



Schlussbericht 31. Oktober 2013

Elektrische Wassererwärmung in der Schweiz

Statistische Daten, Abschätzung des Elektrizitätsverbrauchs, Ersatzmechanismen, Potenzial Wärmepumpenboiler



Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern
Abteilung Energieeffizienz und Erneuerbare Energien
Sektion Gebäude

Auftragnehmer:

ARENA Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen, 8006 Zürich

Autor:

Jürg Nipkow

Begleitgruppe:

-

BFE-Bereichsleiter: Olivier Meile

BFE-Vertragsnummer: SI/400951-01

Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

Typen von Warmwasserversorgungssystemen mit Elektrizität	4
Stromverbrauch für Warmwasser	4
Übersichtstabelle Elektrische Wassererwärmung	5
Ersatzmechanismen Elektroboiler	7
Referenzen	9
Anhang: Statistische Quellen und Grundlagen.....	10



Typen von Warmwasserversorgungssystemen mit Elektrizität

- A) Mit Widerstandsheizung
- A1 MFH: Elektroboiler dezentral pro Wohnung (in der Regel 1 Gerät, früher auch 2, Küche + Bad)
(MFH mit Elektroboiler zentral: vernachlässigbar)
 - A2 EFH: Elektroboiler „zentral“, d.h. in der Regel im UG
 - A3 EFH: mehrere Elektroboiler dezentral (existiert kaum mehr, wird nicht behandelt)
 - A4 EFH und MFH: Kombi-Warmwasserspeicher mit Elektroeinheit, mit Solar, Holz.
Anteil Elektrizität sehr unterschiedlich, abhängig von Konfiguration.
- B) Mit Wärmepumpe (WP)
- B1 MFH: zentrale WP nur für WW (Wärmepumpenboiler nur 1 - 2-Fam.Haus)
 - B2 MFH und EFH: kombiniert mit WP-Heizung. Evtl. zusätzlicher Backup (Widerstandsheizelement oder anderer Wärmeerzeuger), Energieanteil ≈ 0 .
 - B3 EFH: Wärmepumpenboiler „zentral“ (UG, Nebenraum, ev. mit Aussenluft)

Stromverbrauch für Warmwasser

Gemäss diversen Quellen, auch SIA 385/2 [1], kann in Wohnbauten mit einem Nutzwarmwasserbedarf (NWWB) von 35...45 Normlitern (\dot{a} 58 Wh) gerechnet werden. Dieser Nutzwarmwasserbedarf versteht sich ohne Ausstossverluste („kalter Zapfen“), welche je nach Konfiguration nochmals bis etwa 5 Normliter ausmachen können. Die Speicherverluste können grob mit 1 kWh/Tag (Zielwert SIA 385/1 für 150 L Speicher) für einen 2-Personenhaushalt beziffert werden. Warmgehaltene Warmwasserverteilungen gibt es bei elektrischer Wassererwärmung mit Widerstandsheizung i.d.R. nicht.

Bei dauernd bewohnten Wohnungen kann man somit für 50 Wochen Anwesenheit und 40+5 Normliter pro Person und 182 kWh Speicherverlust mit einem Stromverbrauch von 1'100 kWh rechnen ($= 45 * 0.058 * 7 * 50 + 365/2$). Dies entspricht auch gut dem für einen typischen Haushalt-Stromverbrauch [2] berichteten Anteil von 2'000 kWh für 2 Personen (+800 kWh pro weitere Person).

Bei nicht dauernd bewohnten Wohnungen hängt der WW-Stromverbrauch vor allem von 2 Grössen ab:

- Anwesenheit und Personenzahl. Beispiel: 3 (erwachsene) Personen, 4 Wochen \gg 220 kWh für Nutzwarmwasser inkl. Ausstossverluste
- Bereitschafts- bzw. Speicherverluste. Wenn der Speicher das ganze Jahr auf Bereitschaft gehalten wird, kommen rund 365 kWh hinzu (also mehr als der Nutzwarmwasserbedarf). Wenn der Speicher ausgeschaltet wird, ergeben sich hingegen netto ca. 85 kWh, aufgerundet mit Auskühlverlusten rund 100 kWh.

Somit beträgt der Stromverbrauch WW im Ferienhaus (3 Personen, 84 Personentage) zwischen etwa 300 und 600 kWh pro Jahr (320; 585), also etwa 1/6 bis 1/3 eines 2-Personenhaushalts ganzjährig.



Übersichtstabelle Elektrische Wassererwärmung

Typ Elektrische Wassererwärmung	Anzahl Geräte	Veränderung	Anzahl Wohnungen	Anzahl Gebäude	Stromverbrauch pro Wohnung (kWh pro Jahr)	Stromverbrauch total (GWh pro Jahr)
A1 Widerstandsheizung, MFH: Elektroboiler dezentral pro Wg. (Zentrale Elektroboiler im MFH nicht relevant)	552'000	langsam abnehmend	552'000 (davon ca. 5% Ferienwohnungen)	157'400	2'000	1'100
A2 Widerstandsheizung, EFH: Elektroboiler „zentral“	400'000	abnehmend	400'000 (davon ca. 100'000 Ferienhäuser)	400'000	2'200 (Ferienhäuser 500)	880 (710 wenn 100'000 Ferienhäuser)
A4 Widerstandsheizung, EFH und MFH: Kombi-WW-Speicher mit Elektroinsatz		konstant bis zunehmend	Grössenordnung 200'000	etwas weniger als 200'000	Anteil elektrische Energie kaum bezifferbar!	100 (Annahme 200'000 à 500 kWh)
Total A			ca. 1'150'000	ca. 747'000		ca. 2'100
B1 Wärmepumpe, MFH: zentrale WP nur für WW		zunehmend	32'260 (wohl 2011 mehr: z.B. 50'000)	3'600 (wohl 2011 mehr: z.B. 5'600)	700 (plausibel)	35 (mit 50'000 Whg mit zentraler WP nur für WW)
B2 Wärmepumpe, MFH: kombiniert mit WP-Heizung		zunehmend	(evtl. oben enthalten)	(ev. oben enthalten)		
B3 Wärmepumpe, EFH: Wärmepumpenboiler (WPB) oder kombiniert mit WP-Heizung	Mit Heiz-WP oder WPB statisch nicht zugänglich	stark zunehmend (v.a. Heiz-WP)	in EFH 11'000 (unsicher ob inkl. mit Hz-WP), 2011 viel mehr >>	Schätzung, inkl. EFH-WPB: 200'000	750 (aus typ. Haushalt-Stromverbrauch abgeleitet)	150 (mit 200'000 EFH mit WPB oder kombiniert mit Hzg.)
Total A + B gesamt			ca. 1'400'000	ca. 950'000		ca. 2'300
Total Wohnungen / Wohngebäude 2011			ca. 3'900'000	1'379'900 reine (+ 276'900 gemischte)		

Tabelle 1 Elektrische Wassererwärmung, Zahlen für 2000, qualifizierte Abschätzungen für 2011, Quellen vgl. Tabelle 2. (seit 2000 kaum mehr neue Elektroboiler eingebaut, aber Wärmepumpenboiler und WW-Speicher an WP-Anlagen angeschlossen). Zahlen aus Volkszählungstabellen sind bewusst nicht gerundet, obwohl sie natürlich eine beträchtliche Unsicherheit aufweisen.



Typ Elektrische Wassererwärmung	Anzahl Geräte	Anzahl Wohnungen	Anzahl Gebäude	Stromverbrauch pro Wohnung (kWh pro Jahr)
A1 Widerstandsheizung, MFH: Elektroboiler dezentral pro Wg.	552'000, 0.112 und 0.107-00, VZ 2000, Wohnungen mit Hzg, WW, Belegungsart	552'000 (davon ca. 5% Ferienwohnungen)	157'400 0.112 VZ 2000, „mit WW elektr. im Winter“, = Anzahl Geb. - Anzahl Geb. m. 1 Wg.	2'000 Der typische Haushalt-Stromverbrauch [2] und SIA 385/2 [1]
A2 Widerstandsheizung, EFH: Elektroboiler „zentral“	400'000, 0.112 VZ 2000, „mit WW elektr. im Winter“, Gebäude mit 1 Wohnung	400'000 (davon ca. 100'000 Ferienhäuser) 1.107-00, VZ2000	400'000	2'200 (Ferienhäuser 500) Herleitung J. Nipkow oben
A4 Widerstandsheizung, EFH und MFH: Kombi-WW-Speicher mit Elektroinsatz		Grössenordnung 200'000 grobe Schätzung, Hinweis Differenz elektr. WW Sommer - Winter 0.107-00, VZ 2000	etwas weniger als 200'000 (da fast nur EFH)	Anteil elektrische Energie kaum bezifferbar!
Total A		ca. 1'150'000	ca. 747'000	
B1 Wärmepumpe, MFH: zentrale WP nur für WW		32'260 (wohl 2011 mehr: z.B. 50'000) 0.107-00, VZ 2000 abzüglich Ferienwohnungen	3'600 (wohl 2011 mehr: z.B. 5'600) 0.112 VZ 2000, Gebäude mit WW-WP - EFH	700 (plausibel)
B2 Wärmepumpe, MFH: kombiniert mit WP-Heizung		(evtl. oben enthalten)	(ev. oben enthalten)	
B3 Wärmepumpe, EFH: Wärmepumpenboiler (WPB) oder kombiniert mit WP-Heizung	Mit Heiz-WP oder WPB statistisch nicht zugänglich,	in EFH 11'000 (unsicher ob inkl. mit Hz-WP), wohl 2011 mehr >> 0.112 VZ 2000, „mit WW WP im Winter“, Anzahl Geb. m. 1 Wg.	Schätzung inkl. EFH-WPB (gestützt durch [4]): 200'000 Brauchwasser-WP: 150 GWh	750 (abgeleitet aus „Der typischen Haushalt-Stromverbrauch“ [2])
Total A + B gesamt		ca. 1'400'000	ca. 950'000	

Tabelle 2 Quellen / Herleitung der Werte von Tabelle 1 (VZ 2000 = Volkszählung 2000, BFS-Statistiken [3])
Weitere Hinweise dazu im Anhang



Ersatzmechanismen Elektroboiler

Einfach ersetzbar durch Wärmepumpenboiler: nur im EFH
(Ferienhäuser wirtschaftlich kaum zu rechtfertigen).

- ▶ Also theoretisch ca. 300'000 Einheiten (vgl. Tabelle 1, A2, Anzahl Wohnungen). Diese Zahl reduziert sich stark (z.B. auf $\frac{1}{4}$), wenn nur auf mittlere Sicht (10 Jahre) ohne Vorbehalt geeignete Objekte in Frage kommen. Auf längere Sicht wird in den meisten Objekten Heizung und Wassererwärmung gesamthaft erneuert, wobei dann kaum Wärmepumpenboiler zum Einsatz kommen.

Ersatz durch Wärmepumpenboiler: Auf Rahmenbedingungen achten! :

Wenn der Heiz-Wärmeerzeuger ersetzt wird, soll die Wassererwärmung mit einbezogen werden. Wenn der neue Wärmeerzeuger eine Wärmepumpe ist, drängt sich auf, das Warmwasser anzukoppeln (also kein Wärmepumpenboiler). Die Energieeinsparung ist aber etwa gleich, mit dem Vorteil, dass kein Wärmediebstahl erfolgt. Auch ist oft der Einsatz von Sonnenkollektoren eine ökologisch vorteilhaftere – allerdings teurere – Lösung als ein Wärmepumpenboiler, insbesondere wenn die Mankodeckung nicht elektrisch erfolgt.

Beim Einsatz von Wärmepumpenboilern ist zudem zu beachten, dass der Aufstellraum genügend gross ist und die Raumtemperatur nicht dauernd tief ($<5^{\circ}\text{C}$), d.h. es ist eine minimale Abwärmemenge erforderlich (oder „Wärmediebstahl“, d.h. Wärme wird indirekt von aktiv beheizten Räumen abgezogen). Wenn der Wärmepumpenboiler mit Aussenluft betrieben wird (Kanäle), treffen diese Einschränkung natürlich nicht zu, hingegen resultiert eine tiefere Jahres-Arbeitszahl.

Eine weitere Sanierungsmethode im EFH ist die Erstellung einer Sonnenkollektoranlage, oft auch im Zuge einer Heizungserneuerung. Dabei sollte vermieden werden, „Solarboiler“ mit Elektroanschluss ohne Kopplung mit der Heizung einzusetzen. Kombispeicher mit Mankodeckung über die Heizung (jedenfalls im Winter) sind vorzuziehen.

Analog zum MFH (unten) gilt die Devise: „Keine Gesamterneuerung ohne Ersatz des Elektroboilers durch eine Wassererwärmung mit erneuerbarer Energie“.

MFH-Geschosswohnungen (rund 500'000 mit dezentralem Elektroboiler):

Der Ersatz erfolgt idealerweise bei einer Gesamterneuerung der Gebäudetechnik, insbesondere der sanitären Installationen, indem eine zentrale Warmwasserversorgung eingebaut wird. Energieträger sind möglichst erneuerbar: Sonnenkollektoren, Wärmepumpe (kombiniert mit Heizung), Biomasse, Fernwärme. Die SIA-Normen 385/1 und /2 sind zu beachten.

Da Gesamterneuerungen nicht vorgeschrieben sind, ist umso wichtiger, die Akteure kommunikativ im Bedarfsfall zu erreichen, Devise: „Keine Gesamterneuerung ohne Ersatz der Elektroboiler durch eine zentrale Warmwasserversorgung“ (möglichst mit erneuerbarer Energie).

Technisch besteht in manchen Fällen (Heizungsverteiler unmittelbar beim Elektroboiler, Platz für die Installation) die Möglichkeit, die Elektroboiler durch so genannte Vorwärmespeicher zu ersetzen, welche einen Heizungs-Wärmetauscher (im Rücklauf) eingebaut haben. Damit kann ein Teil des WW-Energiebedarfs über das Heizsystem eingebracht werden. Der elektrisch zu liefernde Rest dürfte jedoch meist über 50% sein (Übergangszeit + Sommer!); diese Methode wäre bei einer Gesamterneuerung eher als Umgehung des Elektroboiler-Verbots zu bewerten. Sie bietet jedoch den Vorteil im Winter einen Beitrag zu Netzstabilität und Verringerung der Netzspitzen zu leisten.

Neue Argumente: Elektroboiler zur Unterstützung der Stromnetz-Stabilisierung:

Da im Rahmen der neuen Energiestrategie dezentrale Einspeisung, v.a. durch Fotovoltaik und Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) stark ausgebaut werden soll, wären steuerbare Lasten für



die Netzstabilisierung sehr willkommen. Deshalb wird manchmal behauptet dass innerhalb eines Smart Grid Elektroboiler eine solche Last darstellen können. Beiträge zur Netzstabilisierung sind erforderlich; sie können aber auch durch Einsatz effizienterer Technologien erfolgen.

Grobe Abschätzung der Wirkung der Ersatzmechanismen

In Tabelle 3 wird, mit Bezug auf die Stromverbrauchswerte „Widerstandsheizung“ von Tabelle 1, eine grobe Abschätzung der Wirkung von Ersatzmechanismen für zwei Zeithorizonte angegeben: 2020 und 2035. In den wenigen Jahren bis 2020 kann mit den heutigen Vorschriften und Anreizen gerechnet werden. Danach könnten auch neue Instrumente Wirkung zeigen, (insbesondere stärkere Anreize für die Gesamterneuerung der Gebäudetechnik mit hohem Anteil erneuerbaren Energien wie Wärmepumpen und Sonnenkollektoren.

Basisannahmen:

- Erneuerungszyklus MFH (Nassräume!) 30 Jahre, dabei Ersatz/Substitution in 50% der Fälle
- Erneuerungszyklus EFH (Wärmeerzeugung) 20 Jahre, dabei Ersatz/Substitution in 90% der Fälle
- Starke Massnahmen: Erneuerungszyklus auf 2/3 reduziert, Ersatz/Substitution MFH 80%, EFH 100%.

Elektroboiler-Typ (Widerstandsheizung)	Verbrauch GWh pro Jahr gemäss Tab. 1	Ersatz/ Substitution bis 2020	Ersatz/ Substitution bis 2035	Ersatz/ Substitution bis 2035 mit starken Massnahmen
A1: MFH: Elektroboiler dezentral pro Wg.	1'100	130 (12%)	400 (36%)	970 (88%)
A2: EFH: Elektroboiler „zentral“	710	225 (32%)	700 (99%)	710 (100%)
A4: EFH und MFH: Kombi-WW-Speicher mit Elektroerwärmung *	100	25 (25%)	77 (77%)	100 (100%)
Total	1'910	380 (19.9%)	1'177 (61.6%)	1'780 (93.2%)

Tabelle 3 Grobabschätzung der Wirkung der Elektroboiler-Ersatzmechanismen. Die Werte (in GWh pro Jahr, gerundet) stehen für den wegfallenden Stromverbrauch der Elektroboiler: je nach Art der Substitution wird dafür wiederum ein Anteil Elektrizität benötigt.

* Erneuerungszyklus Kombispeicher: 20 Jahre



Referenzen

- [1] Norm SIA 385/2: Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung (erscheint 2013)
- [2] Der typische Haushalt-Stromverbrauch sinkt; Neue Haushalt-Kategorien und typische Stromverbrauchswerte, Jürg Nipkow, S.A.F.E. (www.energieeffizienz.ch), Mai 2013
- [3] Bundesamt für Statistik BFS, diverse Tabellen zu Wohnungen, u.a. BFS-Bautätigkeit-je-d-09.04.02.08.xls
- [4] Elektrizitätsverbrauch der Ohm'schen Widerstandsheizungen in den privaten Haushalten - Daten bis 2011“ (pdf von BFE, Internet, kein Autor)

Weitere Grundlagen-Materialien inkl. Excel-Rechenblätter sind beim Autor verfügbar.



Anhang: Statistische Quellen und Grundlagen

A. Auswertung „Der typische Haushalt-Stromverbrauch“ [2]

In [2] wurden die Rohdaten der VSE-Haushalt-Erhebung 2011 ausgewertet. Von den 1200 Datensätzen haben 307 Elektroboiler (25.6%), 60 Wärmepumpenboiler (5%).

Elektroboiler EFH: 165 (13.7%)

Wärmepumpenboiler EFH: 33 (2.7%)

Elektroboiler MFH-Wohnungen: 142 (11.8%)

Wärmepumpenboiler MFH-Wohnungen: 27 (2.2%)

Diese Werte sind nicht sehr repräsentativ (kleines Sample, Zusammensetzung der VSE-Haushalte nicht deckungsgleich mit Haushalten gemäss BFS).

B. Zusammenstellung von Volkszählung 2000, Wohnungen nach Heizungs-Energieträger

	alle	Ehz einzel	Ehz Etagen	Ehz dez.	ZHz	WP	E-WW	WP-WW
Alle	3'581'001	66'353	53'403	119'756	116'000	77'500	950'426	43'260
Dauernd be- wohnt	3'039'404	41'470	37'303	78'773	92'000	70'100	785'142	37'470
Zeitweise bewohnt	419'819 (= 11.7%)	21'118	13'637	34'755	20'200	5'800	128'350	4'704
(alle - dau- ernd)	541'597	24'883	16'100	40'983	24'000	7'400	165'284	5'790
				% Ehz dez.	% ZHz			
von dauernd bewohnt				2.6%	3.0%	2.3%	25.8%	1.2%
von zeitweise bewohnt				8.3%	4.8%	1.4%	30.6%	1.1%

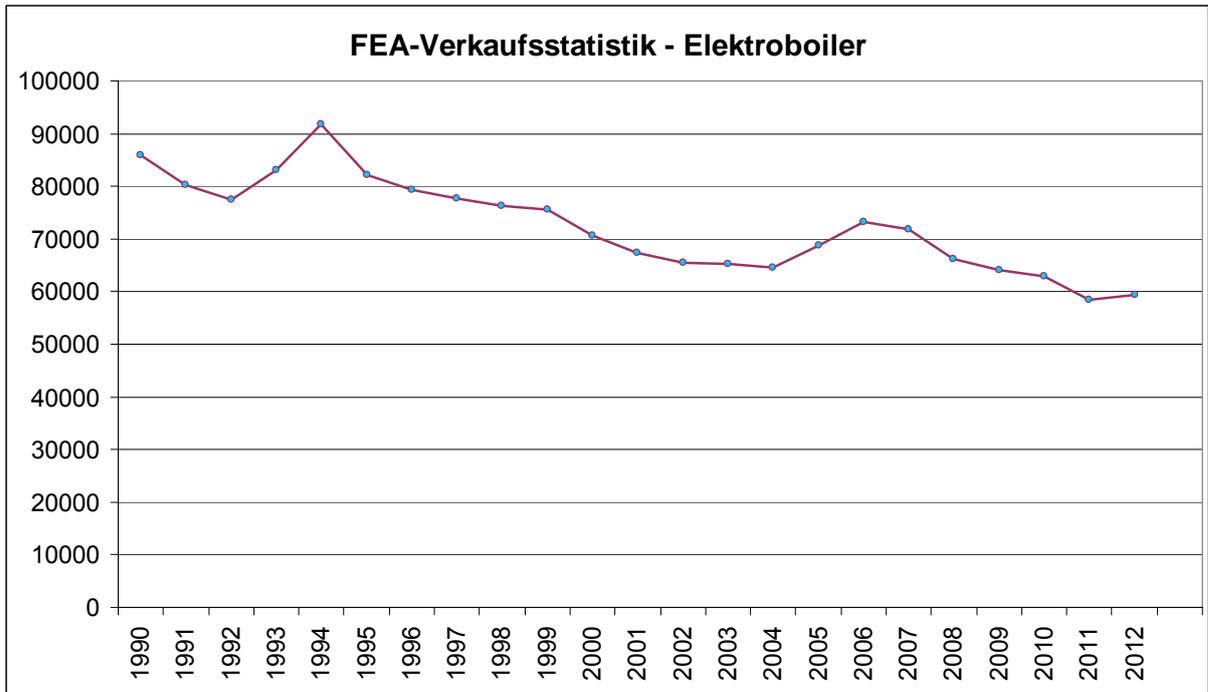
Tabelle 4 Wohnungen nach Heizungs-Energieträger. Quelle: BFS (Volkszählung 2000), Auszug aus interner Tabelle J. Nipkow

Legende: Ehz = Elektroheizung, ZHz = Zentralheizung



C. Auswertung FEA-Verkaufsstatistik Elektroboiler

Die Auswertung der jährlich veröffentlichten FEA-Verkaufsstatistik (auf www.fea.ch > news) zeigt für Elektroboiler nach 1994 einen abnehmenden Trend, 2005 und 2006 ist jedoch ein Anstieg (ähnlich 1993/94) ersichtlich. Dies ist nicht plausibel, da wegen des faktischen Elektroboiler-Verbots für Neuanlagen (MuKE, kantonale Bauvorschriften) keine Marktausweitung zu erwarten ist (Ersatzmarkt). Erst 2009 wurde wieder der Wert von 2004 erreicht, seither ist wieder eine leicht abnehmende Tendenz zu beobachten.



60'000 Stück pro Jahr: bei Annahme einer Lebensdauer von 15 Jahren ergibt sich Bestand von 900'000 Stück; das entspricht etwa dem Bestand gemäss Tabelle 1 bzw. BFS (Tabelle 4) von rund 950'000.