möglich, auf einige Tage genau die Verbrauchswerte der Heizsaison zu berechnen und daraus die Jahresarbeitszahl (JAZ) zu bestimmen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde die JAZ auch für Anlagen, die auch im Sommer für die WW-Bereitung laufen, nur über die Zeit der Heizsaison bestimmt.

Insgesamt wurde im Anlagefile die Arbeitszahlen (AZ), die Betriebsstunden, Anzahl Anläufe, produzierte Wärmeenergie, aufgenommene kostenpflichtige Energie für die einzelnen Ableseintervalle und das ganze Jahr (Heizsaison) bestimmt. Der Verlauf wird in mehreren Grafiken in Abhängigkeit der mittleren Aussentemperatur (AT) und auch im Kalender sowie über die Jahre dargestellt (AZ und Energie). Für den Vergleich der JAZ untereinander war es notwendig eine Normierung der AZ vorzunehmen. Dazu wurde ein relativ einfaches Verfahren angewendet, indem aus dem AZ-Verlauf während der Heizperiode in Funktion der AT mittels der Regressionsgeraden die AZ bei 3°C AT bestimmt und dieser Wert als Norm-JAZ (nJAZ) verwendet wurde. Die 3°C AT entsprechen dem Mittelwert der Wärmebedarfs gewichteten AT über alle Anlagen.

Für die Gesamtauswertung wurden die Berechnungswerte aus den Anlagenfiles mit einem Makro in ein Gesamtanlagenfile übertragen. Hier konnten nun die interessanten Gegenüberstellungen, Verläufe und Vergleiche angestellt werden.

Insbesondere erhielt man Antworten auf die gesuchten Werte:

- Entwicklung der durchschnittlichen JAZ nach Anlagenbaujahren
- Statistische Mittelwerte der JAZ und nJAZ für das gesamte Sample sowie für einzelne Gruppen, wie SW und LW; Neubau und Sanierung; Anlagen mit WW-Bereitung und ohne, etc.
- Vergleich der Arbeitszahlen mit WPZ-Daten für baugleiche WP-Aggregate.

Der ARGE², die mit der Projektbearbeitung beauftragte war, stand eine Begleitgruppe für die Begutachtung und Beratung zur Seite. Diese setzte sich aus Fachleuten der Branche und einem Spezialisten³ für Wärmepumpen zusammen.

Im Verlaufe der Projektzeit kamen aus der Begleitgruppe weitere Fragen und Wünsche, die zu zusätzlichen Auswertungen und Analysen geführt haben. Speziell ist hier die Gegenüberstellung von Ist- zu Erwartungswert (IW-EW). Dazu musste für jede Wärmepumpe ein mathematisches Modell über deren Leistungscharakteristik erstellt werden. Für alle Wärmepumpen, die im WPZ geprüft waren, konnte aus den 6 gemessenen Betriebspunkten (SW: B-5W35, BOW35, B5W35 sowie B-5W50, B0W50, B5W50 und LW: A-7W35, A2W35, A7W35 sowie A-7W50, A2W50, A7W50) die Modellbildung erfolgen. Bei Anlagen, die nicht im WPZ geprüft wurden, konnte von den meisten Herstellern die benötigten Werte mit genügender Genauigkeit beschafft werden.

Weiter wurden wichtige Ziele, wie die Bestimmung der Zuverlässigkeit von WP-Anlagen (Verfügbarkeit), die Untersuchung des Speichereinflusses auf das Betriebsregime und die Erarbeitung von gesicherten Fakten, die der Planung und Realisierung von WP-Anlagen zur Qualitätssicherung dienen sollen, durch die Begleitgruppe angeregt.

Für weiter gehende Auswertungen wird hier auf den ausführlichen Schlussbericht⁴ verwiesen.

Abgrenzung

Es wurde darauf geachtet, dass die aufgenommenen Anlagen bekannte und gebräuchliche hydraulische Schemata hatten und keine „exotischen“ Systeme einbezogen wurden. Trotzdem musste festgestellt werden, dass auch bei gängigen Systemen im Detail viele Unterschiede bestanden.

Es wurden nur Klein-WP-Anlagen mit thermischer Leistung nicht über ca. 20 kW berücksichtigt. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die beiden wichtigsten Hauptgruppen S/W und L/W und die Auswahl erfolgte soweit möglich nach Markt relevanten Kriterien für Neubauten, Altbauten sowie Anlagen mit und ohne WW-Erzeugung.

² ARGE Hubacher Engineering/Dr. Eicher+Pauli AG

³ Prof. Dr. Max Ehrbar

⁴ Bezug ENET-Nr. 240016, E-Mail: enet@temas.ch

Keinesfalls richtet sich die Auswahl auf Randgebiete aus, wie beste Anlagen oder schlechte Anlagen/Produkte. Niemals wurden sogenannte „Polizeiaktionen“ auf negativ erscheinende Anlagen oder Firmen gemacht. Vielmehr wurde bei einer negativen Situation auf einer im Projekt aufgenommenen Anlage versucht, daraus Erkenntnisse für die Branche zu gewinnen. Bei totaler Nichteignung wurde die Anlage „ausgemustert“ (z.B. zu viele Störungen durch interne Verschmutzung im hydraulischen System).

Resultate

Die wichtigsten Resultate und Erkenntnisse sind kurz zusammengefasst:

- Die JAZ-Entwicklung bezogen auf das Baujahr entwickelte sich positiv, wobei die Zunahme in den letzten zwei Jahren abflachte, wie auch im WPZ festgestellt wurde.
- Die über 8 Jahre gemessenen WP-Anlagen zeigen keine Verschlechterung der JAZ (keine Alterung bezüglich Effizienz).
- Die WP-Anlagen haben sehr wenig Störungen. Die Verfügbarkeit liegt bei 99.5% und die Zufriedenheit der Besitzer ist sehr gut.
- Luft/Wasser-WP-Anlagen können in normalen Lagen problemlos monovalent betrieben werden.
- Die WW-Bereitung sollte mit der WP erfolgen, denn es ist problemlos und gegenüber dem Elektroboiler ökologisch und energetisch deutlich besser.
- Technische Speicher haben keinen positiven Einfluss auf die JAZ. Sie verteuern und komplizieren die Anlagen und sollen deshalb nur dort eingebaut werden, wo sie tatsächlich notwendig sind.
- Die energetische Effizienz von WP-Anlagen ist im realen Betrieb so, wie die Prüfstandmessungen (WPZ und Hersteller) es erwarten lassen.

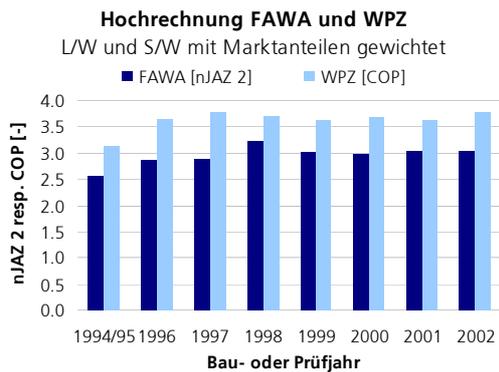


Bild 3: Vergleich FAWA mit WPZ.

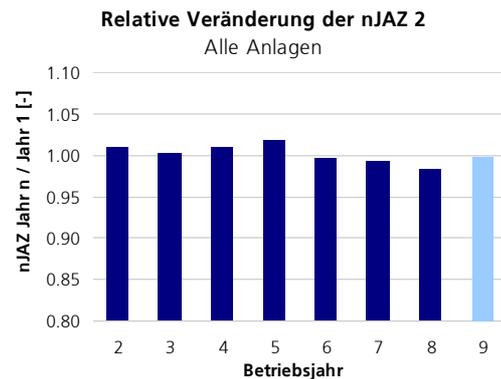


Bild 4: Verlauf der JAZ (Alterung).

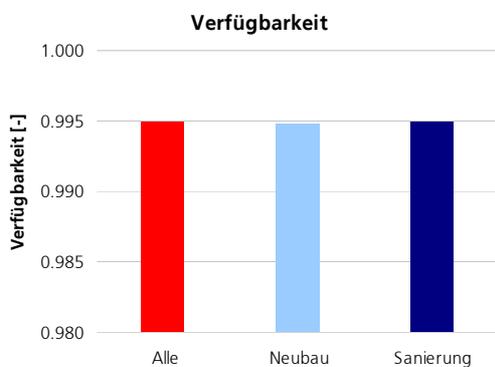


Bild 5: Hohe Verfügbarkeit bei Sanierungs- und Neubauten.



Bild 6: Hoher Anteil der Zufriedenheit.

Es gibt aber auch noch wichtige Zusatznutzen, die weniger im direkten Zusammenhang stehen mit dem FAWA-Projekt, aber nur mit den Erkenntnissen aus FAWA erreicht werden konnten. Die wichtigsten seien hier ebenfalls erwähnt.

- Die Landes-Energiestatistik kann aufgrund der nun bekannten Mittelwerte mit diesen Zahlen rechnen. Früher wurde für die JAZ ein geschätzter Mittelwert von 2.5 eingesetzt. Die effektiven Werte sind bekanntlich bedeutend höher (S/W 3.5 und L/W 2.7). Die Meinung über den Betrieb einer Heizung mit Wärmepumpe musste auch von harten Kritikern revidiert werden, denn die guten JAZ-Werte (im Durchschnitt über 3.0) zeugen in jedem Fall von einem ökologischen und vorbildlichen Heizsystem.
- Als wichtiger Punkt darf auch noch erwähnt werden, dass aufgrund der ausgewiesenen hohen Verfügbarkeit mit dem BUWAL für die Dichtigkeitsprüfung bezüglich der Kältekreisläufe, die in der neuen Stoffverordnung enthalten ist, eine Ausnahmeregelung erzielt werden konnte. So müssen WP, deren Inhalt synthetischer Kältemittel über 3 kg liegt, erstmals nach 6 Jahren, danach erst im 10ten Jahr und anschliessend

alle 2 Jahre wieder auf Dichtigkeit geprüft werden. Dies gilt für kompakte Seriengeräte und ist eine grosse Erleichterung für die Branche.

- Die WP wird nun für den Nachweis eines Minergie-Bauobjekts voll akzeptiert und für die Berechnungen wurden die JAZ-Werte den FAWA-Resultaten angeglichen.

Die Bilanz aus dem grossen und einmaligen Projekt über die Feldanalyse von Klein-Wärmepumpen-Anlagen lässt sich sehen. Es gibt viele Erkenntnisse, Erfahrungen und Bestätigungen, die nun der Fachwelt ausführlich dokumentiert vorliegen. Die weitere Verbreitung und Vertiefung all dieser wichtigen Punkte wird von der FWS⁵ durch Unterlagen oder Zusammenfassungen, evtl. auch Kurse unterstützt.

Ausblick

Das wertvolle FAWA-Projekt zeigt mit den umfangreichen Feldanalysen auf, dass die Wärmepumpe heute ein etabliertes und zuverlässiges Heizsystem darstellt. Die Maschinen laufen sehr zuverlässig und haben eine gute Effizienz. Die grossen Anstrengungen der Wärmepumpenförderung durch das BFE und die FWS haben sich gelohnt. Es gilt nun die Basis mit den Erfahrungen weiter vertraut zu machen, so dass jede Installationsfirma in der Lage ist, eine Wärmepumpenanlage samt Beratung, Planung, Montage und Service zu verkaufen. Die etablierten Gütesiegel für Wärmepumpen GS-WP und Erdwärmesonden GS-EWS sind Bestandteil der umfassenden Qualitätssicherung bei der WP.

Es ist jedoch notwendig, dass die Qualitätssicherung und die Forschungsanstrengungen weiter gehen, denn der Preisdruck innerhalb der Branche ist derart gross, dass Gefahr besteht, die Qualität zugunsten günstigerer Preise wieder zu lockern, was unbedingt vermieden werden muss.

⁵ Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS, (Homepage: www.fws.ch)

Max P. Ehrbar
Professor für Thermodynamik und Kältetechnik
Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs (NTB)
Werdenbergstrasse 4
CH-9471 Buchs SG
ehrbar@ntb.ch
www.ntb.ch

Prüfungen im Testzentrum schaffen Vertrauen: Rückblick, Ausblick und Vergleich mit Feldbetrieb

Zusammenfassung

Die Idee zur Schaffung eines Wärmepumpentest-Zentrums entstand etwa 1992. Das Ziel bestand darin, einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Qualität von Heizwärmepumpen zu leisten. Das erste WPZ entstand in Winterthur-Töss. Es wurde im Herbst 2003 durch das Wärmepumpentest-Zentrum Buchs abgelöst. Seit 1994, der Eröffnung des WPZ Töss wurden bis heute 346 Wärmepumpen typengeprüft. Geprüft wird im Wesentlichen nach der Euronorm EN 255, wobei gewisse Erweiterungen angewendet werden. Die Euronorm EN 255 befindet sich in Überarbeitung und kommt voraussichtlich im Herbst unter der neuen Bezeichnung EN 14511 heraus. Diese Prüfungen verursachten u.a. einen gewissen Wettbewerb um die besten Leistungszahlen, was vor allem in den Jahren 1993 bis 1996 zu einem deutlichen Anstieg der Leistungszahlen führte. Diese Typenprüfungen bilden auch die Grundlage einer weiteren Qualitätssicherungsmaßnahme, nämlich der Einführung eines Gütesiegels für Wärmepumpen durch die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS). Die anfängliche Befürchtung, dass für die Typenprüfungen nur speziell ausgesuchte Exemplare geliefert würden, hat sich nicht bestätigt. Wie das Projekt FAWA des Bundesamtes für Energie, eine breit angelegte Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen gezeigt hat, bestehen im Durchschnitt keine grossen Unterschiede zwischen den typengeprüften Exemplaren und den installierten Maschinen im Feld.

La confiance grâce aux essais en laboratoire: le point de la situation, perspectives et comparaison avec exploitation in situ

L'idée de mettre sur pied un centre de tests pour pompes à chaleur remonte à 1992. L'objectif consistait à améliorer ainsi la qualité des installations de chauffage à pompes à chaleur. Le premier centre fut érigé à Winterthur-Töss. Il a été remplacé par le centre de Buchs en 2003. Pendant son activité, le centre de Töss a mesuré 346 machines selon la norme européenne EN255, avec quelques compléments. Cette norme se trouve actuellement en révision et sera publiée en automne sous la dénomination EN 14511. Les résultats des tests ont provoqué entre autre un accroissement de la concurrence. Ainsi, les performances se sont notablement accrues entre 1993 et 1996. Les tests servent aussi de base à une mesure d'assurance de qualité plus étendue: le certificat de qualité du groupement promotionnel suisse des pompes à chaleur (GSP). La crainte initiale de manipulations des résultats des tests par la fourniture de machines spécialement préparée s'est révélée infondée. Comme le démontrent les analyses in situ (ANIS) effectuées par l'OFEN, la différence entre les performances du système in situ et ce que les test permettent d'exiger, reste en moyenne très faible. Donc les machines testées sont parfaitement représentatives des machines vendues et installées.

Summary

The idea for establishing a test center for heat pumps was born in 1992. The goal was to achieve a better quality level for heating-only-heat-pumps. The first test center was built at Winterthur-Töss and opened in fall 1993. It was replaced in fall 2003 by the heat pump test center at Buchs SG. Since the beginning 346 air-water, brine-water- and water-water-heat-pumps have been tested. The test-procedure is based on the Euro-standard EN 255, but slightly enhanced. Currently the EN 255 is under redesign and will appear in fall 2004 as the new standard EN 14511. These tests led to a certain contest among the manufacturers to achieve the best COP. Especially during the years 1993 until 1996 the COP's rose significantly. These tests are also the fundament for another quality measure, the so called Quality-label for heat pumps, established by the Swiss support organization for heat pumps FWS. At the beginning there were certain concerns, that the manufacturers would deliver especially tuned units for the tests. But a broad investigation of about 350 heat pumps in the field (project FAWA of the Swiss Federal Office of Energy) didn't prove this. There is no significant difference between the two categories.

WPZ Töss – ein Rückblick

Die Idee zur Errichtung eines WPZ in Töss entstand etwa 1992. Es war Karl-Heinz Handl von den NOK, der diese Idee gegen viele Widerstände durchdrückte und umsetzte. Seine Vision war, einen Beitrag zur Verbesserung der Qualität der Wärmepumpe zu leisten. Dies war damals auch bitter nötig, hatte sich die Wärmepumpe doch in den 70er und 80er Jahren ihren Ruf gründlich verdorben. Er hatte bereits Erfahrungen mit einem ähnlichen Projekt, nämlich der QS beim REFUNA-Projekt im Raum des AKW Beznau. Massgeblich beigetragen haben mehrere Persönlichkeiten. Es seien insbesondere Frau Gabi Brugger, Initiatorin der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz und Hansueli Schärer, Leiter der Sektion Erneuerbare Energien im Bundesamt für Energie genannt. Mit tatkräftiger ideeller und finanzieller Unterstützung des BFE und der NOK konnte in einem freien Raum des Unterwerkes Töss der NOK ein entsprechender Prüfstand erreicht werden, der 1993 seine Tätigkeit aufnahm.



Bild 1: Prüfgebäude des WPZ Töss (zur Verfügung gestellt von Stefan Roth, AXPO).

Das WPZ Töss konnte sich in kürzester Zeit einen Namen weit über die Landesgrenzen hinaus machen. Die Messqualität war sehr hoch. Im Laufe seiner Tätigkeit wurden nicht weniger als 346 Wärmepumpen geprüft. „Töss“ wurde zu einem Markenbegriff. Viele sprechen daher nicht von „gestestet“, sondern „getösselt“ oder „getösstet“.

Die Töss-Prüfungen waren rasch ein Element des Wettbewerbs. Hersteller orientierten sich an den Leistungszahlen ihrer Mitbewerber und versuchten, diese zu übertreffen. Durch diesen Wettbewerb angestachelt, stiegen denn auch die Leistungszahlen in den Folgejahren deutlich an, stagnierten dann allerdings ab etwa 1996. Eine wichtige Rolle hat dabei auch das Verbot des Kältemittels R22 gespielt. Die Suche nach Alternativen hatte eine Neugestaltung der Produktpalette zur Folge. Derzeit ist bei diesem Trend eine gewisse Stagnation zu vermerken. Da die Möglichkeiten zur Verbesserung der Leistungszahlen noch bei weitem nicht ausgeschöpft sind, dürfte in Zukunft, vor allem bei steigenden Energiepreisen, ein weiteres Anziehen der Leistungszahlen erwartet werden.

Die Tätigkeit des WPZ in Töss passt aber auch bestens zur weltweit einmaligen Qualitätssicherungsstrategie des BFE, die etwa zur gleichen Zeit entstand. Ebenfalls parallel zur Betriebsaufnahme des WPZ Töss nahm der Gedanke Gestalt an, ein Qualitätslabel für Wärmepumpen zu etablieren. Dieses entstand dann in Form des „Wärmepumpen-Gütesiegels“ und des „Erdwärmesonden-Gütesiegels“ der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS. Das Wärmepumpen-Gütesiegel setzt eine Prüfung an einem WPZ zwingend voraus. Damit wird diese Prüfung zum Muss.

Die Schweiz gilt heute als Vizeweltmeister bei der Installation von Heizwärmepumpen. Nur Schweden hat eine noch höhere Wärmepumpendichte, was dort vor allem auf die sehr niedrigen Strompreise zurückgeführt werden kann. Derzeit werden im gesamtschweizerischen Mittel etwa 40 % der neu erstellten Wohnbauten mit Wärmepumpenheizungen ausgestattet, wobei der Kanton Jura mit 70 % Spitzenreiter ist. Nach übereinstimmender Meinung der Fachwelt ist dieser Erfolg der konsequenten Qualitätssicherung zuzuschreiben. Die ergriffenen Qualitätssicherungsinstrumente müssen also weiter aufrecht erhalten werden. Dazu gehört auch das WPZ.

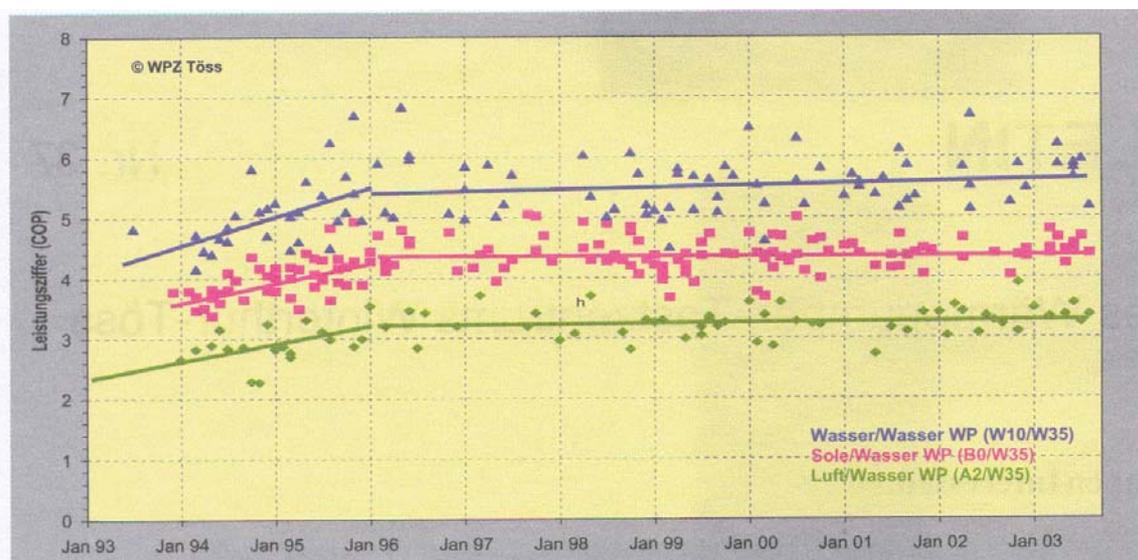


Bild 2: Entwicklung der Leistungszahlen (aus WPZ-Bulletin 37.)

Das Angebot des WPZ Buchs

Eine Änderung in der Geschäftsphilosophie der AXPO als Nachfolger der NOK sah einen Ausstieg aus dem WPZ Töss im Jahre 2003 vor. Damit stellte sich für das BFE und die FWS die Frage nach einem neuen Standort für das WPZ. Da an der Interstaatlichen Hochschule für Technik in Buchs SG (NTB) bereits eine Doppelklimakammer vorhanden war, war das NTB als neuer Standort rasch festgelegt. Dies war auch aus fachlichen Gründen sinnvoll, da am NTB bereits seit 1972 ein Labor für Thermodynamik und Kältetechnik bestand, das sich speziell mit der Wärmepumpentechnik befasst.



Bild 3: Ansicht des WPZ Buchs: Prüfstand für Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen.

Die bestehende Doppelklimakammer musste allerdings den neuen Anforderungen angepasst werden. Zudem war erwünscht, parallel Luft-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen testen zu können. Dies bedingte den Aufbau eines zweiten Prüfstandes nur für S/W- und W/W-Wärmepumpen. So entstand als Nachfolger des WPZ Töss das neue WPZ Buchs.

Bei der Auslegung der neuen Prüfeinrichtungen wurden die Erfahrungen des WPZ Töss bestmöglichst berücksichtigt. Dabei konnte sich der Planer auf die aktive Beratung des Prüfteams aus Töss abstützen. Leitmotiv für die Planung war ein möglichst einfaches hydraulisches Konzept, wobei gewisse Wärmerückgewinnungsmassnahmen trotzdem vorgesehen wurden, um den Verbrauch an Grundwasser und Strom niedrig zu halten. Die Stell-einrichtungen wurden möglichst nahe an den Prüfling verlegt, um eine hohe Regelstabilität zu erreichen.

Das Angebot an Prüfungen am WPZ Buchs folgt im Wesentlichen demjenigen am WPZ Töss. Es können Luft-Wasser-Maschinen bis 25 kW Wärmeabgabe, Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Maschinen bis 60 kW Wärmeabgabe geprüft werden. Das Prüfprogramm entspricht exakt demjenigen vom WPZ Töss und ist durch das Prüfreglement des DACH-Verbundes festgelegt. Der DACH-Verbund ist ein loser Zusammenschluss der Wärmepumpenfördergemeinschaften von Deutschland, Österreich und der Schweiz. DACH ist Träger des WP-Gütesiegels.

Die Prüfungen für Luft-Wasser- resp. Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen können parallel durchgeführt werden. Es ergibt sich damit eine Jahreskapazität von 14 Luft-Wasser-Wärmepumpen und 42 Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Für die Kalibrierung und Wartung der Prüfstände sind 4 Wochen und für Wiederholungsmessungen 6 Wochen budgetiert.

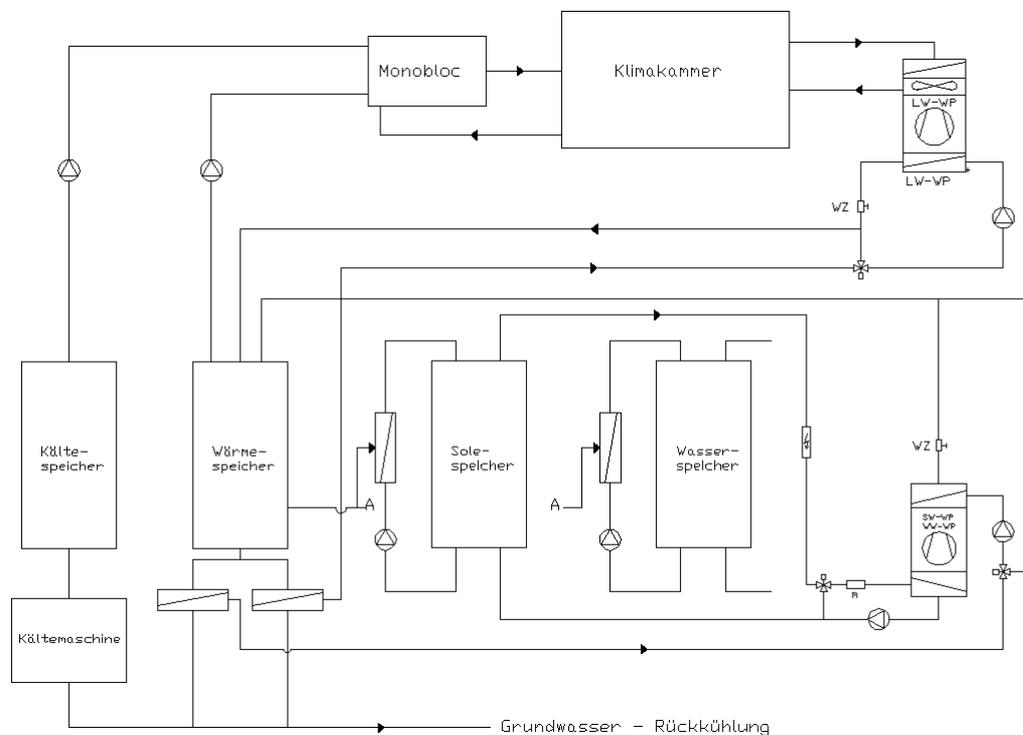


Bild 4: Das hydraulische Konzept des WPZ Buchs (Hubacher Engineering, Engelburg).

Die Prüfung von Luft-Luft-Wärmepumpen ist nicht mehr im Programm. Hingegen wurde neu die Prüfung von Wärmepumpenboilern ins Angebot aufgenommen. Es können derzeit WP-Boiler mit bis zu 600 Liter Speicherinhalt geprüft werden.

Das WPZ Buchs kann auch für Entwicklungsmessungen oder Forschungsaufträge gemietet werden. Allerdings haben die Typenprüfungen Vorrang.

Sicherung der Prüfqualität

Das WPZ dient der Qualitätssicherung der Wärmepumpen. Seine Kunden erwarten zu Recht, dass die Messungen zuverlässig und genau sind. Mit anderen Worten muss sich das WPZ selber immer wieder prüfen oder prüfen lassen, es muss Qualitätssicherung betreiben. Dazu dienen folgende Massnahmen:

a) **Referenzmessungen**

Die erste Massnahme zur Qualitätssicherung waren die so genannten Referenzmessungen. Wir haben je eine LW-, eine SW - und eine WW-WP, die kurz zuvor am WPZ Töss geprüft wurden auch auf dem neuen Prüfstand in Buchs gemessen und die erhaltenen Ergebnisse verglichen. Die Übereinstimmung war sehr gut. Alle Messwerte lagen innerhalb der durch die Prüfnorm vorgeschriebenen Toleranzen. Dies galt auch für die Lärmmessung.

b) **Kalibrierung**

Alle Messfühler werden einmal im Jahr neu kalibriert. Zusätzlich wird von Zeit zu Zeit ein elektrischer Durchlauferhitzer in den Senkenkreislauf eingebaut, um die Wärmeleistungsmessung zu überprüfen.

c) **Redundante Messung**

Die wichtigen Messgrössen werden redundant, d.h. doppelt gemessen. So sind beispielsweise alle Durchflussmesser doppelt vorhanden, wobei unterschiedliche Messverfahren angewendet werden. Durch die Redundanz werden fehlerhaft arbeitende Geräte sofort erkannt. Dies ist auch aus Gründen der Prüfzeiten von grosser Wichtigkeit. Als Beispiel sei die Wärmemessung genannt. Bei den Referenzmessungen wichen die beiden Wärmeleistungsmessungen im Mittel um 0.4 % ab.

d) **Wiederholungsmessungen**

Ein- und derselbe Arbeitspunkt wird nach Durchlaufen anderer Arbeitspunkte nochmals gemessen und mit der ersten Messung verglichen.

e) Es werden nur **Messgeräte** eingesetzt, die besonders hohen Genauigkeitsanforderungen genügen.

f) Erfahrung der **Testcrew**. Das Erkennen von problematischen Messwerten erfordert eine grosse Erfahrung.

g) **Zertifizierung**

Es ist vorgesehen, dass WPZ Buchs neutral zertifizieren zu lassen.

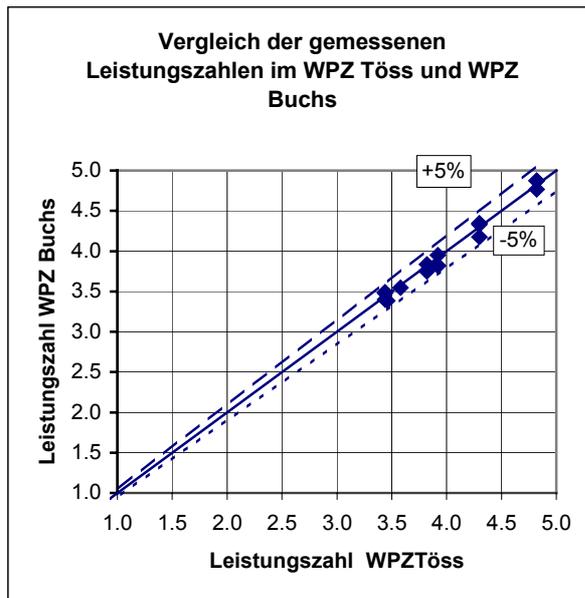


Bild 5: Vergleich der Ergebnisse aus den Referenzmessungen.

Das Prüfrelement im Wandel

Ein Prüfrelement ist nicht in Stein gemeißelt. Es unterliegt Änderungen, die den Prüferfahrungen, den Anforderungen des Marktes oder neuen Technologien bei den Messgeräten und den Prüflingen entspringen können. Derzeit ist die Basisnorm für WP-Typenprüfungen, die Europeanorm EN 255, in Überarbeitung. Sie erhält eine neue Nummer und heisst in Zukunft EN 14511. Die Änderungen berührten vor allem die Prüfpunkte (Arbeitspunkte) und die Messtoleranzen, die teilweise enger wurden. Am Prüfablauf selber ändert sich wenig. Leider wurden bei der überarbeiteten Norm die anstehenden technischen Entwicklungen noch nicht berücksichtigt. Vor allem seitens der Schweiz wurde der Einbezug von Wärmepumpen mit überkritischem Kreisprozess (derzeit vor allem mit dem Kältemittel CO₂ im Gespräch) gefordert. Überkritische CO₂-Kälteprozesse arbeiten nur dann energetisch optimal, wenn eine grosse Senkenspreizung vorhanden ist. Die neue Norm EN 14511 macht exakt das Gegenteil, indem sie die Senkenspreizung auf nur noch 5 K begrenzt (statt wie bisher 10 K)⁶. Dies wurde übrigens bei der Auslegung des neuen WPZ Buchs berücksichtigt.

⁶ Zu Beginn der Prüfungen in Töss war die Senkenspreizung nicht festgelegt, was zu Missbräuchen führte, indem die Senkenmassenströme so gering gehalten wurden, dass Rücklauftemperaturen unterhalb der Raumtemperatur eintraten. In der Folge wurde dann die Senkenspreizung auf 10 K festgelegt. Der Autor war schon damals der Auffassung, dass man anstelle der Senkenspreizung die Rücklauftemperatur vorschreiben müsste. Dies wird in Zusammenhang mit den überkritischen CO₂-Kreisprozessen wieder aktuell.

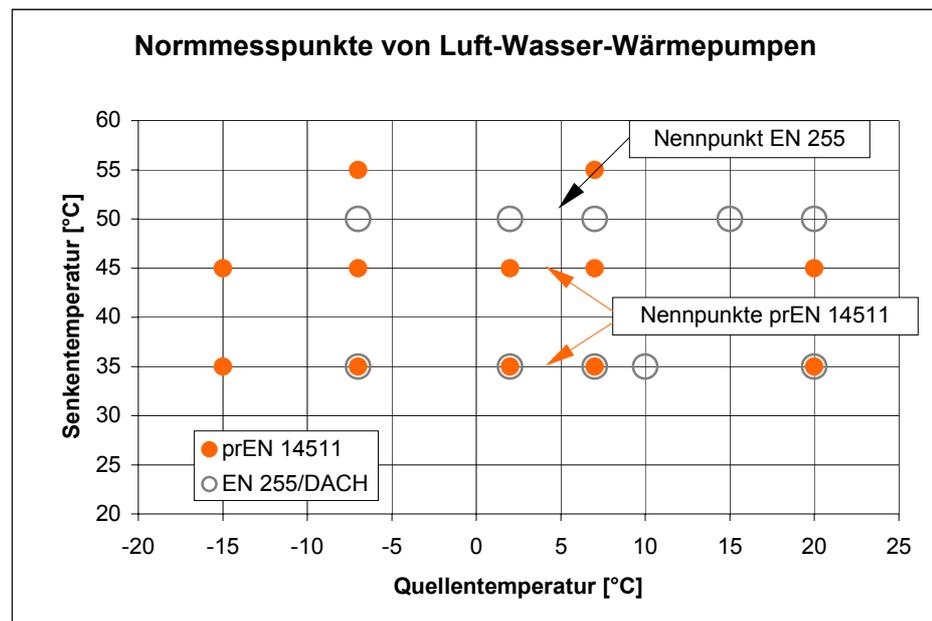


Bild 6: Die neuen Prüfpunkte der Norm EN 14511
(Beispiel Luft-Wasser-Wärmepumpen).

Quelle: Angaben von Th. Afjei und A. Montani

Da die Typenprüfungen am WPZ Buchs Basis für die Erteilung des FWS-Wärmepumpen-Gütesiegels sind, besteht eine enge Kooperation zwischen der Gütesiegel-Kommission FWS und dem WPZ. Die Gütesiegelkommission kann grundsätzlich die Anzahl der Prüfpunkte nach ihrem Gutdünken festlegen und auch Erweiterungen der Norm vorschreiben, jedoch unter Wahrung der durch EN 255 vorgegebenen Arbeitspunkte. Dies ist schon bislang geschehen, indem etwa die Angabe der Einsatzgrenzen des Prüflings durch den Hersteller vom Töss-Prüfreglement (heute DACH-Prüfreglement) vorgeschrieben wurde. Für den Kunden ist es wichtig zu wissen, dass eine Prüfung nach dem DACH-Prüfreglement stets alle EN 255- resp. neu EN 14511-Prüfungen umfasst, jedoch darüber hinausgehen kann. Umgekehrt deckt eine reine EN 255- resp. EN 14511-Prüfung nicht alle Erfordernisse des DACH-Prüfreglementes ab. Diese Freiheit, allenfalls im Sinne der QS oder der technologischen Entwicklung über die zukünftige EN 14511-Norm hinaus zu gehen, wird die GS-Kommission vermutlich in Anspruch nehmen müssen, wenn die ersten CO₂-Wärmepumpen auf den Prüfstand kommen. Wir erwarten den ersten CO₂-Prüfling im Herbst 2004 (es liegt eine Voranmeldung vor).

Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass in der kommenden Prüfnorm EN 14511 zwei Nennbedingungen definiert werden. Die Durchflussmengen werden bei Nennbedingung so eingestellt, dass die vorgeschriebene Spreizung der Senktemperatur von 5 K erreicht wird. Mit dem so eingestellten Massenstrom werden nun alle anderen Arbeitspunkte gemessen. Wenn nun zwei Nennbedingungen genannt werden, so müssten im Prinzip alle Messungen doppelt ausgeführt werden, was unsinnig ist. Wir werden uns im Rahmen des DACH-Verbundes einigen müssen, welchen Nennpunkt wir für die GS-Erteilung vorschreiben müssen.

FAWA und das WPZ

Die Durchführung von Typenprüfungen als QS-Element ist eine Daueraufgabe. Die Typenprüfungen finden jedoch unter genau definierten Bedingungen statt, die so gut als möglich, aber eben nicht exakt mit denjenigen im Feld übereinstimmen. Typenprüfungen haben den Vorteil der Vergleichbarkeit. Im Feld arbeiten die Wärmepumpen unter sehr unterschiedlichen Bedingungen. Ebenso muss dem Vorwurf begegnet werden, dass an einem WPZ nur ausgesuchte, speziell präparierte Maschinen geprüft werden, während die Seriemaschinen davon abweichen. Daher wurde mit dem Projekt Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen (kurz FAWA) die systematische Felderhebung eingeführt. FAWA ist also wie die Normprüfungen eine Daueraufgabe. Es wird derzeit überlegt, wie die Felderhebungen trotz Budgetrestriktionen des Bundes weiter geführt werden können. Ein Ansatz besteht darin, die Felderhebungen mit den notwendigen Stichproben des WP-Gütesiegels zu verbinden.

Wenn man die Leistungszahlen aus den Normprüfungen mit denjenigen aus den FAWA-Messungen vergleicht, so entsteht der Eindruck, dass diese massiv voneinander abweichen. Man muss sich aber im Klaren sein, dass bei der FAWA *Arbeitszahlen* und am WPZ *Leistungszahlen* gemessen werden. Leistungszahlen sind gemäss Definition das Verhältnis der abgegebenen Wärmeleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung in einem bestimmten Arbeitspunkt, d.h. bei vorgegebenen Systemparametern wie Vorlauf- und Quellentemperaturen, Quellen- und Senkenmassenströmen oder der Luftfeuchtigkeit. Arbeitszahlen hingegen bilden das Mittel aus allen Leistungszahlen, die während einer Heizsaison bei stetig wechselnden Systemparametern durchlaufen werden. Die *Leistungszahlen* etwa einer Luft-Wasser-Wärmepumpe können während einer Heizsaison zwischen 2.0 und 4.5 oder mehr variieren. Die saisonale *Arbeitszahl* liegt demnach irgendwo in der Mitte dieser Spanne.

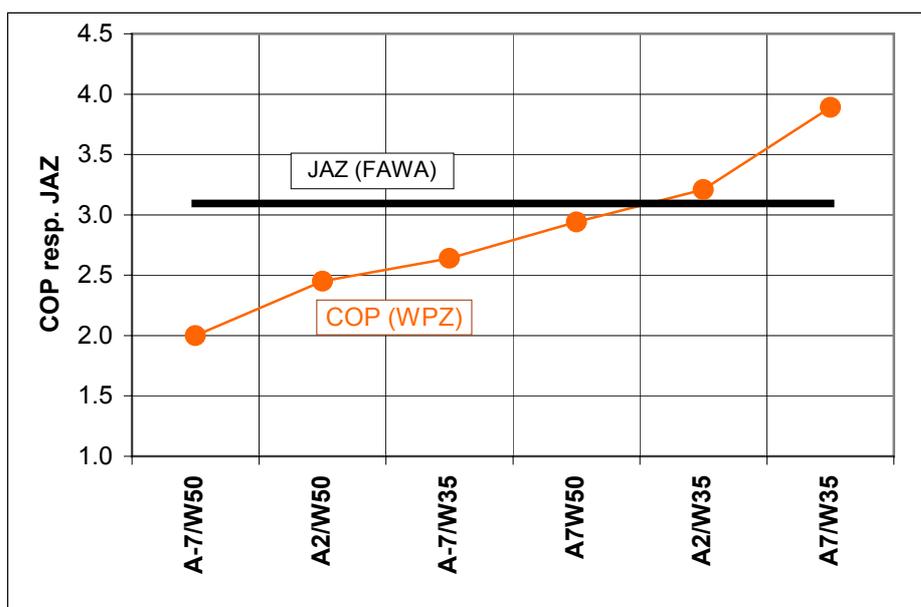


Bild 7: Vergleich der COP (Typenprüfungen)- und JAZ-Werte (FAWA) für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe (Beispiel aus FAWA). Die Vorlauftemperaturen variieren im Feld zwischen 39 °C bei -10 °C Umgebungstemperatur und 32 °C bei 16 °C Umgebungstemperatur.

Vor dieser Problematik stand auch das FAWA-Team. Sehr früh im Laufe von FAWA stellte sich die Frage der Umrechnung der WPZ-Leistungszahlen auf die FAWA-Arbeitszahlen. Dies kann man in der Tat tun, wenn man die Leistungszahlen aus den WPZ-Prüfungen mit den effektiven oder geplanten Verläufen der Systemparameter, d.h. den Vorlauf- und Quellentemperaturen, kombiniert. Ebenso werden Unterschiede in der elektrischen Leistungsaufnahme von Umwälzpumpen berücksichtigt. Man erhält dann den *Erwartungswert der Arbeitszahl*. Dieser Erwartungswert diente bei der FAWA dazu, u.a. die Abweichungen zwischen den Prüfstandsmessungen und den Feldmessungen aufzuzeigen.

Die Auswertungen zeigten dreierlei:

Erstens zeigte es sich, dass die Verbesserung der Arbeitszahlen mit etwa einjähriger Verzögerung ziemlich genau den Verbesserungen folgten, die im WPZ festgestellt wurden. Die Verbesserungen an den Geräten sind also in die Seriegeräte eingeflossen und damit dem Kunden zugute gekommen.

Zweitens: Die *mittleren* Abweichungen zwischen Erwartungswert der Arbeitszahl und Istwert im Feld waren relativ gering. Die Istwerte der Arbeitszahlen lagen im Mittel bei den Luft-Wasser-Maschinen um etwa 9 % unter den Erwartungswerten. Bei den Sole-Wasser-Maschinen waren es rund 4 %. Die Abweichungen lassen sich erklären, wenn man berücksichtigt, dass im Feld bei den *nicht erfassten* Randbedingungen nicht exakt jene Werte vorliegen wie auf dem Prüfstand. So weichen beispielsweise die Massenströme der Wärmequelle und der Wärmesenke von den Werten auf dem Prüfstand ab. Ebenso muss bei den Luft-Wasser-Wärmepumpen berücksichtigt werden, dass die Abtauverhältnisse nicht identisch sind. Bei den Luft-Wasser-Wärmepumpen ist auch bekannt, dass im Feld durch das Takten der Maschine zwecks Anpassung an den Wärmebedarf zusätzlich Minderungen der Arbeitszahlen von etwa 5-10 % entstehen. Bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen ist dieser Effekt nicht eindeutig. Auffallend sind allerdings die relativ grossen Streuungen zwischen Erwartungswerten und Istwerten. Die Streuungen dürften weniger von den Wärmepumpen selbst herrühren als vielmehr von den Randbedingungen.

Drittens: Bei den FAWA-Erhebungen haben sich keine Anzeichen ergeben, dass sich die im Feld betriebenen Maschinen von den geprüften unterscheiden. Aus der relativ geringen *mittleren* Abweichung von Erwartungswert und gemessener Jahresarbeitszahl darf man den Schluss ziehen, dass bei den Prüfstandsmessungen keine ausgesuchten, sondern durchaus repräsentative Maschinen zur Messung kommen, oder umgekehrt ausgedrückt, dass die verkauften Geräte den geprüften entsprechen. Fazit: Die Konsumenten werden nicht betrogen, was geprüft wird, wird auch so verkauft. Die WP-Branche ist seriös.

Markus Erb
Dr. EICHER+PAULI AG
Kasernenstrasse 21
CH-4410 Liestal
markus.erb@eicher-pauli.ch
www.eicher-pauli.ch

Potenzial zur Kostenreduktion durch optimale Systemwahl ohne Komforteinbusse – „*small & simple is beautiful*“

Zusammenfassung

FAWA hat gezeigt, dass viele Kleinwärmepumpenanlagen unter dem Motto „sicher ist sicher“ gebaut werden. Dies äussert sich in der Wahl von tendenziell zu grossen Aggregaten und aller (vermeintlich) davon abhängenden Komponenten. Weiter wird sehr häufig mit technischen Speichern (Puffer) gearbeitet, wo diese nicht nötig wären. Korrekt ausgelegte Anlagen mit angepasster Hydraulik führen zu ökonomisch und energetisch optimalen Systemen, welche bezüglich Benutzerkomfort dem heutigen Niveau mehr als ebenbürtig sind. Die Variantenstudien zeigen, dass die Jahreskosten gegenüber dem heutigen Niveau um etwa 20% reduziert werden können. Weiter wird die Einbindung der Warmwasserbereitung untersucht. FAWA hat gezeigt, dass mit einfachen Boilern, welche durch die Wärmepumpe über ein innenliegendes Register aufgeheizt werden, die energetisch besten Ergebnisse erzielt werden. Da sich die Jahreskosten dieser optimalen Lösung kaum von den heute noch häufig eingesetzten Elektroboilern unterscheiden, sind diese wärmstens zu empfehlen. Hingegen ist von der Kombination von Solaranlagen mit Wärmepumpen eher abzuraten. Ökonomisch und energetisch zu empfehlen sind Regler mit Raumtemperaturkompensation. Diese intelligenten Systeme reduzieren die Betriebskosten deutlich und dies bei gleichem oder verbessertem Komfort.

Réductions possibles des coûts sans perte de confort

Anis a démontré que beaucoup d'installations de pompes à chaleur de petite puissance sont mises en oeuvre d'après le principe "ceinture et bretelles": les composants sont choisis plutôt trop grands, un stock tampon est installé même s'il n'y en a pas besoin. Un dimensionnement juste comportant une hydraulique bien conçue permet de réaliser une installation optimale du point de vue économique et énergétique, pour un confort au moins équivalent. Les études de cas démontrent que les coûts annuels peuvent être abaissés de 20% par rapport aux installations actuelles. La préparation d'eau chaude sanitaire par la pompe à chaleur avec un chauffe-eau avec échangeur classique incorporé constitue la meilleure solution. D'autant plus qu'elle entraîne des coûts annuels comparables à ceux du classique et répandu chauffe-eau électrique. Par contre, la combinaison avec une installation solaire augmente les coûts et pénalise l'efficacité de la PAC. Selon les critères économiques et énergétiques, la régulation avec compensation par la température d'ambiance atteint les meilleurs résultats: elle réduit les coûts d'exploitation de manière sensible et améliore le confort.

Possible reduction of running cost without lowering comfort

FAWA showed that many small heat pump installations are built under the motto "better safe than sorry". This is manifested by choosing too large heat pump units and all (supposed) interconnected components. Furthermore buffer storage tanks are used very often where they are not necessary. Accurately designed systems with correct hydraulic integration lead to economically and energetically efficient solutions, which in terms of user comfort do at least reach the mean level of today systems. A study on the cost aspects show, that by following the recommendations of FAWA, the annual cost can be reduced by 20%. Hot water integration was also studied. FAWA showed that simple boilers with inside heat exchanger produce the best energetical performance. Annual cost of this solution compared to the very often used electrical water heaters are almost the same, the former can therefore be recommended without restrictions. In contrast the combination of solar thermal installations with heat pumps can not be recommended. On the other hand, heat pump controls with room temperature compensation are economically and energetically advantageous. These intelligent systems reduce running cost distinctly where at the same time comfort remains the same or is even improved.

1.1 Wärmequelle: Erdsonde und Luft

Aus den Erfahrungen, die im Rahmen von FAWA gesammelt wurden, können keinem der beiden in der Schweiz dominierenden Systeme klare Vorteile gegenüber dem anderen attestiert werden. Vielmehr hängt die jeweilige Entscheidung von den spezifischen Verhältnissen und Anforderungen ab.

Tabelle 1: Überblick zu den Vorteilen von Sole-Wasser- und Luft-Wasser-Anlagen.

Vorteile Erdsonde	Vorteile Luft
Kosten	
<p>Betriebskosten im Mittel um 25% tiefer (energetisch meist die optimale Lösung)</p> <p>→ <i>Stimmt nur, wenn:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Untergrund geeignet (Wärmeleitfähigkeit) b) Optimale Sondenlänge c) Fachgerechte Hinterfüllung <p>Platzbedarf geringer</p>	<p>Investitionskosten im Mittel um 35% tiefer</p> <p>Je höher der Warmwasseranteil am gesamten Wärmebedarf (MINERGIE), desto kleiner wird der Vorteil der Sole/Wasser-Anlagen bezüglich Betriebskosten, da Luft/Wasser im Sommer das WW sehr effizient erwärmen.</p>
Betrieb	
<p>Geringere Lärmemissionen</p> <p>Leicht tiefere Störungsanfälligkeit</p>	<p>Hohe Sicherheit bezüglich Energiekosten</p>

Die beiden Systeme hielten sich bezüglich Verkaufszahlen bis 2002 ungefähr die Waage. 2003 machten die Luft/Wasser-Systeme aber einen Sprung nach oben, wobei die Sole/Wasser-Verkäufe stagnierten.

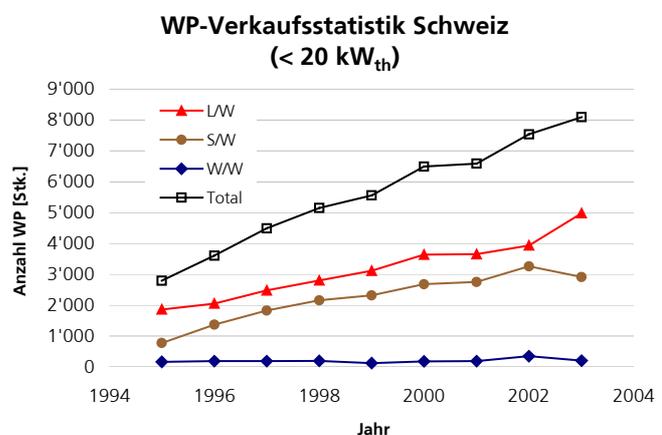


Bild 1: Verkaufszahlen von Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von $< 20 \text{ kW}$ in der Schweiz. (Quelle: Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz)

1.2 Warmwassereinbindung

1.2.1 Weshalb Warmwasser integrieren?

Wie die Analysen der Boilerladetemperaturen gezeigt haben, liegen diese im Normalfall nur um wenige Kelvin über der mittleren Vorlauftemperatur des Heizbetriebs. Diese beiden Umstände erklären, weshalb sich Anlagen mit und ohne Brauchwarmwassereinbindung bezüglich der Jahresarbeitszahl kaum unterscheiden. Wird hingegen der Systemnutzungsgrad betrachtet, so liegt der Stromverbrauch von Anlagen mit Elektroboilern um 50% über den Anlagen, welche das Warmwasser zu 100% über die Wärmepumpe abdecken.

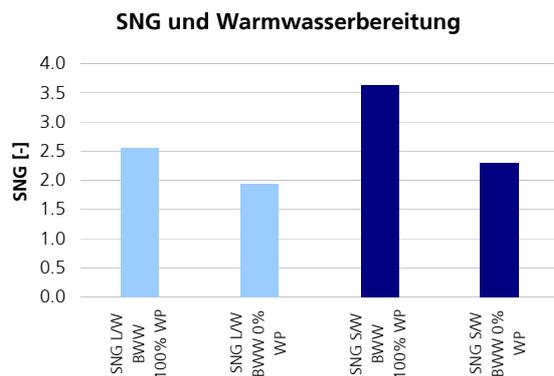


Bild 2: Systemnutzungsgrad (SNG) von L/W- und S/W-Anlagen in derFAWA, welche das Warmwasser zu 100% resp. zu 0% (Elektroboiler) bereitstellen.

1.2.2 Was hat sich bewährt?

Energetisch wie ökonomisch ist die einfachste Variante der Einbindung die beste:
Normaler Boiler mit innenliegendem Wärmetauscher.

Auslegung und Regelung

Boilerinhalt	So knapp wie möglich → 1 Tagesbedarf
Wärmetauscher	So gross wie möglich (muss an jedem Betriebspunkt die gesamte WP-Leistung an Warmwasser abgeben können) → WP nicht überdimensionieren!
Regelung	Ziel: Stufenladung → Nur Nachladen, wenn Ladezustand einen kritischen Zustand unterschritten hat (bedarfsabhängig) → Wenn nur Zeitprogramm vorhanden: Freigabe nur für tatsächlich notwendiges Intervall (ca. 2 bis 4 Stunden).

1.2.3 Kombination mit Sonnenkollektoren

Überblick

Immer häufiger werden Wärmepumpen mit Solaranlagen (Solarthermie) kombiniert. Wie die Tab. 2 und 3 zeigen, ist diese Kombination ökonomisch nicht sinnvoll. Wenn auf den emotionalen Vorteil der eigenen Wärmeproduktion verzichtet wird, so kann mit dem Einkauf von Photovoltaikstrom ein ökonomisch deutlich besseres Ergebnis bei gleichem Umweltnutzen erzielt werden.

Tabelle 2: Beurteilung der Integration von Solarthermie in eine WP-Anlage und der Alternative WP / PV-Strom.

Integration von Sonnenkollektoren

Kollektorfläche mit ca. 50% Deckungsgrad

Vorteile	Nachteile
Mit Wärme vom eigenen Dach zu duschen bringt ein gutes Gefühl	Hohe Investition
Stromverbrauch der WP wird reduziert	Wärmekosten ab Kollektoren: 30 bis 60 Rp./kWh
	JAZ der WP wird beeinträchtigt: - Kombispeicher: Vermischen von Heizen und Warmwasserbereitung - „Konkurrenz“ zur WP bezüglich tiefer Temperaturen

Alternative

Photovoltaikstrom (von Solarstrombörse):

- Tiefere Jahreskosten bei gleichem Beitrag zum Umweltschutz
- Deutlich tiefere Investitionen und flexible Ausgaben für Umweltschutz
- Weniger Platzbedarf für Haustechnik
- Kein zusätzlicher Wartungsaufwand (bei eingekauftem PV-Strom).

Details

In der Tab. 3 sind die Kosten für eine vollständige Erwärmung des Warmwassers mit umweltfreundlicher Energie dargestellt. Beide Varianten gehen von einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage aus, bei welcher der Boiler eingebunden ist:

- Variante 1: Eine knapp dimensionierte Solaranlage deckt 55% des WW-Bedarfs ab. Es wird dazu ein Kombispeicher (Rossnagel) verwendet. Die restlichen 45% werden von der WP geliefert. Der dazu notwendige Strom kann als zertifizierter Öko- oder Solarstrom vom Elektrizitätswerk bezogen werden. Heute haben bereits 50% der

Haushalte Zugang zu solchen Angeboten. Als Variante ist auch die Installation einer eigenen Photovoltaikanlage möglich.

- Variante 2: Die WP deckt den gesamten WW-Bedarf ab. Die WP wird wie bei Variante 1 mit Öko- oder Solarstrom betrieben.

Die Investition in die Solaranlage mit Integration in die WP-Anlage (Kombispeicher) führen zu einem sehr hohen Preis der Wärme ab Solaranlage von 50 Rp./kWh. Warmwasser ab WP, deren Strom beispielsweise photovoltaisch erzeugt wurde (Strom ab Solarstrombörse zu 95 Rp./kWh), ist hingegen deutlich kostengünstiger, auch wenn die Investition in die längere Erdwärmesonde berücksichtigt wird. Über alles gerechnet resultiert bei der Variante 1 ein Wärmepreis für die Warmwasserbereitung von 44 Rp./kWh, d.h. 25% höher als bei der Variante 2 mit 35 Rp./kWh.

Table 3: Vergleich der Varianten Warmwasser mit WP + Solaranlage + PV-Strom mit WP + PV-Strom.

WW-Wärmekosten WP+SoKo+PV	
Personen	4.0 c
Verbrauch	3'811 kWh
Fläche	5.0 m ²
Ertrag SoKo	2'100 kWh
Deckung	0.55 -
Mehrkosten der Haustechnik	
Kosten*	16'000 CHF
Nutzungsdauer	20 a
Zins	0.0275 -
Annuität	-1'051 CHF
Wärmepreis Solar	0.50 CHF
JAZ _{BWW}	2.8 -
Stromverbrauch	653 kWh
PV-Strom	0.95 CHF/kWh
Wärmepreis total	0.44 CHF/kWh

*mit Kombispeicher

WW-Wärmekosten WP+PV	
Personen	4.0 c
Verbrauch	3'811 kWh
Fläche	0 m ²
Ertrag SoKo	0 kWh
Deckung	0.00 -
Mehrkosten der Haustechnik	
Kosten*	4'075 CHF
Nutzungsdauer	20 a
Zins	0.0275 -
Annuität	-268 CHF
Wärmepreis Solar	- CHF
JAZ _{BWW}	3.4 -
Stromverbrauch	1'121 kWh
PV-Strom	0.95 CHF/kWh
Wärmepreis total	0.35 CHF/kWh

*Elektroboiler 2'500 CHF
EWS (zusätzlich) 1'575 CHF

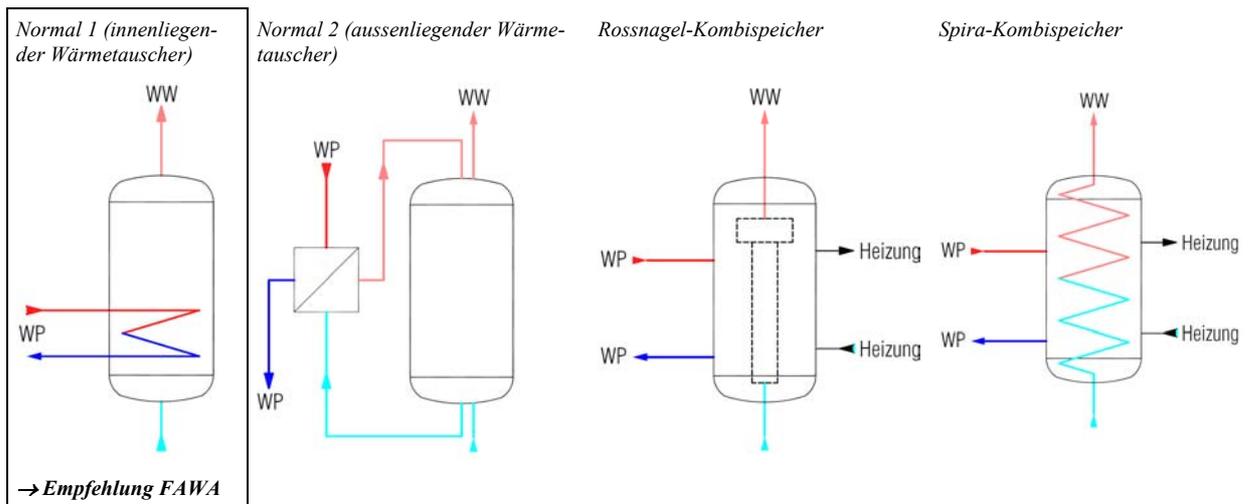


Bild 3: Die verschiedenen Warmwassersysteme, die bei der FAWA untersucht wurden. Die mit Normal 1 und 2 bezeichneten Typen sind reine Brauchwarmwasserboiler. Rossnagel und Spira sind Kombispeicher, welche als technische Speicher für die WP und auch als Speicher für Energie aus Solaranlagen oder Holzöfen dienen können. Am besten hat sich der Typ „Normal 1“ bewährt.

FESTSTELLUNG	Die Warmwasserbereitung mittels Wärmepumpe hat im Vergleich zu Elektroboilern deutliche ökologisch-energetische Vorteile.
EMPFEHLUNG	Die Warmwasserbereitung sollte in die WP-Anlage integriert werden. Am besten bewährt haben sich dabei einfache Boiler mit innenliegendem Wärmetauscher. Kombispeicher sollten nur bei Einbindung von anderen Energiequellen (Sonne, Holz) verwendet werden. Wenn erneuerbare Energie mit einer WP-Anlage kombiniert werden soll, ist die Variante Ökostrom (z.B. Solarstrombörse) wirtschaftlich interessanter als Solarthermie.

2. Komponenten

2.1 Abgabesystem

- Vorlauftemperaturen beeinflussen die JAZ stark (+1 K → ca. -1.5% JAZ)
- Notwendige Vorlauftemperatur wird häufig durch kritischen Raum bestimmt. → In der Planung müssen solche Probleme möglichst früh erkannt und entschärft werden.
- Bodenheizung: Oberflächentemperaturempfinden ist wichtiger Komfortparameter. → Problematik mit Bauherrn frühzeitig besprechen (Bodenbelag: eher Holz als Stein).

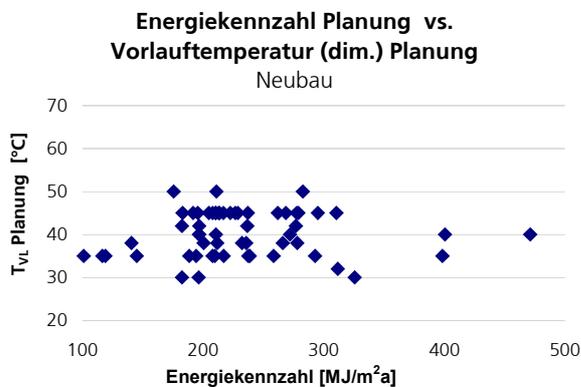


Bild 4: Planungswerte von Energiekennzahlen und Vorlauftemperaturen bei Neubauten korrelieren nicht. Das Mittel der Vorlauftemperatur liegt bei 41°C.

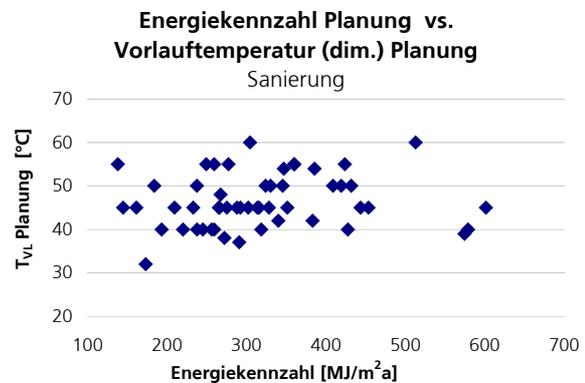


Bild 5: Planungswerte von Energiekennzahlen und Vorlauftemperaturen korrelieren auch bei Sanierungsobjekten nicht. Das Mittel der Vorlauftemperatur liegt bei 46°C.

Die Bilder 4 und 5 zeigen, dass – entgegen der Erwartung – mit abnehmenden Energiekennzahlen (EKZ) die Vorlauftemperaturen nicht sinken. Es ist nicht anzunehmen, dass dies einzig auf die oben erwähnten „kritischen Räume“ zurückzuführen ist. Es kann deshalb vermutet werden, dass hier ein Optimierungspotenzial (Planung und Betrieb) vorhanden ist.

2.2 Auslegung und Wahl der WP

- Heute: ca. 30% mit Auslastung $\leq 50\%$ ($T_a - 8^\circ\text{C}$)
- Fachgerechtes Bestimmen der notwendigen WP-Leistung
→ **Keine Sicherheitszuschläge !!!**
- Kenndaten (Wärmepumpentest-Zentrum oder Hersteller) geben Auskunft über zu erwartende JAZ (Stromkosten).

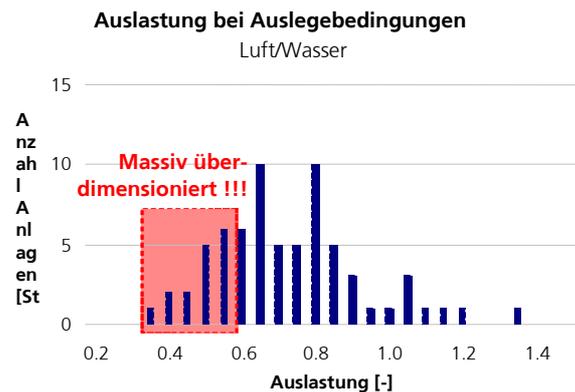


Bild 6: Die mittlere Auslastung der mono-valent und monoenergetisch geplanten L/W-Anlagen liegt bei 70% (SD 0.22).

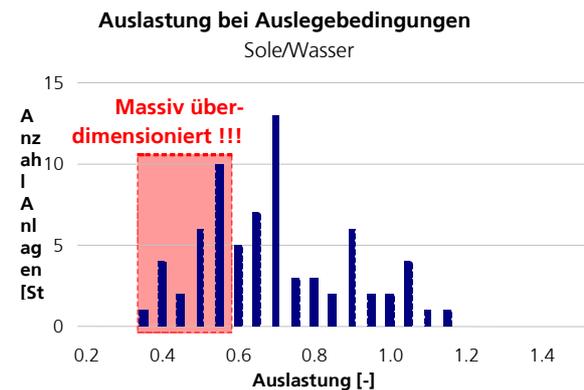


Bild 7: Die mittlere Auslastung der mono-valent und monoenergetisch geplanten S/W-Anlagen liegt bei 68% (SD 0.19).

EMPFEHLUNG Sicherheitszuschläge sind bei der Auslegung von L/W- aber insbesondere bei S/W-Anlagen zu vermeiden.

2.3 Hydraulik

2.3.1 Technische Speicher

Die thermisch aktive Masse einer Fussbodenheizung nimmt pro Kelvin Temperaturänderung eine Wärmemenge auf, welche mindestens dem Dreifachen eines konventionell ausgelegten Speichers bei einer Temperaturänderung von 10 K entspricht.

Findet die Wärmeabgabe zumindest teilweise über Fussbodenheizung statt, so erhöht ein technischer Speicher die thermische Trägheit des Systems kaum, was sich in der Auswertung bezüglich der mittleren Laufzeit pro Start der Anlagen mit und ohne Speicher deutlich zeigt, diese unterscheiden sich diesbezüglich nämlich nicht.

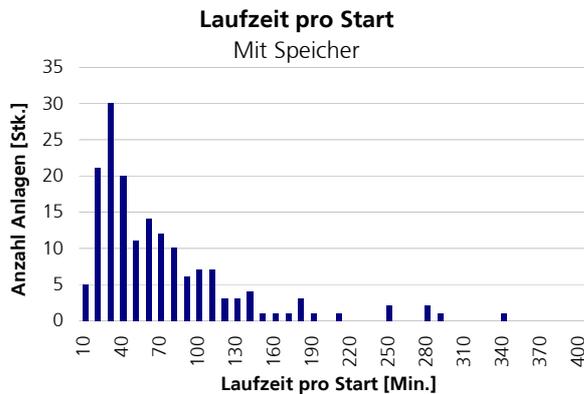


Bild 8: Anlagen mit Speicher weisen mittlere Laufzeiten auf, wie sie auch bei den Speicherlosen gemessen wurden.

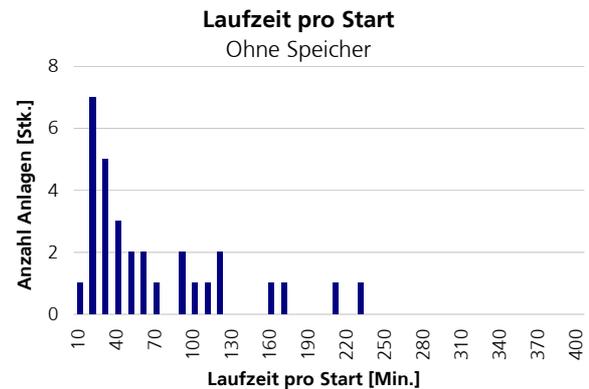


Bild 9: Anlagen ohne Speicher laufen im Mittel ähnlich lange wie Anlagen mit Speicher.

mit Speicher

Alle
L/W
S/W

Laufzeit [Min./Start]

65
54
79

Anlagen [Stk.]

167
87
66

SD [Min.]

59
48
66

CI [Min.]

9
10
16

ohne Speicher

Alle
L/W
S/W

Laufzeit [Min./Start]

63
42
72

Anlagen [Stk.]

31
8
14

SD [Min.]

59
46
75

CI [Min.]

22
38
43

FESTSTELLUNG Technische Speicher haben keinen Einfluss auf die Jahresarbeitszahl.

EMPFEHLUNG Technische Speicher verteuern und komplizieren die Anlagen und sollten deshalb nur dort verwendet werden, wo sie auch tatsächlich notwendig sind.

2.3.2 Elektroinsätze

Bei Luft-Wasser-Anlagen werden meist Elektroinsätze eingebaut. In der Realität werden diese im normalen Heizbetrieb kaum verwendet. Aus diesem Grund funktionieren 75% der Anlagen monovalent, d.h. die Wärmepumpe deckt den gesamten Raumwärmebedarf ab. Hersteller weisen aber darauf hin, dass Elektroinsätze bei Luft-Wasser-Anlagen insbesondere aus folgenden Gründen eingesetzt werden:

- Die Inbetriebnahme von Anlagen mit Umkehrabtauung ist bei kalter Senke (Speicher, Fussbodenheizung) nicht möglich. Mit dem Elektroinsatz kann der Speicher aufgeheizt werden.
- Häufig muss noch während der Bauphase geheizt werden. Die staubige Aussenluft kann hier Probleme verursachen.
- In der Bauaustrocknungsphase ist der Wärmeleistungsbedarf erhöht. Mit dem Elektroinsatz kann dieser Bedarf abgedeckt werden.

FESTSTELLUNG Luft-Wasser-WP können im Mittelland problemlos monovalent betrieben werden. Im normalen Heizbetrieb wird keine elektrische Zusatzheizung benötigt. Für die Inbetriebnahme und Bauaustrocknung kann ein Elektroinsatz sinnvoll sein. Sole-Wasser-WP werden häufig zu gross ausgelegt, was sich negativ auf die Kosten auswirkt.

2.4 Erdwärmesonden

2.4.1 Sondenauslegung

Für die zu erwartende Soletemperatur und somit für die Auslegung von Erdwärmesonden sind die drei folgenden Faktoren entscheidend:

- Energieentzug durch Erdwärmesonde → nicht Entzugsleistung
- Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Erdreichs → unsicher
- Sondentiefe: Je tiefer desto besser → durch Vorschriften oft eingeschränkt.

Die heute häufig praktizierte Methode zur Sondendimensionierung (50 W/m) ist bei richtiger Anwendung nicht falsch. Die richtige Anwendung ist:

$$\text{Sondenlänge} = \frac{\text{Wärmeleistungsbedarf} - \frac{\text{Wärmeleistungsbedarf}}{\text{Erwartete JAZ (resp. mittlerer COP)}}}{\text{Sondenentzugsleistung (50 W / m)}} \quad (1)$$

MERKE: Nicht die Entzugsleistung der Maschine verwenden. Wenn diese nämlich überdimensioniert ist, dann wird auch die Sonde zu lang (und zu teuer).

Besser ist aber anstatt der Leistung, die Entzugsenergie (80 kWh/m) zu verwenden:

$$\text{Sondenlänge} = \frac{\text{Wärmebedarf} - \frac{\text{Wärmebedarf}}{\text{Erwartete JAZ (resp. mittlerer COP)}}}{\text{Sondenentzugsenergie (80 kWh / m)}} \quad (2)$$

Geologie

Bei 20% der untersuchten Erdsondenanlagen liegt die mittlere Soletemperatur unter 2.5°C. Die Funktion der Erdwärmesonde muss hier als ungenügend beurteilt werden. Ebenfalls bei 20% der Anlagen ergibt sich aus den Bohrprotokollen, dass die Beschaffenheit des Untergrundes, wegen einer zu tiefen Wärmeleitfähigkeit, ungeeignet für die Bohrung von Erdwärmesonden ist. Es ist anzunehmen, dass in den meisten Fällen ein kausaler Zusammenhang zwischen Geologie und gemessener Soletemperatur besteht. Es stellt sich die Frage, ob die ungeeigneten Verhältnisse schon vor Erstellen der Anlagen bekannt waren, oder hätten in Erfahrung gebracht werden können.

Bei der Planung müssen also die geologischen Verhältnisse so gut wie möglich abgeklärt werden, da sonst ein sehr unbefriedigendes Ergebnis resultieren kann. In den Fällen mit ungeeigneter Geologie ist es ökonomisch und ökologisch sinnvoller, eine Luft-Wasser-Anlage vorzusehen.

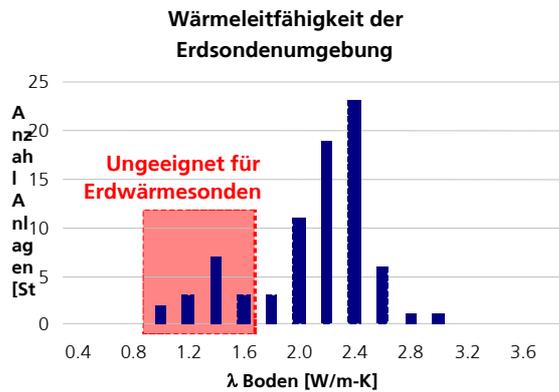


Bild 10: Histogramm der Wärmeleitfähigkeit aus den Bohrprofilen von FAWA Erdwärmesondenanlagen.

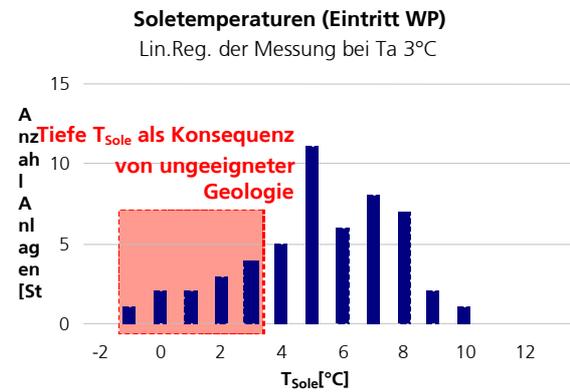


Bild 11: Histogramm der Soletemperaturen vor dem Eintritt in die WP. Die Daten wurden zu verschiedenen Zeitpunkten in der Heizperiode gemessen. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit wurde deshalb eine lineare Regression mit der Aussentemperatur durchgeführt und hier der Wert bei Ta 3°C verwendet.

2.4.2 EWS-Umwälzpumpen

Ein grosses und einfach zu erschliessendes Optimierungspotenzial liegt bei den Umwälzpumpen im Solekreis. Die durch FAWA festgestellten Verhältnisse zeigen, dass hier kaum eine Auslegung mittels Druckverlustberechnung stattfindet, sondern eine Pumpe gewählt wird, die sicher nicht zu klein ist.

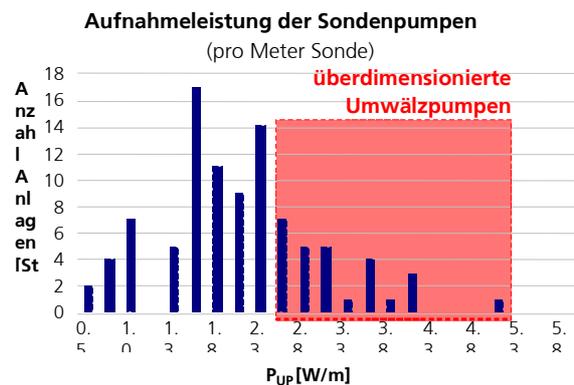


Bild 12: Die relativen Aufnahmeleistungen der Solepumpen streuen extrem stark. Hier liegt mit Sicherheit ein beträchtliches Optimierungspotenzial.

Bei mindestens 30% der Anlagen ist die Pumpe zu gross. Damit der Volumenstrom über dem Verdampfer dem Sollwert entspricht, wird die Pumpe dann häufig auf Teillast betrieben. Dies hat eine massive Wirkungsgradreduktion zur Folge. Im Rahmen eines BFE-Projektes wurde zur optimalen hydraulischen Auslegung von Erdwärmesondenkreisläufen ein Excel-Werkzeug entwickelt, welches von www.waermepumpe.ch/fe herunter geladen werden kann.

FESTSTELLUNG Die Sole-Wasser-Wärmepumpen werden meist zu gross gewählt. Wird die Erdwärmesonde gemäss der WP-Leistung ausgelegt, so ist auch diese meist zu lang. Die Soletemperatur wird von verschiedenen, insbesondere geologischen Faktoren bestimmt. Liegen hierzu keine detaillierten Informationen vor, so besteht ein beträchtliches Unsicherheitspotenzial. Solekreispumpen sind häufig überdimensioniert, was einen deutlich negativen Einfluss auf die energetische Effizienz der Anlagen hat.

EMPFEHLUNG Nur eine bedarfsgerechtere Auslegung der Erdwärmesonde führt zu einem ökonomisch und energetisch optimalen Resultat. Bohrfirmen sollten sich stärker bei dieser Aufgabe engagieren. Es ist auf eine korrekte Auslegung der Solekreispumpe zu achten.

3. Inbetriebnahme

3.1 Volumenströme

- Parameter: Mittels Kälte- resp. Wärmeleistung und Temperaturdifferenz über WP kann auf den Volumenstrom geschlossen werden. Dieser sollte möglichst nahe bei den Herstellerangaben liegen.
- Bei Parallelspeichern ist darauf zu achten, dass der Volumenstrom zwischen WP und Speicher gleich jenem zwischen Speicher und Abgabesystem liegt.

3.2 Boiler-Ladeprogramm

- Bedarfsabhängige Ladung des Boilers, resp. bedarfsgerechte (knappe) Freigabezeiten
- Soll-Temperatur möglichst tief.

3.3 Heizkurve

Wie erwähnt werden JAZ und somit die Betriebskosten stark von den Systemtemperaturen geprägt. Die Heizkurve sollte deshalb so tief wie möglich eingestellt werden. Folgendes Vorgehen ist zu wählen:

- **Inbetriebnahme**
Auf dem Regler wird die Heizkurve gemäss Planung eingestellt.
- **Optimierung**
In der ersten Heizperiode wird bei tiefen Aussentemperaturen und wenig Sonnenschein das Thermostatventil zumindest im „wichtigsten“ Raum (Wohnraum) voll geöffnet. Die Bewohner prüfen dann, ob sich die gewünschte Raumtemperatur einstellt. Ist es zu warm, was meist der Fall sein dürfte, wird die Heizkurve nach unten verschoben, bis die Soll-Temperatur eingehalten wird.

Bewährt haben sich Wärmepumpenregler mit Raumtemperaturkompensation. Im Idealfall wird bei solchen Reglern die Raumtemperatur im Referenzraum überwacht und bei Über- resp. Unterschreiten des Soll-Wertes, die Heizkurve automatisch angepasst. Dieses System funktioniert am besten, wenn im Referenzraum kein Thermostatventil installiert ist. Dies ist nach Gesetz auch möglich, da dieses (wo dies überhaupt reglementiert ist) besagt, dass die Temperatur raumweise einstellbar sein muss, was mit dem erwähnten Regler auch der Fall ist.

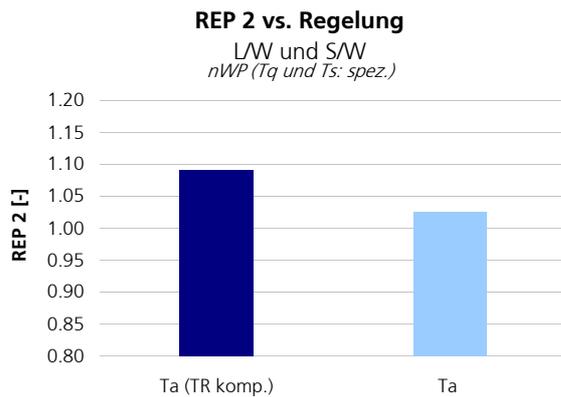


Bild 13: Die Regler mit Raumtemperaturkompensation zeigen bezüglich der Aggregat-normierten JAZ (REP) einen Vorteil von 6.5% (CI: je $\pm 5\%$).

4. Kosten

Im Folgenden werden die wichtigsten Entscheidungen bei der Planung von Wärmepumpen auf ihre Kostenrelevanz untersucht. Dabei wird zuerst das zu beheizende Objekt (Tab. 4) definiert und die Kosten für eine Sole-Wasser- mit jenen einer Luft-Wasser-Anlage verglichen (Tab. 5).

Anschliessend werden die Kosteneffekte von vier Varianten untersucht:

- Variante 1: Verzicht auf einen Pufferspeicher
- Variante 2: Verzicht auf die Einbindung des Boilers in die WP-Anlage (Elektroboiler)
- Variante 3: Überdimensionierung der WP-Leistung um 35%
- Variante 4: Einsatz eines Reglers mit Raumtemperaturkompensation.

Beim betrachteten Objekt handelt es sich um ein konventionelles EFH. Die Nutzungsdauer der Haustechnikkomponenten wird mit 15 Jahren angenommen, mit Ausnahme der Erdwärmesonde, für welche 30 Jahre verwendet werden. Die EWS wird gemäss der hier empfohlenen Regel dimensioniert, d.h. durch die WW-Einbindung muss die Sonde ca. 20% länger sein, als wenn nur der Raumwärmebedarf durch die WP abgedeckt würde.

Table 4: Es wird ein Neubau betrachtet mit durchschnittlichen energetischen Eigenschaften.

Standard EFH (4 Personen)		
Wärmeleistungsbedarf Gebäude	8.0 kW	
Wärmebedarf Heizen	16'000 kWh	
Wärmebedarf WW	3'811 kWh	
Wärmebedarf total	19'811 kWh	
Nutzungsdauer		
Haustechnik	15 Jahre	
EWS	30 Jahre	
Kapitalzins (real)	2.75 %	
Stromkosten (real)	0.15 CHF/kWh	
JAZ [-]	Heizen	WW
L/W	2.8	2.5
S/W	3.7	3.4
EWS-Länge [m]	146	34

Die Grundanlage (S/W und L/W) wird mit einem Pufferspeicher ausgerüstet, wie das heute (leider) meist der Fall ist. Es zeigt sich, dass sich die Investitionskosten der Varianten S/W und L/W ziemlich genau um die Kosten der Erdwärmesonde (EWS) unterscheiden und diese verteuert die Anlage um etwa 50%. Da für die EWS aber eine doppelt so lange Nutzungsdauer angenommen wird als für den Rest der Haustechnik, unterscheiden sich die Kapitalkosten nur um 20%.

Table 5: Die Investitionskosten der S/W-Anlage liegen um ca. 50% über jenen der L/W-Variante. Als Betriebskosten werden nur die Stromkosten aber nicht Wartung und Unterhalt berücksichtigt. Letztere treten bei Wärmepumpen normalerweise auch kaum auf.

Kosten	S/W		L/W	
	Investition	Jahreskosten	Investition	Jahreskosten
Kapitalkosten				
Wärmepumpe	9'000.-	740.-	14'220.-	1'170.-
EWS	11'800.-	583.-		
EWS-Verbindungsleitungen	4'700.-	232.-		
Pufferspeicher	3'825.-	315.-	3'825.-	315.-
Boiler (internes Register)	4'985.-	410.-	4'985.-	410.-
Kapital total	34'310.-	2'280.-	23'030.-	1'894.-
Betriebskosten (Strom)	Anteil	Jahreskosten	Anteil	Jahreskosten
Heizen		649.-		857.-
Warmwasser		168.-		229.-
Betriebskosten total	26%	817.-	36%	1'086.-
Jahreskosten total		3'097.-		2'980.-
<i>Wärmekosten [CHF/kWh]</i>		<i>0.156</i>		<i>0.150</i>

Die Betriebskosten liegen wegen der besseren JAZ der S/W-Anlage um 25% unter jenen der L/W-Anlage. Als wichtiges Ergebnis zeigt sich, dass die Jahreskosten und entsprechend der Wärmepreis für beide Varianten sehr ähnlich sind.

In der Variante 1 wird der Pufferspeicher weggelassen, was sich natürlich positiv auf die Kosten auswirkt, da ein Speicher die Effizienz nicht positiv beeinflusst. Die Jahreskosten sinken durch diese Massnahme um gut 10%.

Tabelle 6: Durch das Weglassen des (meist unnötigen) Pufferspeichers sinken bei beiden Varianten die Jahreskosten um gut 10%.

Variante 1: Kein Pufferspeicher

Kosten	S/W		L/W	
	Investition	Jahreskosten	Investition	Jahreskosten
Kein Pufferspeicher	-3'825.-	-315.-	-3'825.-	-315.-
Kapital total	30'485.-	1'965.-	19'205.-	1'580.-
Betriebskosten total		817.-		1'086.-
Jahreskosten total		2'782.-		2'666.-
Differenz		-10.2%		-10.6%

In der Variante 2 wird die häufig geäusserte Behauptung überprüft, Warmwassereinbindung rechne sich nicht. Es zeigt sich, dass ein Elektroboiler kaum zu einer spürbaren Kostenreduktion führt, hingegen steigt der Stromverbrauch der Anlage deutlich an, bei der S/W-Anlage um knapp 30%, bei der L/W um gut 10%. Diese Werte hängen natürlich stark vom Verhältnis zwischen Raumwärme- und Warmwasserbedarf ab.

Tabelle 7: Der Einsatz eines Elektroboilers anstelle der Einbindung in die WP-Anlage reduziert die Kosten nur wenig. Bei der S/W-Variante wurden auch die geringeren Investitionskosten wegen der kürzeren EWS berücksichtigt.

Variante 2: Elektro- statt integrierter Boiler

Kosten	S/W		L/W	
	Investition	Jahreskosten	Investition	Jahreskosten
Kein integrierter Boiler	-4'985.-	-410.-	-4'985.-	-410.-
Elektroboiler	2'500.-	206.-	2'500.-	206.-
Kürzere EWS	-2'209.-	-109.-		
Kapital total	29'616.-	1'966.-	20'545.-	1'690.-
Betriebskosten total		1'052.-		1'200.-
Jahreskosten total		3'018.-		2'890.-
Differenz		-2.5%		-3.0%

Die heute oft praktizierte Überdimensionierung der WP-Leistung (Variante 3) hat zwar kaum einen Einfluss auf die energetische Effizienz (JAZ) der Anlage, aber die Jahreskosten werden um einen Betrag in der Grössenordnung von 10% erhöht. Neben den Mehrkosten für das Aggregat muss auch berücksichtigt werden, dass teilweise auch alle anderen Komponenten grösser und somit teurer werden. Insbesondere betrifft dies beispielsweise den Wassererwärmer, resp. das Register. Häufig wird heute die Erdwärmesonde auf Basis der WP-Kälteleistung dimensioniert – was nicht korrekt ist. Wird so vorgegangen, wird entsprechend dem Aggregat auch die Sonde überdimensioniert, was mehr als die Hälfte der Mehrkosten (Tab. 8) verursacht.

Table 8: Die heute übliche Überdimensionierung der WP-Leistung hat deutliche Auswirkungen auf die resultierenden Kosten.

Variante 3: 35% zu grosses WP-Aggregat

Kosten	S/W		L/W	
	Investition	Jahreskosten	Investition	Jahreskosten
Grösseres Aggregat (usw.)	2'000.-	165.-	3'000.-	247.-
Längere EWS	4'085.-	202.-		
Kapital total	40'395.-	2'646.-	26'030.-	2'141.-
Betriebskosten total		817.-		1'086.-
Jahreskosten total		3'463.-		3'227.-
Differenz		11.8%		8.3%

Wie FAWA gezeigt hat, verbessert ein Regler mit Raumtemperaturkompensation die JAZ um durchschnittlich 6.5%. Die Variante 4 zeigt, dass sich der geringe Mehrpreis eines entsprechenden Reglers auch rechnet.

Table 9: Die durch den besseren Regler (Raumtemperaturkompensation) verbesserte JAZ kompensiert die zusätzliche Investition.

Variante 4: Regler mit Raumtemperaturkomp. → JAZ_{Heizen} : 6.5% besser

Kosten	S/W		L/W	
	Investition	Jahreskosten	Investition	Jahreskosten
Mehrkosten Regler	300.-	25.-	300.-	25.-
Kapital total	34'610.-	2'305.-	23'330.-	1'919.-
Betriebskosten total		775.-		1'030.-
Jahreskosten total		3'079.-		2'949.-
Differenz		-0.6%		-1.0%

In der Tabelle 10 sind die Auswirkungen der Varianten 1 bis 4 auf die Jahreskosten zusammengefasst. Dabei wurde als Ausgangssituation eine Anlage gewählt, wie sie heute häufig angetroffen wird: Mit Pufferspeicher, ohne Integration des Boilers, überdimensioniertes WP-Aggregat und Regler ohne Raumtemperaturaufschaltung. Die insbesondere energetisch/ökologisch sinnvollen Varianten 2 (Boilerintegration) und 4 (Regler mit Raumtemperaturkompensation) haben kaum einen Einfluss auf die Jahreskosten. Hingegen führt der Verzicht auf den Pufferspeicher und die Wahl eines korrekt dimensionierten Aggregats zu einer Einsparung bezüglich Jahreskosten um bis zu 20%. Eine ähnliche Reduktion ergibt sich übrigens auch bei den Investitionen.

Table 10: Gegenüber einer durchschnittlichen Anlage liegen die Jahreskosten einer energetisch und ökonomisch optimierten Anlage um bis zu 20% tiefer.

Zusammenfassung der Varianten	S/W		L/W	
		Jahreskosten		Jahreskosten
Variante 1: Kein Pufferspeicher		-10.2%		-10.6%
Variante 2: Integrierter Boiler statt Elektroboiler		2.5%		3.0%
Variante 3: Kein 35% zu grosses WP-Aggregat		-11.8%		-8.3%
Variante 4: Regler mit Raumtemperaturkomp.		-0.6%		-1.0%
Total		-20%		-17%

Franz Beyeler
Leiter Informationsstelle der
Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz
Steinerstrasse 37
CH-3000 Bern 16
www.fws.ch

Der Kunde ist König – und wird er als solcher verwöhnt?

Die neueste FAWA-Studie stellt der Wärmepumpe ein ausgezeichnetes Zeugnis aus: Die Analyse von 236 Wärmepumpen im Feld ergab eine Verfügbarkeit von 99,5 %. Entsprechend zufrieden sind auch die Käufer: Lediglich 2 % der Befragten waren mit ihrer Wärmepumpe nicht zufrieden. Die Produkte sind gut – doch damit ist es nicht getan. Bis eine Wärmepumpe zur Zufriedenheit des Käufers installiert und betrieben werden kann, müssen Fachpartner der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), Wärmepumpenhersteller, Elektrizitätswerke und weitere am Bau beteiligte Handwerker gute Leistungen erbringen – auch punkto Beratung, Bedienung und Service. Der Kunde wendet sich an einen FWS-Fachpartner und vertraut auf dessen Kompetenz. Hält der Fachpartner nicht, was sich der Kunde von ihm verspricht, kommt entweder ein anderer Betrieb zum Zuge – oder gar eine Ölheizung. Bis der Wärmepumpen-Besitzer vollumfänglich mit dem Produkt als solches und all den Beratungs- und Serviceleistungen zufrieden sein kann, gilt es für die beteiligten Partner/Lieferanten unzählige „Tests“ erfolgreich zu meistern. Erst wenn all diese Leistungen zur vollen Zufriedenheit des Wärmepumpen-Käufers erbracht wurden, kann sich dieser als König fühlen. Dafür gibt es einen Begriff: Qualitätsmanagement im Unternehmen. Wir wollen aber heute konkret bleiben. Daher sind die nachstehend aufgeführten Ausführungen aus der Optik des privaten Käufers zu verstehen.

Wohin kann sich ein Wärmepumpen-Interessent wenden?

Der Kunde will wissen, wer ihm eine Wärmepumpe verkaufen kann.

Die FWS führt auf ihrer Homepage eine Liste sämtlicher FWS-Fachpartner und muss dafür sorgen, dass die Angaben laufend aktualisiert werden. Die Fachpartner ihrerseits helfen mit, indem sie Änderungen ihrer Koordinaten der FWS bekannt geben.

Der Kunde will ernst genommen werden

Erreichbarkeit der Fachpartner ist wichtig: Wenn ein potenzieller Kunde einen Fachpartner telefonisch kontaktieren will und nach dem dritten vergeblichen Versuch enttäuscht aufgibt, verlieren beide: die (nicht installierte) Wärmepumpe und der Fachpartner, der sich ein Geschäft entgehen lässt. Kommt der Kontakt zustande, entscheidet nicht selten der erste Eindruck – auch am Telefon. Äussert sich der Fachpartner kompetent und zuvorkommend? Erfasst er die Bedürfnisse und den Wissensstand des Kunden? Bietet er ihm an, Informationsmaterial (bei der FWS umfangreich vorhanden und kostenlos zu bestellen) zu schicken? Tut er dies innerhalb nützlicher Frist? Fasst er einige Zeit später nach, um sich nach der

Entscheidung des potenziellen Käufers zu erkundigen? Das Nachfassen beinhaltet immer die Chance, Vorurteile oder Informationsdefizite eines Käufers auszuräumen.

Der Kunde will umworben werden

Wird eine Offerte verlangt, kann der Fachpartner erneut sein Verkaufsgeschick beweisen. Anstatt lauter Zahlen kann er die Vorzüge der Wärmepumpe aus Kundensicht erwähnen, ergänzt natürlich mit den nötigen Angaben für eine korrekte Offertstellung. Eine solchermaßen gestaltete Offerte kann auch erklären, warum die Wärmepumpe mehr kostet als eine Ölheizung. Und warum es sich für den Kunden trotz der Mehrkosten lohnt. Selbstverständlich erwartet der Kunde die Offerte zum vereinbarten Zeitpunkt. Trifft sie nicht oder mit Verspätung ein, entgeht dem Fachpartner möglicherweise ein Geschäft. Schade!

Der Kunde will individuell informiert werden

Auch hier gilt: Weniger ist manchmal mehr. Nicht jeder Kunde interessiert sich für die technischen Details betreffend Vor- und Rücklauf, Kältemittel usw. Für den Nutzen, den ihnen die Wärmepumpe bringt, interessieren sich jedoch die meisten: Einfaches Handling, Platz sparend, wartungsarm, emissionsfrei, umweltfreundlich usw. Es lohnt sich für den Fachpartner, herauszuspüren, wo er welchen Kunden „abholen“ kann. Das bedingt natürlich, dass der Fachpartner nicht nur über die Technik, sondern auch über den Kundennutzen der Wärmepumpe bestens Bescheid weiss und entsprechend argumentieren kann.

Der Kunde will kompetent und verständlich beraten werden

Man hört und liest so allerhand über Wärmepumpen. Umso mehr ist es Sache des Fachpartners, den Kunden bedürfnisgerecht zu informieren. Welche Wärmepumpe eignet sich optimal für welchen Zweck? Wie funktioniert die Wärmepumpe? Nicht jede/r Hausbesitzer/in kennt sich in technischen Dingen gut aus. Die FWS stellt Unterlagen zur Verfügung, in denen die Funktionsweise der Wärmepumpe und weitere wichtige Tatsachen leicht verständlich dargestellt sind. Hat der Kunde keine bestimmte Vorstellung hinsichtlich Produktwahl, präsentiert ihm der Fachpartner die Möglichkeiten und argumentiert entsprechend.

Der Kunde will saubere und engagierte Arbeit – vom Anfang bis zum Schluss

Statt einfach eine Auftragsbestätigung zu schicken, bedankt sich der Fachpartner telefonisch oder schriftlich für den Auftrag. Er kommuniziert Sonderkonditionen und Mehrkosten klar, verständlich und angemessen. Er hält Liefer- und Installationstermine ein und informiert den Kunden frühzeitig über allfällige Änderungen oder Verzögerungen. Und sollte es wider Erwarten Probleme beim Betrieb geben, ist der Fachpartner zur Stelle.

Der Kunde, sprich König, will umworben sein

Der engagierte und professionell arbeitende FWS-Fachpartner erkundigt sich vor Ablauf der Garantiefrist beim Kunden bezüglich Zufriedenheit, eventuelle Mängel und informiert ihn gleichzeitig über Neuigkeiten aus seinem Betrieb oder Anpassungen der Strompreise

usw. Nur ein umworbener und gepflegter Kunde wird seine Lieferanten weiterempfehlen.
Das Ziel muss sein, mindestens ein Mal pro Jahr die privaten Kunden zu kontaktieren.



Bild: Nur ein umworbener und gepflegter Kunde wird den Lieferanten seiner Wärmepumpenanlage weiterempfehlen.
(Fotos: FWS)

Franz Beyeler
Centre d'information de Berne du groupement promotionnel suisse
des pompes à chaleur
Steinerstrasse 37
CH-3000 Bern 16
www.pac.ch

Le client est roi? On lui doit bien ça!

Les résultats du projet ANIS sont autant de preuves éclatantes: l'analyse de 236 pompes à chaleur in situ démontre un taux de disponibilité de 99,5%. Logiquement, les propriétaires sont satisfaits: seuls 2% des personnes interrogées n'étaient pas satisfaits de leur pompe à chaleur. Les produits sont bons mais cela n'est pas tout. Jusqu'à l'installation et l'exploitation d'une pompe à chaleur à la satisfaction du client, tous les professionnels concernés – membres du GSP - doivent agir de concert et avec compétence. Fabricants, installateurs, électriciens et tous les artisans impliqués sur le chantier doivent donner le meilleur d'eux-mêmes, également sur le plan du conseil, du service à la clientèle et du service après-vente. Le client qui s'adresse à un partenaire du GSP lui fait confiance. Qu'il soit déçu et le client choisit une autre PAC ou dans le pire des cas, installe une chaudière. Pour satisfaire toutes les exigences et attentes du client, le partenaire/fournisseur devra maîtriser toute une série de phases critiques qui seront autant de tests. Lorsque tous seront passés avec succès, le client se sentira un client unique, le roi. Nous retrouvons la notion de gestion de l'assurance-qualité par les entreprises. Dans ce qui suit, nous resterons à un niveau pratique plus concret en nous mettant dans la peau du client.

Où peut s'adresser une personne intéressée?

Le client veut savoir, qui pourra lui vendre correctement une pompe à chaleur.

Le GSP tient à jour sur son site internet les listes des partenaires professionnels. Ils lui communiquent tout changement de coordonnées.

Le client veut être pris au sérieux

Le partenaire doit être atteignable facilement. Si un client veut prendre contact et abandonne après trois essais infructueux, la perte est double: la pompe à chaleur ne sera pas installée et le partenaire a perdu une affaire. Si le contact est établi, il n'est pas rare que la première impression – même au téléphone – soit primordiale. Le partenaire est-il compétent et poli? Cherche-t-il à connaître les besoins du client? Propose-t-il de lui envoyer des informations (le GSP met à disposition gratuitement toute une gamme de produits) ? Le fait-il dans un délai raisonnable ? Rappelle-t-il le client quelques jours après pour s'enquérir des intentions du client potentiel ? C'est aussi l'occasion de dissiper des préjugés ou des malentendus.

Le client veut être conquis

Si une offre est demandée, c'est l'occasion de prouver ses talents de vendeur. Plutôt que des chiffres et des codes et des chiffres, le partenaire peut rappeler les avantages d'une pompe à chaleur du point de vue du client. Ensuite bien sûr suit l'offre en bonne et due forme. Elle peut aussi contenir un paragraphe qui explique pourquoi la pompe à chaleur coûte plus cher à l'investissement qu'une chaudière au mazout, pourquoi il vaut tout de même la peine de la choisir. Naturellement, le client attend son offre dans le délai convenu. Si elle arrive en retard, l'affaire est sûrement perdue. Dommage!

Le client veut un conseil individualisé

Là aussi: peu c'est parfois plus. Les clients ne s'intéressent pas tous pour les détails techniques sur les températures de départ et de retour, le réfrigérant, etc. Ils s'intéressent plutôt à l'usage et aux avantages qu'il en tireront: utilisation facile, économie de place, très peu de maintenance, pas d'émissions polluantes, respect de l'environnement, etc. Il vaut la peine de sentir sur quel plan capter l'attention et l'intérêt du client. Cela implique la connaissance parfaite non seulement de la technique mais aussi des avantages exprimés dans le langage du profane.

Le client veut un conseil compétent et compréhensible

On entend beaucoup parler de la pompe à chaleur. C'est donc d'autant plus la tâche du partenaire d'informer le client ce manière sélective et ciblée. Quelle pompe à chaleur dans quel cas? Comment fonctionne une PAC? Les clients ne sont pas tous doués en technique ni même intéressés. Le GSP dispose des informations appropriées pour chacun. Si le client ne s'est pas fixé sur un produit particulier, le partenaire lui présentera l'éventail des possibilités et argumentera en conséquence.

Le client veut un travail propre et sérieux – du début à la fin

Au lieu d'envoyer sèchement une confirmation de contrat, le partenaire remercie d'abord par téléphone ou par écrit. Il communique de manière claire les conditions spéciales et les coûts non inclus dans l'offre, de manière raisonnable. Il respecte les délais de livraison et d'installation et informe le client à temps de changements ou retards éventuels. Et si des problèmes surviennent à la mise en service, le partenaire répond présent.

Le client, le roi, veut être soigné

Le partenaire GSP professionnel et engagé se renseigne avant l'échéance de la garantie si le client est satisfait, s'il y a des défauts et l'informe des nouveautés dans son entreprise et ses produits, des nouveaux tarifs électriques, etc. Seul un client soigné recommandera son fournisseur à d'autres. L'objectif est de contacter chaque client une fois par an au moins.

Marc Johanns
Dipl. Ingenieur HTL / HLK
Mitglied der Geschäftsleitung
Widmer + Co. AG
Dorfstrasse 141
CH-8802 Kilchberg ZH
johanns@widmer-heizung.ch
www.widmer-heizung.ch

Der Installateur als Systemwähler

Zusammenfassung

Ich erachte die FAWA-Studie als wertvolles Instrument für den Installateur. Die richtige Auslegung des Systems und der Komponenten basiert nicht mehr auf Vermutungen, sondern auf nachvollziehbaren Zahlen und Fakten. Die Studie beweist, dass der Bau von Wärmepumpenanlagen nicht komplizierter ist als die Planung einer Öl- oder Gasheizung. Der Wärmepumpenverkäufer kann mit Hilfe der FAWA-Studie Anlagen mit optimalen Betriebskosten und günstigen Investitionskosten bauen. Der FAWA-Bericht ist für den Laien verständlich und liefert dem Planer und Ingenieur die notwendige Nachvollziehbarkeit. Verstehen Sie den Bericht nicht als Vorschrift, sondern als Empfehlung für den Bau von effizienten und störungsarmen Wärmepumpen.

L'installateur détermine le système

Je considère l'étude ANIS comme un instrument précieux pour l'installateur. La conception du système et le choix judicieux de ses composants ne se base plus sur des habitudes ou des approximations mais sur des chiffres et des faits clairement établis et compréhensibles. ANIS démontre que l'installation de pompes à chaleur n'est pas plus sorcier que de placer des chaudières à gaz ou à mazout. Le vendeur peut à l'aide des conclusions d'ANIS réaliser des installations à des coûts d'investissement et d'exploitation optimaux. Le rapport final d'ANIS est de lecture facile et fournit à l'installateur, au fabricant comme à l'ingénieur toutes les explications nécessaires. Il serait cependant faux d'interpréter les conclusions du rapport ANIS comme des prescriptions. Ce sont des recommandations qui, alliées à votre expérience, vous permettront de réaliser des installations efficaces, bon marché et fiable.

Einleitung

Die meisten grossen Taten, die meisten grossen Gedanken haben einen belächelnswerten Anfang.

Albert Camus [1]

Der Installateur ist ein Systemwähler: Als Verkäufer, Planer und Installateur einer Anlage trägt er mit der richtigen Systemwahl gegenüber dem Bauherrn eine grosse Verantwortung. Ich wurde als Gastreferent gebeten, mich zur FAWA-Studie frei und kritisch zu äussern. In meinem Vortrag gehe ich auf die konkreten Nutzen des Berichts für den Installateur ein und erläutere die daraus resultierenden Argumente für eine optimale Systemwahl.

Wie bereits erwähnt, wurde die FAWA-Studie 1996 lanciert. Als FWS-Fachpartner und langjähriger Wärmepumpen-Installateur wurde das Unternehmen, in dem ich tätig bin, seither mehrmals angefragt, ob in unserem Betrieb potenzielle Wärmepumpen-Projekte für die Aufnahme in die FAWA-Studie zur Verfügung stehen. Ich möchte hier aber betonen, dass ich selbst zu keinem Zeitpunkt und auf keine Art und Weise in die Studie involviert war.

An dieser Stelle möchte ich anfügen, dass sich meine Ausführungen auf die Gegebenheiten im Grossraum Zürich beziehen. Auf die Energiegesetze anderer Kantone oder unterschiedliche Installationsvorschriften (z.B. Elektrizitätswerke) werde ich nicht eingehen.

Systemgrenzen: Umgebung, Heizungssystem, Mensch

Als Installateur einer Wärmepumpenheizung betrachte ich die Systemgrenzen integral: Das Wärmepumpensystem ist das Bindeglied zwischen der Wärmequelle - sprich der Umgebung des Bauprojektes - und dem geschützten Lebensraum im Innern des Gebäudes. Die Situation der Umgebung ist für den Installateur als gegeben zu betrachten. Im Inneren des Gebäudes stehen die Interessen der Bewohner im Vordergrund. Die Bedürfnisse und Ansprüche an die Systemwahl sind gemeinsam mit der Bauherrschaft zu definieren. Die Interessen der Bauherren würde ich dabei wie folgt zusammenfassen:

- Identifikation mit dem Energieträger
- Optimale Behaglichkeit (Wahl des Wärmeabgabesystems)
- Optimale Investitionskosten
- Tiefe Betriebs- und Unterhaltskosten
- Störungsfreier Betrieb
- Technik.

Erlauben Sie mir eine Zwischenbemerkung: Die Rangfolge erachte ich als Querschnitt über die uns zugetragenen Kundenbedürfnisse. Die ersten beiden Punkte sind in den meisten Fällen beim Erstkontakt zwischen dem Kunden und dem Installateur bereits vordefiniert.

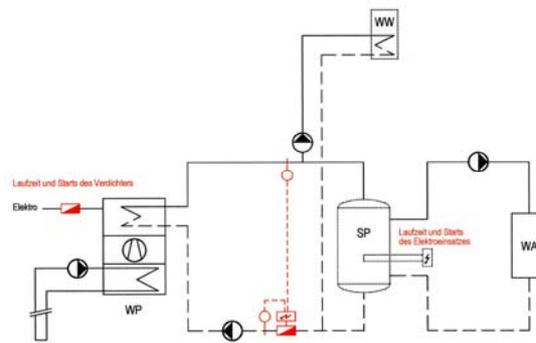
Umgebung**Mensch**

Bild 1: FAWA Messschema.

Somit gehen die Systemgrenzen weiter als auf dem Bild 1. Mit anderen Worten: Der qualifizierte Installateur betrachtet den zukünftigen Anwender der Heizungsanlage, den Menschen, als Systemgrenze. Somit lassen sich aus der Sicht des Installateurs die Systemgrenzen von gegebener Umgebung bis zum Individuum im Hausinnern erweitern.

Bei der Vorbereitung dieses Referates hatte ich unter anderem auch Kontakt mit dem Bundesamt für Energie. Gespräche mit dem Projektverantwortlichen, Fabrice Rognon, haben meine eigenen Erfahrungen aus der Praxis bestätigt: Bei jeder Systemwahl hat der Mensch als zukünftiger Nutzer im Vordergrund zu stehen. In der Praxis ist es leider oft so, dass die Technik über die Bedürfnisse der Anwender gestellt wird. Dabei bietet die Technik genügend Möglichkeiten, die Bedürfnisse der Nutzer optimal abzudecken. Es liegt an uns, den technischen Spielraum auszunutzen.

Fussbodenheizung: Optimale Behaglichkeit?

In der FAWA-Studie unterscheiden sich Sanierungsobjekte und Neubauten bezüglich der Art des Abgabesystems sehr deutlich: Neubauten weisen in 92% der Fälle eine Fussbodenheizung auf, die teilweise durch Radiatoren ergänzt wird. In Sanierungsobjekten liegt der Anteil der Fussbodenheizungssysteme bei 53%.

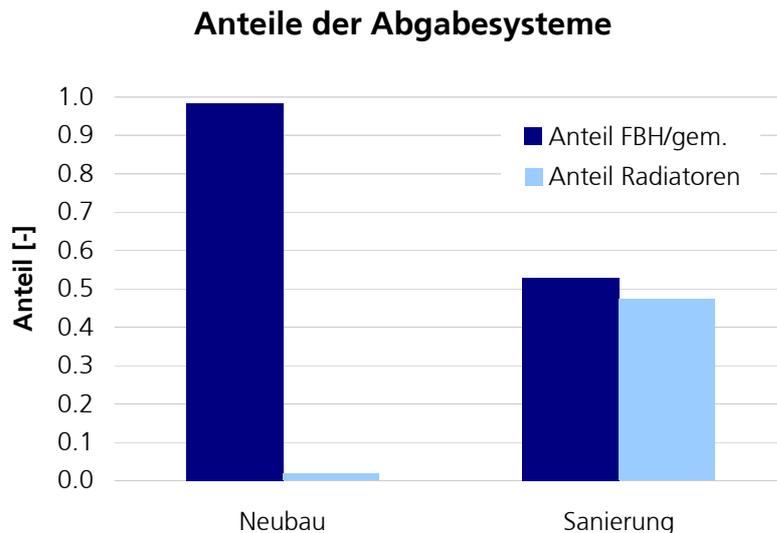


Bild 2 : Neubauten weisen fast ausschliesslich Fussbodenheizungen oder gemischte Systeme auf, wobei in Sanierungsobjekten in knapp der Hälfte der Fälle eine reine Radiatorenheizung vorhanden ist.

Hier möchte ich kurz auf das Thema „Fussbodenheizung“ eingehen. Als Installateur von Fussbodenheizungen erleben wir vor allem am Anfang der Heizperiode immer wieder dieselben Serviceeinsätze. Ein Kunde ruft an und meldet, dass die Heizung nicht funktioniere. Der Servicemonteur stellt aber fest, dass die Heizung einwandfrei arbeitet. Die Raumtemperatur liegt zwischen 22°C und 24°C. Was ist passiert? Dem Kunden ist es nicht behaglich; er empfindet die Bodentemperatur als ungenügend: „Jetzt habe ich eine Bodenheizung, aber der Boden ist trotzdem kalt!“ Wir stellen leider immer wieder fest, dass der Kunde falsche Vorstellungen einer Bodenheizung hat.

Früher mussten Gebäude aufgrund mangelnder Isolierung viel stärker beheizt werden. In älteren Gebäuden war die Oberflächentemperatur des Bodens dementsprechend höher, was als angenehm warm empfunden wurde. Bei heutigem Baustandard mit sehr guten Wärmedämmungen genügen schon tiefe Oberflächentemperaturen, um den Raum auf angenehme Temperaturen zu heizen. Der Grossteil unserer Kunden wünscht eine Raumtemperatur von 22°C bis 24°C. Auslegungsbedingungen (SIA 20°C) und effektive Betriebsbedingungen gehen an dieser Stelle klar auseinander.

Zum Beheizen der Räume genügen in der Regel Oberflächentemperaturen von 2 bis 4 Grad über der Raumtemperatur bei einer Aussentemperatur von minus 8°C. Das bedeutet bei einer Raumtemperatur von 22°C eine Oberflächentemperaturen von 24°C bis 26°C bei der tiefsten Aussentemperatur (Auslegungspunkt. Wärmeerzeugung und -abgabe).

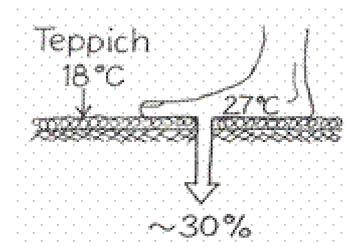
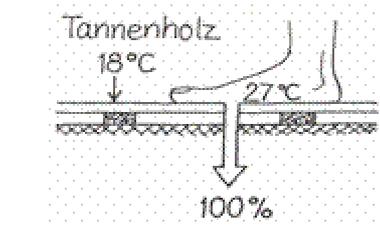
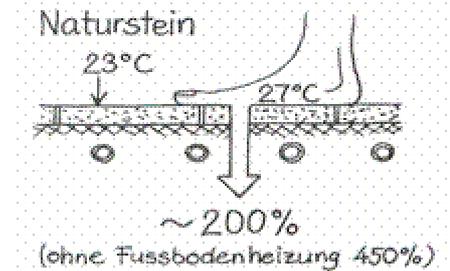
Die behaglich notwendigen Oberflächentemperaturen barfuss ohne Socken betragen bei

- Marmor Steinzeug rund 32°C
- Parkett, Linol rund 27°C
- Teppich rund 18°C

Mit Socken

- Marmor Steinzeug rund 25°C
- Parkett, Linol rund 20°C
- Teppich rund 16°C.

Bild 3: Wir empfinden Oberflächentemperaturen bei direkter Berührung als kalt, wenn der Baustoff viel Wärme ableitet und als warm, wenn er wenig Wärme ableitet. Massgebend sind die Temperaturunterschiede an der Kontaktstelle, die Dauer des Kontakts und die Bauteileigenschaften. [2]



Mit steigender Aussentemperatur sinkt die notwendige Oberflächentemperatur zum beheizen der Räume. Bei der mittleren Aussentemperatur von 4°C (bezogen auf die Heizperiode) betragen die notwendigen Oberflächentemperaturen noch 23 bis 24°C. Wir liegen also mit Socken bei Bodenbelägen aus Marmor oder Steinzeug fast die ganze Heizperiode unter der Behaglichkeitsgrenze. Ohne Socken sind wir immer deutlich unter der Grenze.

FAZIT

Die Bodenheizung dient NICHT zum behaglichen Erwärmen der Bodenoberflächentemperatur, sondern zum behaglichen Erwärmen der Raumtemperatur.

Architekt und Installateur sollten grundsätzlich bei der Projektierung auf diesen Punkt aufmerksam machen. Schöne und zum Teil auch teure Marmor- und Steinzeug-Beläge machen dann trotzdem Freude und der Bauherr ist sensibilisiert.

Geben Sie bereits in der Projektierungsphase ein Merkblatt ab. Der Bauherr wird Sie als kompetenten Partner ansehen und froh sein über Ihre Hinweise.

Die Bodenheizung ist gut, wenn die Funktion richtig verkauft und auch verstanden wird.

Merkblatt Fussbodenheizung für Eigentümer und Mieter unter:

www.widmer-heizung.ch/html/download.htm

Erdwärmesonden: Qualitätskontrolle und Verantwortlichkeit

Bei der Sondenauslegung stossen wir an die Systemgrenze Umgebung. Als Lieferant eines Wärmepumpensystems will der Kunde vom Installateur eine Gesamtanlage inklusive Sondenbohrung. Aus der Sicht des Kunden ist dies nachvollziehbar, aus der Sicht des Installateurs aber zum Teil mit Unannehmlichkeiten verbunden. Immer wieder führen Punkte wie diese zu Diskussionen:

- Ruhestörung bei Bohrungen über die Mittagszeit
- Zuständigkeit und Verantwortlichkeit für befahrbares Terrain, Land- oder Strassenschäden
- Folgekosten bei Verunreinigung der Baugrube, Strasse oder Umgebung mit Bohrschlamm
- Kontrolle der wirklich gebohrten Sonde und fachmännisches Füllen des Bohrringraumes mit Betonit
- und so weiter.

Als Haustechniker wird der Installateur mit baulichen Aufgaben konfrontiert, die hohe Fachkompetenz erfordern. Der Heizungsunternehmer steht dabei zwischen Bauherr und Bauleitung sowie Bohrunternehmer.

Wenn ich die Wertschöpfung aus einer Erdsonde kritisch betrachte und die Risiken und Garantien gegenüberstelle, dann regt das doch zum Nachdenken an. Der Auftrag sollte zumindest ohne nachträgliche Unannehmlichkeiten vonstatten gehen – zumal das Verkaufen einer Sonde für den Heizungsunternehmer im aktuellen Markt nicht wirklich kostendeckend ist.

Unser Betrieb gibt jährlich zwischen 3'000 und 6'000 Meter Erdsonden-Bohrungen in Auftrag. Der Bohrunternehmer fungiert dabei immer als Subunternehmer. Seitens Planer/Installateur wie auch seitens Bohrunternehmer bedarf es bei den Erdsondenbohrungen in Zukunft mehr Sensibilität.

Die grossen Streuungen bei den Erdsondenanlagen, die der FAWA-Bericht zu Tage gebracht hat, lassen klar den Schluss zu, dass bei der Qualitätskontrolle und in der korrekten Auslegung ein grosses Potenzial liegt. Hierzu noch einige Anregungen aus Installateur-Sicht:

Es sollten einheitliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, die den Heizungs-Unternehmer besser schützen. Ein einfaches Tool zur Auslegung der Sonde oder zur Plausibilitäts-Kontrolle sollte dem Installateur zur Verfügung gestellt werden.

Ob ein Bohrunternehmer der richtige Partner für die Auslegung der Sonde ist, bleibt zu diskutieren. Konkurrenzdenken unter den Bohrunternehmern könnte zu immer kürzeren Sonden führen. Die Lösung kann meiner Meinung nach nicht darin liegen, dass die alleinige Verantwortung für die korrekte Auslegung dem Bohrunternehmer übertragen wird.

Der Bohrunternehmer bringt sein Know-how im Bereich Geologie ein. Der Installateur kennt die Daten des Wärmeleistungsbedarfes für Heizung und Warmwasser sowie die

Kälteleistung der Wärmepumpe. Kein Bohrunternehmer kennt den wirklichen Untergrund vor der Bohrung. Er wird in der Regel lediglich sagen können, was zu erwarten ist.

Der Ansatz der FAWA-Studie, dass Bohrfirmen nicht primär Erdsonden liefern, sondern eine thermische Leistung erbringen, erachte ich als einen möglichen Weg. Für den einfachen Installateur wird es aber schwierig sein, die richtige Auslegung zu kontrollieren oder unterschiedliche Bohrofferten und deren Auslegungsansätze zu hinterfragen. Ein einheitliches Auslegungstool könnte Abhilfe schaffen. In diesem Tool liesse sich zugleich die maximale empfohlene Sondenpumpen-Aufnahmeleistung ausweisen. Ob ein solches Tool nun im Verantwortungsbereich des Installateurs oder der Bohrfirma liegt – dies gilt es zu prüfen.

FAZIT **Dem Installateur sollte ein einfaches Tool zur Auslegung der Sonde zur Verfügung stehen.**

Ein einheitliches Merkblatt, welches vor der Bohrung von allen Vertragsparteien gegen gezeichnet wird, sollte nachträgliche Unannehmlichkeiten auf ein Minimum reduzieren und die Verantwortungen klar abgrenzen.

Bauaustrocknung: Professionelle Lösungen

Immer wieder werden Installateure mit der Bitte oder der Aufforderung konfrontiert, mit der Wärmepumpe die Bauaustrocknung durchzuführen. Dabei ist allgemein bekannt, dass eine Bauaustrocknung über einen längeren Zeitraum sehr hohen Energiebedarf fordert. Der übermäßige Wärmequellen-Bezug kann die Anlage bereits vor der Übergabe an die Bauherrschaft schädigen. Der Bauherr wird es in den meisten Fällen wohl nicht merken, aber als kompetenter Wärmepumpen-Installateur ist es unsere Pflicht, die Bauleitung oder Bauherrschaft auf mögliche Folgeschäden aufmerksam zu machen. In der Regel stossen wir hier auf offene Ohren.

Im Einfamilienhausbereich verwenden wir für die Bauaustrocknung mobile kleine Durchlauferhitzer. Ein entsprechender Nachtrag wird bei der Erläuterung der Gründe gegen die Bauaustrocknung mit der Wärmepumpe fast immer akzeptiert. Es kann ja nicht sein, dass eine Sonde mit einer Abschreibungsdauer von 30 Jahren vor dem ersten Betriebsjahr beschädigt wird oder die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Baustaub dermassen belastet wird, dass die Investition vor der Übergabe an Wert und Nutzen verliert. Mir wurde schon zugezogen, dass Anlagen nach dem ersten Betriebsjahr aufgrund der Bauaustrocknung saniert werden mussten – schade und nicht sehr kompetent!

Ich möchte hier noch anfügen, dass unser Unternehmen grundsätzlich keine elektrischen Zusatzheizungen fest installiert. Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass eine monovalente Wärmepumpenanlage ohne Probleme während des ganzen Winters ausreicht. Elektrische

Zusatzheizungen sind aus meiner Sicht nicht notwendig. Im Gegenteil: Eine falsche Manipulation kann dazu führen, dass unbemerkt mit der elektrischen Zusatzheizung direkt geheizt wird.

Qualitätssicherung: Inbetriebsetzung und Instruktion

Jede Anlage ist schlussendlich nur so gut wie die entsprechende Inbetriebsetzung und Instruktion. Es geht aus der Studie klar hervor, dass in vielen Fällen falsch eingestellte Heizkurven durch Einzelraumregulierungen kompensiert werden. Der Betreiber wird es nicht bemerken, dass der Betrieb nicht optimal ist.

An dieser Stelle sehe ich Handlungsbedarf bei den Installateuren. Im Interesse der Bauherrschaft sollte im ersten Betriebsjahr eine Nachkontrolle durchgeführt werden. Ein Aufwand von 2 bis 4 Stunden wirkt sich über die Lebensdauer der Gesamtanlage positiv aus. Die Vorteile einer Nachkontrolle liegen auf der Hand und können bereits beim Verkauf einer Wärmepumpe als Argument eingesetzt werden.

Während der Übergangszeit und bei tiefen Aussentemperaturen sollten über mehrere Tage sämtliche Einzelraumregulierungen aufs Maximum gestellt werden. Die Heizkurve kann somit für den ungünstigen Raum optimal eingestellt werden.

Zu hoch eingestellte Heizkurven gehören dank dieser Nachkontrolle der Vergangenheit an. Der Eigentümer setzt sich zudem intensiver mit seiner Anlage auseinander und versteht deren Bedienung besser. Beachten Sie, dass in gewissen Fällen in den ersten ein, zwei Jahren der Wärmeleistungsbedarf aufgrund von Baufeuchtigkeit höher ausfällt. Die Wiederholung der Heizkurven-Optimierung kann in den weiteren Betriebsjahren durch den Bauherrn wiederholt oder vom Wärmepumpen-Installateur als Serviceleistung erbracht werden.

Resultat: Zuverlässiger Betrieb

Aus der FAWA-Studie geht aus meiner Sicht klar hervor: Je einfacher, umso effizienter. Oder: Weniger ist mehr. Um gemäss FAWA-Studie eine möglichst energieeffiziente Anlage zu bauen, bedarf es wenig Technik. Für den Betreiber liegen die Vorteile logischerweise in optimierten Investitions- und Betriebskosten sowie geringer Störungsanfälligkeit.

FAWA bestätigt dies: Die Störanfälligkeit liegt sehr tief bzw. die Verfügbarkeit ist sehr hoch. Die bei der FAWA untersuchten Anlagen weisen bis Mitte 2003 eine akkumulierte Laufzeit von 1.3 Mio. Stunden auf. In dieser Zeit lag während 6'500 Stunden eine Störung vor. Daraus ergibt sich eine mittlere Verfügbarkeit aller Anlagen von 99.5%.

Es muss bei diesen Zahlen berücksichtigt werden, dass das mittlere Anlagenalter zurzeit bei 3.8 Jahren liegt. Da Störungen häufig in den ersten Monaten auftreten, kann angenommen werden, dass die Verhältnisse über die gesamte Anlagenlebensdauer eher besser sind als hier dargestellt.

Die Verfügbarkeit ist bei allen Anlagentypen hoch. Leichte Unterschiede können auch zwischen einfachen und eher komplexen Anlagentypen gefunden werden. Dies entspricht unserer Erfahrung als Installationsfirma: einfache bedeuten wenige Service-Einsätze.

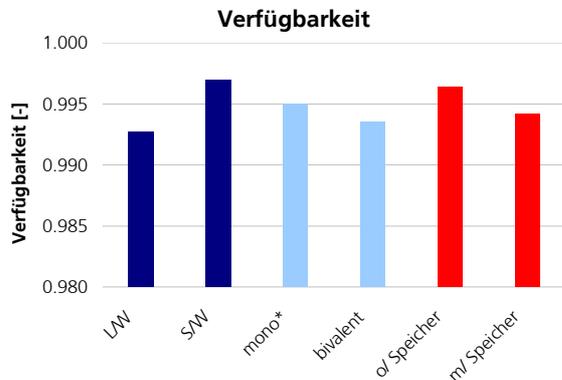


Bild 3: Verfügbarkeit in Abhängigkeit des Systems.

Zu vermerken ist, dass auch Fehlbedienungen häufig zu Störungen führen. Diese Störungen stehen wohl häufig auch mit den Reglern in Zusammenhang, da diese für den Laien häufig kaum zu verstehen sind. Daher die Wichtigkeit der vorher erklärten Inbetriebsetzung und Instruktion.

FAZIT

Einfache Anlagekonzepte wirken sich positiv aus auf:

- **Investitionskosten**
- **Betriebskosten**
- **Bedienerfreundlichkeit**
- **Platzbedarf**
- **Störungsanfälligkeit**
- **Behaglichkeit**

**UND SIND FUNDIERTE VERKAUFSARGUMENTE FÜR
DEN INSTALLATEUR.**

**Der Bau eines Wärmepumpen-Systems ist sehr einfach und für den
Heizungs-Installateur attraktiv.**

Schlusswort

Ich erachte die FAWA-Studie als wertvolles Instrument für den Installateur. Die richtige Auslegung des Systems und der Komponenten basiert nicht mehr auf Vermutungen, sondern auf nachvollziehbaren Zahlen und Fakten. Die Studie beweist, dass der Bau von Wärmepumpenanlagen nicht komplizierter ist als die Planung einer Öl- oder Gasheizung. Der Wärmepumpenverkäufer kann mit Hilfe der FAWA-Studie Anlagen mit optimalen Betriebskosten und günstigen Investitionskosten bauen. Der FAWA-Bericht ist für den Laien verständlich und liefert dem Planer und Ingenieur die notwendige Nachvollziehbarkeit. Verstehen Sie den Bericht nicht als Vorschrift, sondern als Empfehlung für den Bau von effizienten und störungsarmen Wärmepumpen.

Es ist mir an dieser Stelle ein Anliegen, dass die Erkenntnisse möglichst rasch in der Aus- und Weiterbildung umgesetzt werden. Nutzen Sie zum Beispiel die Ausbildungsmodule des vom Bundesamt für Energie lancierten neuen Penta Projects. [3]

In diesem Sinne möchte ich mein Referat mit dem eingangs aufgeführten Zitat beenden:

Die meisten grossen Taten, die meisten grossen Gedanken haben einen belächelnswerten Anfang.

Sollten Sie in den Referaten belächelnswerte Punkte gehört haben, schreiten Sie trotzdem zu grossen Taten, entwickeln Sie grosse Gedanken und investieren Sie in die Zukunft der Wärmepumpentechnologie.

Quellen

- [1] Camus, Albert (Frankreich, 7.11.1913 bis 4.1.1960)
Schriftsteller, Philosoph, 1951: "L'homme révolté - Der Mensch in der Revolution" erscheint und wird zum meist diskutierten Buch seiner Zeit,
Nobelpreis für Literatur 1957.
- [2] Hochschule für Technik und Architektur Luzern
- [3] Auszug aus der Modul Ausschreibung www.pentaproject.ch

M21



«Umweltenergie» Wärmepumpenpraxis

Handlungskompetenz:

Die Teilnehmenden sind in der Lage für Wärmepumpenanlagen in Kleinobjekten Einsatzmöglichkeiten zu erkennen, die notwendigen Daten vor Ort zu erfassen sowie eine Anlage korrekt zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

Voraussetzung:

Fähigkeitszeugnis der Haustechnikbranche oder gleichwertige Ausbildung

Der Modulabschluss wird als Teilabschluss des Zertifikates PENTA PROJECT anerkannt.

Abkürzungsverzeichnis

Die im Bereich Wärmepumpe meist gebrauchten Abkürzungen sind nachfolgend alphabetisch aufgelistet:

AZ	Arbeitszahl (COP über eine bestimmte Messdauer)
BFE	Bundesamt für Energie
BWW	Brauchwarmwasser (gleich wie WW)
COP	Coefficient of performance (instantaner Wert)
eff.	effektiv
EFH	Einfamilienhaus
El. oder el.	Elektrisch
FAWA	Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen
FWS	Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz
HPP	Heat Pump Program (Wärmepumpenprogramm)
Hzg	Heizung
IEA	Internationale Energie-Agentur
JAZ	Jahresarbeitszahl (AZ über ein Jahr oder eine Heizperiode gemessen)
L/W	Luft/Wasser
LZ	Leistungsziffer, siehe AZ
Min.	Minimum
Max.	Maximum
S/W	Sole/Wasser
SP	Technischer Speicher
Temp.	Temperatur
th	thermisch
VL	Vorlauf
WA	Wärmeabgabe (meist Radiatoren oder Fussbodenheizung)
WP	Wärmepumpe
WPZ	Wärmepumpentest- und Ausbildungszentrum
WW	Warmwasser (gleich wie BWW)

Nützliche Adressen

Bereichsleitung Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung und Kälte:

Bundesamt für Energie
Fabrice Rognon
Postfach
CH-3003 Bern
Tel. 031 322 47 56
fabrice.rognon@bfe.admin.ch

www.admin.ch/bfe oder www.energie-schweiz.ch: Alles über das Bundesamt für Energie und EnergieSchweiz

www.waermepumpe.ch: Seiten des Bereiches, Infos über Forschung und Entwicklung, Pilot- und Demonstrationsprojekte, Ökologie, inkl. Berichtbestellungen

Programmleitung Forschung und Entwicklung:

Prof. Dr. Thomas Kopp
Fachhochschule Rapperswil HSR
Oberseestrasse 10
CH-8640 Rapperswil
Tel. 055 222 49 23
tkopp@hsr.ch

Programmleitung Pilot- und Demonstrationsprojekte:

Prof. Dr. Max Ehrbar
Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB
Werdenbergstrasse 4
CH-9470 Buchs
Tel. 081 755 33 96
ehrbar@ntb.ch

www.waermepumpe.ch/fe: alles um die Wärmepumpen-Forschung des BFE

www.energieforschung.ch: ENET – die Vertriebsstelle des BFE für Forschungsberichte.