

Peter Hubacher, Hubacher Engineering, 9032 Engelburg
Ressortleiter QS, Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS
peter.hubacher@fws.ch

„Feldkontrollen von nicht WP-S-M Wärme- pumpenanlagen und fossilen Feuerungen“

Zusammenfassung

Dieses BFE-Projekt soll zeigen, wie die Anlagen im Durchschnitt verbaut werden und was für Schwachpunkte es gibt, die in Zukunft verbessert oder vermieden werden können. Es wurden insgesamt 106 Anlagen besucht und kontrolliert. Davon waren 75 Wärmepumpenanlagen und 31 Öl- oder Gasfeuerungsanlagen, die in vier Regionen der Schweiz (Ostschweiz, Mittelland, Westschweiz und Tessin) stehen, in diese Untersuchung einbezogen worden.

Die Untersuchung zeigt klar auf, dass die Qualität der Anlagen nicht optimal ist. Es gibt Schwerpunkte, die man verändern muss, um die Anlagen effizienter zu machen. Dies ist einerseits im Interesse der Anlagenbesitzer, die günstige Betriebskosten erwarten, aber andererseits ist die Effizienzsteigerung von Wärmepumpen, aber auch fossilen Anlagen, im öffentlichen Interesse, da der Stromkonsum günstiger ausfällt und der CO₂-Ausstoss (Klimaerwärmung) reduziert wird.

Wie aus der Analyse hervorgeht, können die meisten Mängel relativ einfach behoben, resp. vermieden werden. Sämtliche hydraulischen Mängel können bei der Montage ohne zusätzlichen Aufwand erfüllt werden und alle regeltechnischen und betrieblichen Mängel sind durch die optimalere Einstellung und Einregulierung sogar nachträglich zu erfüllen.

Résumé

Ce projet de l'OFEN vise à montrer comment les systèmes sont installés et quelles en sont les faiblesses afin de pouvoir, à l'avenir, les améliorer et même les éviter. Au total, 106 installations ont été visitées et contrôlées dont 75 équipées de pompes à chaleur et 31 avec des chaudières à gaz ou à mazout. Ces contrôles ont été effectués dans quatre régions de la Suisse dont la partie Est de la Suisse allemande, la Suisse romande ainsi que le Tessin.

L'étude révèle clairement que la qualité des installations de chauffage n'est pas optimale. Il y a des points essentiels à respecter afin de rendre les installations plus performantes. Ceci dans l'intérêt du client final qui attend des coûts d'exploitation aussi faible que possible. L'efficacité des pompes à chaleur mais aussi des installations utilisant des combustibles fossiles doit également être maximisée dans un intérêt public, afin de réduire la consommation globale d'électricité mais aussi les émissions de CO₂ dans le but de limiter le réchauffement climatique.

Comme on peut le constater au travers de l'analyse, la plupart des défauts peuvent être relativement facilement corrigés ou évités. Les défauts hydrauliques peuvent être résolus lors de l'installation sans effort supplémentaire et toutes les lacunes techniques et opérationnelles régulières doivent être écartées par des réglages optimaux et adapté, même effectués ultérieurement.

1. Ausgangslage

Die Feldkontrollen dienen auch zur Verifikation des Effizienzsteigerungspotenzials und zur Untermauerung des CO₂-Emissionsreduktionspotenzials bei Wärmeerzeugungsanlagen, welches im Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie vom Januar 2016 „Potenzialabschätzung von Massnahmen im Bereich der Gebäudetechnik“ beschrieben ist.

Im Weiteren gibt das vorliegende Projekt Aufschluss zu den Aussagen des Berichtes, welcher ebenfalls vom Bundesamt für Energie in Auftrag gegeben wurde „Instrumente zur Umsetzung von Effizienzmassnahmen in der Gebäudetechnik“ vom 25. Oktober 2016. In diesem Bericht werden explizit fehlendes Know how in der Planung und Installation von Gebäudetechnikanlagen adressiert. Die Feldkontrollen, die durchgeführt werden, beleuchten die Aussagen der Interviewpartner der Studie.

2. Projektbearbeitung

Insgesamt wurde gemäss dem BFE-Projekt ein Anlagensample von 100 Anlagen besucht und nach einem herausgearbeiteten Standard analysiert. Die Auswahl der Anlagen erfolgte aufgrund von Listen, der kantonalen Stellen. Die definitive Auswahl erfolgte nach dem Zufallsprinzip, wobei es viele Adressen gab, die nicht erreichbar waren oder die Besitzer keine solche Kontrolle wünschten.

Es konnten insgesamt 106 Anlagenchecks ausgeführt werden. Da die Detailanalyse erst nach dem Abschluss der Feldkontrollen durchgeführt wurde, konnte ein genauerer Überblick erst im Anschluss an die Feldkontrollen gewonnen werden. Die Feldkontrollen sind zwischen Dezember 2016 bis Ende April 2017 erfolgt.

	Ostschweiz	Mittelland	Westschweiz	Tessin	total
Luft/Wasser-WP	12	10	13	2	37
Sole/Wasser-WP	16	9	11	2	38
Ölheizung	9	2	3	1	15
Gasheizung	10	2	4		16
Total	47	23	31	5	106

Tabelle 1: Durchgeführte Anlagencheck nach Regionen

Es zeichnete sich sehr früh ab, dass es kaum Anlagen gibt, die wirklich einwandfrei erstellt sind und/oder richtig betrieben werden. Des Öfteren sind beide Schwerpunktthemen, Anlagekonzeption und Betriebsvorgaben, nicht komplett erfüllt, sodass die Mängel zu Beanstandungen führen.

Der Anlagencheck wurde direkt mit dem Besitzer abgesprochen. Dabei wurde darauf geachtet, dass der/die Besitzer/in beim Anlagencheck anwesend ist. Der Anlagencheck wird aufgrund eines zwei- bis dreiseitigen Anlagenprotokolls durchgeführt. Die Schwerpunkte sind: Gebäudezustand, Baujahr, Hydraulik, eingesetzte Komponenten (Wärmeerzeuger und Boiler), Inbetriebnahme, Betriebsstunden und Schalthäufigkeit, Energieverbrauch (sofern verfügbar), Reglereinstellungen (Heizkurve, Heizgrenze, etc.), Erfüllung gesetzliche Vorgaben (Leitungsisolierungen, Kältemittelvorgaben, etc.).



*Bild 1: Heiz- und Warmwasserleitungen
nicht isoliert*



Bild 2: Überströmventil nicht einreguliert

3. Analyse der Anlagenchecks

Sämtlichen Anlagenchecks wurden während der Heizperiode durchgeführt. Damit konnte anlässlich des Anlagenbesuchs mehrheitlich auch der Betrieb der Wärmeerzeugung direkt kontrolliert und beurteilt werden. Die Erkenntnisse, bei einem Anlagencheck, wurden je in einem Kurzbericht festgehalten. Jeder Anlagenbesitzer erhält diesen Kurzbericht, sodass er sich selbst ein Bild über seine Anlage machen kann. Des Weiteren wird für Mängel, resp. nicht richtig verbaute Anlagenteile und/oder Einstellungen, etc. eine Empfehlung für die Richtigstellung abgegeben.

Der Überblick über die erhobenen Anlagedaten zeigt in Bezug auf die Gebäudehülle, dass bei einer grossen Anzahl der Gebäude (44%) die Fenster ersetzt wurden und immerhin noch bei 27% die Gebäudehülle saniert wurde. Dies zeugt doch davon, dass das Bewusstsein der Gebäudebesitzer etwas zur Reduktion des Primärenergieverbrauchs beizutragen vorhanden ist.

Bei zwei Dritteln der Gebäude konnte die spezifische Heizleistung erfasst und beurteilt werden. Der Mittelwert liegt bei $q_H \approx 43$ [W/m²] und die mittlere Heizleistung bei $Q_H \approx 8.5$ [kW].

Die Gebäude mit zusätzlichen Solaranlagen sind weniger bedeutend. Thermische Solaranlagen waren bei 8 Gebäuden (7.5%) und Photovoltaikanlagen bei 7 Gebäuden (6.6%) vorgefunden worden.

	Ostschweiz		Mittelland		Romandie		Tessin		gesamte Schweiz			
	GL, TG, SG, AR, AI, ZH	WP LW + SW	Gas, Heizöl	SO, BS, BE	WP LW + SW	Gas, Heizöl	FR, GE, JU, VD, VS	WP LW + SW	Gas, Heizöl	TI	WP LW + SW	Gas, Heizöl
Kontrollierte Anzahl Anlagen	28	19	19	4	24	7	4	1	75	31		
Gebäude und Zusatzinstallationen												
Fensterersatz	25	7		1	10	2	2		37	10		
Gebäudehüllensanierung	13	3			8	3	2		23	6		
Heizkörperersatz	1				1				2			
Thermische Solaranlage vorhanden	2		1			4	1		4	4		
Photovoltaikanlage vorhanden	5	1			1				6	1		
Vorgefundene Mängel												
Heizleitungen unisoliert	6	9	12	1	10	6	1	1	29	17		
Warmwasserleitungen unisoliert	2	3	4	1	4	1		1	10	6		
WW-Syphon nicht ausgeführt	11	4	12		9	5	2	1	34	10		
Wärmeerzeugung überdimensioniert	6		4		13	1			23	1		
Wärmeerzeuger taktet stark (\varnothing 15min)	8	2	5	1	6	1			19	4		
Speicheranschluss falsch	16		5		6		1		28			
Überströmventil bei ERR fehlt					6				6			
Heizgrenze falsch eingestellt (20°C)	4	8			3		3		10	8		
Heizkurve falsch (überhöht) eingestellt	9	8		1	7	1	2		18	10		
EWS nicht nach SIA 384/6 dimensioniert	1				1				2			
Wartungsheft Kälte fehlt	1				11				12			
Nachtabsenkung (ΔT zu gross)	10	13			2		1		13	13		
Schallprobleme behoben					3				3			

Tabelle 2: Überblick über die Anlagenchecks nach Regionen und vorgefundene Mängel

Die wichtigsten vorgefundenen Mängel sind in der Tabelle 2 zusammengestellt, wobei diese in allen vier Regionen mehr oder weniger im gleichen Rahmen festgestellt wurden. Den Schwerpunkt bilden die nicht isolierten Heizungs- und Warmwasserleitungen. Des Weiteren sind auch die nicht siphonierten Warmwasserabgänge ab Warmwasserspeicher (Boiler) zu erwähnen. Auch die Heizungsspeicheranschlüsse beim Vorlauf sind nicht nach dem heute bekannten Stand der Technik ausgeführt. Wenn mit dem Vorlauf hydraulisch über den Speicher gefahren wird, ist die Vorlauftemperatur, je nach Qualität der Speicherkonstruktion zwischen 2-6K tiefer, sodass die benötigte Heiztemperatur ab Wärmepumpe entsprechend höher gefahren werden muss (pro 1K höhere Vorlauftemperatur sinkt die Effizienz der WP um 2-2.5%).

Die Dimensionierung der Wärmeerzeuger, insbesondere der Wärmepumpen, ist ebenfalls ein negativer Punkt, der die Effizienz reduziert, weil die Schalzhäufigkeit deutlich zunimmt. Dazu kommt dann noch, dass bei fast 25% der untersuchten Wärmepumpen die Regelung der Wärmeerzeugung schlecht eingestellt ist, sodass die Wärmepumpe viel zu kurze Laufzeiten hat, welches sich wiederum mit hohen Taktraten manifestiert.

Weitere Mängel, die zu einer schlechteren Effizienz der Wärmeerzeugung führen, sind viel zu hoch eingestellte Heizgrenzen (bspw. 20-22°C), sodass der Heizbetrieb über den ganzen Sommer läuft. Bei einer Heizgrenze von 16 bis max. 17°C (meistens Tagesmitteltemperatur) wird die Heizung über die Sommermonate ausgeschaltet.

Die Heizkurve war ebenfalls bei über 25% der besuchten Anlagen überhöht eingestellt. Dies konnte zum Teil in Zusammenarbeit mit den Anlagenbesitzern direkt behoben werden. Dazu gehört auch die richtige Einstellung der Nachtabsenkung. Oft wurden auch hier extreme Werte, wie bspw. 4K oder noch mehr Absenkung angetroffen. Dies Häuser kühlen dann über Nacht zu stark aus und das Energiemanko muss dann am Morgen wieder produziert werden.



festgestellte Mängel	Anzahl Anlagen		Verluste	Nutzenergieverlust		
	WP	Öl/Gas		WP	Öl/Gas	total
			%	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Heizleitungen unisoliert	29	17	8	48'256	43'520	
Warmwasserleitungen unisoliert	10	6	5	10'400	9'600	
WW-Syphon nicht ausgeführt	34	10	4	28'288	12'800	
Wärmeerzeugung überdimensioniert	23	1	8	38'272	2'560	
Wärmeerzeuger taktet stark (ΔE 15min)	19	4	10	39'520	12'800	
Speicheranschluss falsch	28		6	34'944		
Überströmventil bei ERR fehlt	6		4	4'992		
Heizgrenze falsch eingestellt (20°C)	10	8	10	20'800	25'600	
Heizkurve falsch (überhöht) eingestellt	18	10	5	18'720	16'000	
Nachtabsenkung (ΔT zu gross)	13	13	3	8'112	12'480	
Gesamtverluste des Anlagensampels				252'304	135'360	387'664
Mittlere Nutzenergieproduktion pro Anlage				20'800	32'000	
Mittlere Nutzenergieproduktion für alle Anlagen				1'560'000	992'000	2'552'000
Verluste pro Anlage in %				16.17	13.65	15.19

Tabelle 3: Hochrechnung der Verlustsituation über die vorgefundenen Mängel

In der Tabelle 3 wurde versucht die angetroffenen Mängel energetisch zu gewichten, sodass daraus eine Übersicht über die mittleren Verluste des gesamten Anlagensampels erstellt werden konnte.

Interessanterweise kam dabei heraus, dass die Verluste insgesamt im Bereich von 14-16% liegen. Dies wurde bereits bei den Feldanalysen für das BFE festgestellt, die in den letzten 20 Jahren durchgeführt wurden. Aus diesen Erkenntnissen wurde die Einsparung durch den Einbau eines Wärmepumpensystemmoduls definiert, welche mit ca. 15% angegeben wird.

4. Erkenntnisse und Interpretation

Die Besitzer sind weitgehend zufrieden mit den eingekauften Anlagen. Über die technischen Belange, wie eine solche Wärmeerzeugungsanlage richtigerweise gebaut wird und wie sie funktionieren sollte, sind sie ja kaum informiert.

Der Gesamteindruck der Anlagenbegutachter ist sehr durchzogen und kann niemals als gut oder ziemlich gut bezeichnet werden, knapp durchschnittlich würde besser passen.

Die Anlagen sind oft nicht nach dem heute bekannten Stand der Technik gebaut. Die Speicher werden noch immer mit dem altbekannten Vierpunktsystem angeschlossen, d.h. mit dem Vorlauf wird über den Speicher gefahren. Bei den Kleinanlagen mit mehrheitlich einfachen Speichern verliert die Temperatur im Vorlauf 2-4K, im Extremfall bis 6K. Dies ist speziell bei Wärmepumpenanlagen schlecht, da man die Vorlauftemperatur deswegen anheben muss und man pro 1K grösseren Temperaturhub 2-2.5% Effizienzverlust hinnehmen muss.

Nicht oder schlecht eingestellte Überströmventile führen zu sehr kurzen Laufzeiten pro Einschaltung, welches sich wiederum negativ auf die Effizienz der Wärmepumpen auswirkt und dazu noch die Lebensdauer der Wärmepumpen reduziert. Dieser Fehler wird ebenfalls immer wieder angetroffen.

Bei den Trinkwarmwasserboilern ist bei rund der Hälfte aller Anlagen kein Thermosiphon eingebaut. Das in der Warmwasserleitung zu den Zapfstellen geführte Trinkwarmwasser beginnt innerhalb des Leitungsrohres zu zirkulieren, wenn kein Warmwasser verbraucht wird. An der Rohrwandung kühlt sich das Wasser ab und beginnt zufolge Schwerkraft an der Rohrwand abzusinken. Dies führt im Innern des Rohrquerschnitts zur Gegenströmung nach oben. Mit einer Schwerkraftunterbrechung (Thermosiphon) kann diese unerwünschte Zirkulation, die den Speicherinhalt durchmischt, verhindert werden.

Ein grosses Thema ist auch die Reglereinstellung der Anlagen. Es wurden falsch eingestellte und deutlich überhöhte Heizkurven gefunden, welche ebenfalls bei Wärmepumpen zu zusätzlichen Effizienzverlusten führen. Weiter sind die Heizgrenzen oft viel zu hoch eingestellt. Normal wäre ein Einstellwert von 16 bis max. 17°C richtig. Es wurden jedoch bei mehreren Anlagen Einstellwerte von 20-22°C vorgefunden. Bei diesen Einstellwerten wird die Heizung über den ganzen Sommer praktisch kaum ausgeschaltet und verweilt im Standby-Modus.

Als weiteren wichtigen Punkt sind die Leitungsisolationen zu erwähnen. Bei rund 50% aller kontrollierten Anlagen wurden hier Mängel festgestellt. Auch bestehende Leitungen, die weiterverwendet werden, wurden nicht isoliert. Derweil gemäss Energieverordnung MuKE 2008 die wärmeleitenden Leitungen im Kellergeschoss (Heizungs- und Warmwasserleitungen) Vorschriftsgemäss isoliert sein müssen.

Die Anlagenbesitzer/Betreiber bemängeln oft die Bedienerfreundlichkeit der Regler auf den Wärmerezeugern, welche für eine optimale Einstellung wichtig wäre. Dazu gehören ein einfaches Handling für die Einstellung der Heizkurve, der Heizgrenze, Komforteinstellung Raumtemperatur und Nachtabsenkung. Ebenfalls sollte es möglich sein, dass auf dem Display die Betriebsstunden und die Schalthäufigkeit vorgefunden werden. Tw. sind diese Informationen auf der Serviceebene «versorgt».

Nebst den erkannten Mängeln wurden im Gespräch mit den Anlagenbesitzern auch weitere ins gleiche Thema gehörende Informationen aufgenommen. So wurde einem Bauherrn vom Fachberater abgeraten eine Wärmepumpenanlage einzubauen, sodass er sich dann wieder für eine fossile Wärmerezeugungsanlage entschlossen hat.

Die Anlagenbesitzer begrüßten den Besuch und waren froh, dass sie von neutraler und kompetenter Stelle die Anlage und insbesondere den Heizungsregler nochmals instruiert bekamen, sowie ihre Fragen beantwortet wurden.

Quellen

- [1] P. Hubacher, M. Erb, M. Ehrbar: **FAWA-Schlussbericht BFE: Feldanalysen von Wärmepumpenanlagen FAWA, 1996-2003** Schlussbericht April 2004
- [2] P. Hubacher, Experte M. Ehrbar: **QS-WP/QP: Qualitätssicherung von Klein-Wärmepumpen mittels Norm- und Feldmessungen**, Teilprojekt Langzeitverhalten 2007-2008, Schlussbericht 2008
- [4] P. Hubacher: **QS-WP/QP: Fortsetzung des Feldmonitorings von WP-Anlagen mittels Feldmessungen**, Teilprojekt Langzeitverhalten 2008-2011, Schlussbericht 2011
- [3] P. Egli, P. Hubacher, G. Guggenheim: **Qualitätssicherung Wärmepumpenanlagen, Vollzugskontrolle 2011**; Schlussbericht 2012