

Elektrowärme: Warmwasser

Inhalt

1. Ausgangslage.....	2
1.1 Energieverbrauch für die Warmwasserversorgung	2
1.2 Kurzbeschreibung der Geräte	2
1.3 Übersichtstabelle Elektrowärme Warmwasser	4
2. Überprüfung der Typenprüfungsbedingungen	5
2.1 Auswertung Typenprüfungen 1999	5
2.2 Resultierende Verluste und Wirkungsgrade	6
2.3 Aktivitäten der EU).....	7
3. Anforderungen	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 Elektro-Wassererwärmer	8
3.3 Warmwasser-Verteilverluste.....	10
4. Auslegungsrichtlinien	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Warmwasserbedarf	11
4.3 Auslegungsempfehlung Elektro-Wassererwärmer nach Zimmerzahl	15
4.4 Flächenbezogene Auslegung von Elektro-Wassererwärmern	15
4.5 Empfehlung für das Vorgehen bei Dienstleistungsbauten.....	16
5. Berechnungsmethoden	17
5.1 Grundlagen.....	17
5.2 SIA 380/1:2001	17
5.3 Projektausschreibung "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" 2002 - 2003	18
5.4 Wirkungsgrad / Abwärmegewinne.....	19
6. Literatur	20
7. Anhang	21



Der vorliegende Bericht wurde im Auftrag der SIA Kommission 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau* erstellt und diente als Grundlage für die Überarbeitung dieser Norm. Für den Inhalt des Berichts sind die Autoren verantwortlich. Allfällige Abweichungen der Norm vom Berichtsinhalt sind von der SIA Kommission 380/4 bewusst vorgenommen worden.

1. Ausgangslage

1.1 Energieverbrauch für die Warmwasserversorgung

Mangels relevanter statistischer Daten kann der Energieverbrauch für die Warmwasserversorgung nur relativ grob abgeschätzt werden. Eine interessante neuere Daten-Grundlage ist BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 114: Der Wasserverbrauch im Schweizer Haus, 1999 [1]. Daraus lässt sich ein gesamtschweizerischer Haushalt-Warmwasserverbrauch von 125 Mio m³/a ableiten. Nimmt man für den übrigen Warmwasserverbrauch (Gewerbe, DL, Sport, Schulen etc.) +20% an, so resultiert bei $\Delta T = 45 \text{ K}$ ein (Netto-) Energieverbrauch für Warmwasser von rund 7.8 TWh/a. Bei Annahme eines mittleren Wirkungsgrades von 60% ergibt sich ein Wärmeverbrauch für Warmwasser von 13 TWh bzw. 46'800 TJ, was 5.5% des gesamten Endenergieverbrauchs ausmacht.

Knapp 1 Mio Wohnungen (von 3.5 Mio inkl. Ferienwohnungen etc.) werden ganzjährig mit elektrisch erwärmtem Warmwasser versorgt, nochmals ca. 0.1 Mio nur im Sommer (bivalente Anlagen). Dazu kommen weitere Elektro-Wassererwärmer im Nichtwohnbereich. Der entsprechende Elektrizitätsverbrauch liegt in der Grössenordnung von 3 TWh/a, also 6% des Elektrizitäts-Endverbrauchs.

1.2 Kurzbeschreibung der Geräte

Elektro-Speicherwassererwärmer ESWE (Elektroboiler)

Wärmegedämmter Warmwasserspeicher mit eingebautem Elektro-Heizeinsatz

- Wohnungsspeicher 100...400 Liter, 2...4 kW, i.d.R. Nachtaufladung
Diese Kategorie stellt das Gros der Elektroboiler (> 80%, ca. 750'000)
- Kleinspeicher 20...80 Liter, < 1 kW
Wahrscheinlich zweitgrösste Anzahl, aber < 2% des Verbrauchs (aller ESWE)

Kombi-Warmwasserspeicher

Grössere Speicher als 400 l sind meist Kombispeicher mit Wärmetauscher(n) und zusätzlich eingebautem Elektroheizeinsatz (2...6 kW), welcher der Mankodeckung dient. Primäre Erwärmungsenergien sind meist Sonnenkollektoren, Holzkessel, Ölkessel, Wärmepumpe. Geschätzter Elektrizitätsverbrauch 5...10% aller Elektro-Speicherwassererwärmer.

Wärmepumpen-Speicherwassererwärmer (Wärmepumpenboiler)

Kompakte Geräte, bestehend aus Speicher 300...400 l (seltener bis 600 l) und auf-/ eingebauter Klein-Wärmepumpe mit Luft als Wärmequelle. Standort UG von EFH (ev. 2-FH), in üblichen Bauten wird das UG nur wenig abgekühlt (Abwärme vorhanden).

Leistungsaufnahme meist 500...800 W, oft zusätzlich eingebauter Elektroheizeinsatz 1...2 kW. Jahres-Arbeitszahl guter Geräte bei Normnutzung ca. 3, praktisch > 2.5.

Bestand wahrscheinlich < 10'000, Elektrizitätsverbrauch < 1% aller ESWE.

Über grössere (nicht kompakte) Anlagen zur Wassererwärmung mit Wärmepumpe gibt es kaum Daten; diese sind auch oft mit Heizsystemen oder weiteren Energieträgern kombiniert. Es existiert jedoch ein RAVEL-Handbuch: Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung, 1997.

Wärmepumpenboiler für Wohnungsabluft (kontrollierte Wohnungslüftung)

Mit der – zögernden – Verbreitung der kontrollierten Wohnungslüftung (oder: Komfortlüftung) werden auch Geräte angeboten, welche neben den Lüftungskomponenten einen Warmwasserspeicher und eine Kleinwärmepumpe (200...600 W_{el}) sowie einen Elektroheizeinsatz enthalten. Auch wenn die Luft zuerst durch einen Wärmetauscher abgekühlt wird, enthält sie noch genügend Wärme, um als Wärmequelle für die Kleinwärmepumpe zu dienen (u.U. mit Abtauung). Über die energetische Zweckmässigkeit bestehen unterschiedliche Ansichten. Die Entwicklung des Verkaufs ist kaum abzuschätzen. Vorläufig ist die Bedeutung vernachlässigbar; könnte aber auch im Zusammenhang mit Minergie-Bauten interessant werden.

Durchlauferwärmer (elektrische) für Trinkwasser

In der Schweiz vorläufig nicht zugelassen, da die im Ausland üblichen Anschlussleistungen Ströme über 10 bzw. 13 A ergeben (10 A 400 V = 4 kW gibt bei $\Delta T = 30$ K einen Volumenstrom von nur 1.9 l/min, gerade gut zum Händewaschen). Diese Geräte wären energetisch relativ sinnvoll, da keine Bereitschaftsverluste entstehen. Bei begrenztem Einsatz sollten die Leistungsspitzen kein Problem darstellen.

Vorläufig keine Bedeutung, auch keine absehbar.

Kochendwassergeräte

Ähnlich Kleinspeicher, aber drucklos, nicht wärme gedämmt; Inhalt 4...10 l. 1000...2000 W.

Inhalt (muss zuerst eingefüllt werden) wird auf Knopfdruck in wenigen Minuten erwärmt, Abschaltung durch Thermostat definitiv, daher keine Bereitschaftsverluste. Diese Geräte wären energetisch sinnvoll für Anwendungen mit einigen wenigen Zapfungen pro Tag. Praktisch keine Bedeutung in der Schweiz, wird wohl in der Branche als zu wenig komfortabel angesehen.

1.3 Übersichtstabelle Elektrowärme Warmwasser

Anzahl, Trend, Wirkungsgrad, Elektrizitätsverbrauch der Typen elektrischer Wass-
rerwärmer mit einiger Bedeutung des Elektrizitätsverbrauchs

Typen elektrischer Wassererwärmer	Elektro- Speicherwasser- erwärmer 100...400 l	Elektro- Kleinspeicher 20...80 l	Kombispeicher zu bivalent (Öl, Holz) *	Solarspeicher (ohne Hei- zungs-Wärme- tauscher) **	Wärmepumpen- Wassererwärmer kompakt < 600 l
Typische Objekte	Wg, EFH	GDL, Wg.	EFH, kl. MFH	EFH	EFH
Speicher- (erwär- mer-) Wirkungsgrad	70%	50%	70%	70%	250%
Verteilverluste %	20%	20%	30%	30%	30%
Gesamtsystem- Wirkungsgrad (elt.)	56%	40%	49%	49%	175%
Anzahl CH (Anmerk. a, b)	850'000	100'000	80'000 a)	20'000 b)	6'500
Trend	–	– +	+	++	+
typ. Verbrauch l/Tag	100	15	200	150	150
Nutzung (elektrisch) Tage/a	365	250	120	180	365
netto elektr. Energie im WW (CH) [GWh/a] ***	1'620	20	100	28	19
Elektrizitäts- Verbrauch [GWh/a]	2'892	49	205	58	11
Elt.-Verbrauch Warmwasser CH total: 3'214 GWh/a					
Anteil von total elt. WW CH	90.0%	1.52%	6.36%	1.79%	0.33%
<p>* gemäss Volkszählung 1990 total > 100'000 Wohnungen mit bivalenten Warmwassersysteme</p> <p>** gemäss SOFAS bis Ende 2000 ca. 266'000 m² Flach-/Röhrenkollektoren installiert</p> <p>*** ΔT Wasser = 45 K</p> <p>a) zu Kombispeicher: lt. Volksszählung 1990 147'000 Wohnungen mit bivalent Warmwasser</p> <p>b) zu Solarspeicher: Ende 2000 lt. SOFAS 266'000 m² Flach- + Röhrenkollektoren installiert</p> <p>Zur Information: Heizbänder von Verteilleitungen nicht-elekt. Warmwassersysteme: CH ca. 3 Mio. m (geschätzt), Elektrizitäts-Verbrauch ca. 100 GWh/a (= 2.5% von WW total). Vgl. [6]</p>					

Tab. 1 Anzahl, Trend, Wirkungsgrad, Elektrizitätsverbrauch der Typen elektrischer Wasse-
rerwärmer mit einiger Bedeutung des Elektrizitätsverbrauchs

2. Überprüfung der Typenprüfungsbedingungen

2.1 Auswertung Typenprüfungen 1999

Die von den Anbietern deklarierten Daten der Typenprüfungen 1999 konnten vom BFE erhalten werden und wurden analysiert. Es handelt sich um rund 1'400 Modelle (mit Zahlenwerten) von 62 Anbietern. Insbesondere interessierte die Streuung der Verlustwerte bzw. die im Bestfall erzielten Verbesserungen gegenüber dem Grenzwert. Die Ergebnisse sind in Bild 1 dargestellt, jeweils für Grössenklassen mit vielen Modellen.

Die "max"-Werte, welche höher sind als die Typenprüfungs-Grenzwerte des Anhangs 1.1 zur Energieverordnung (EnV [2]) von 1992, sind durch zusätzliche wasserführende Stutzen zu erklären (Zuschlag 0.1 kWh/24 h pro Stutzen, bis max. 0.3 kWh/24 h).

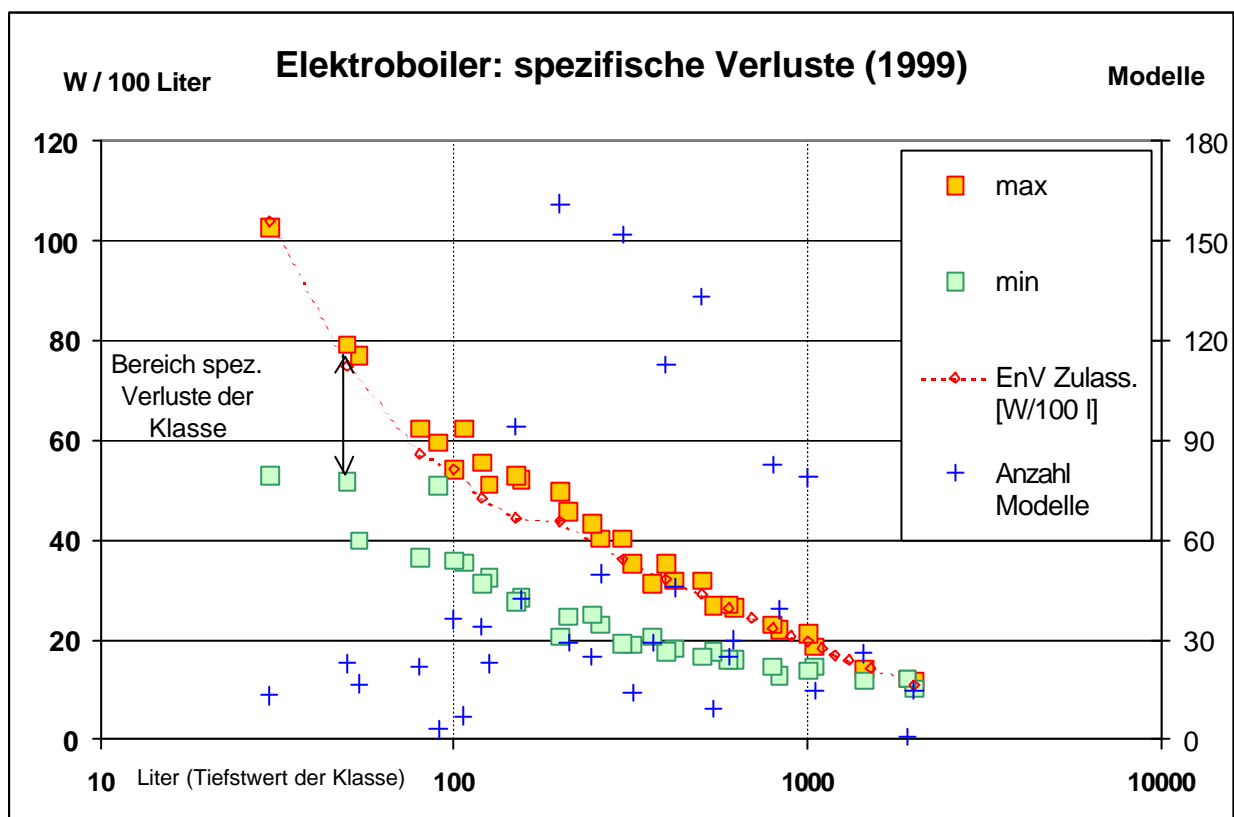


Bild 1 Spezifische Wärmeverluste typengeprüfter Elektro-Wassererwärmer 1999

Bild 2 zeigt die Verteilung der Verlustwerte der wichtigsten Liter-Klassen in absoluten Werten (kWh/24 h). Die häufigsten Werte sind tatsächlich ungefähr in der Mitte des jeweiligen Streubereiches.

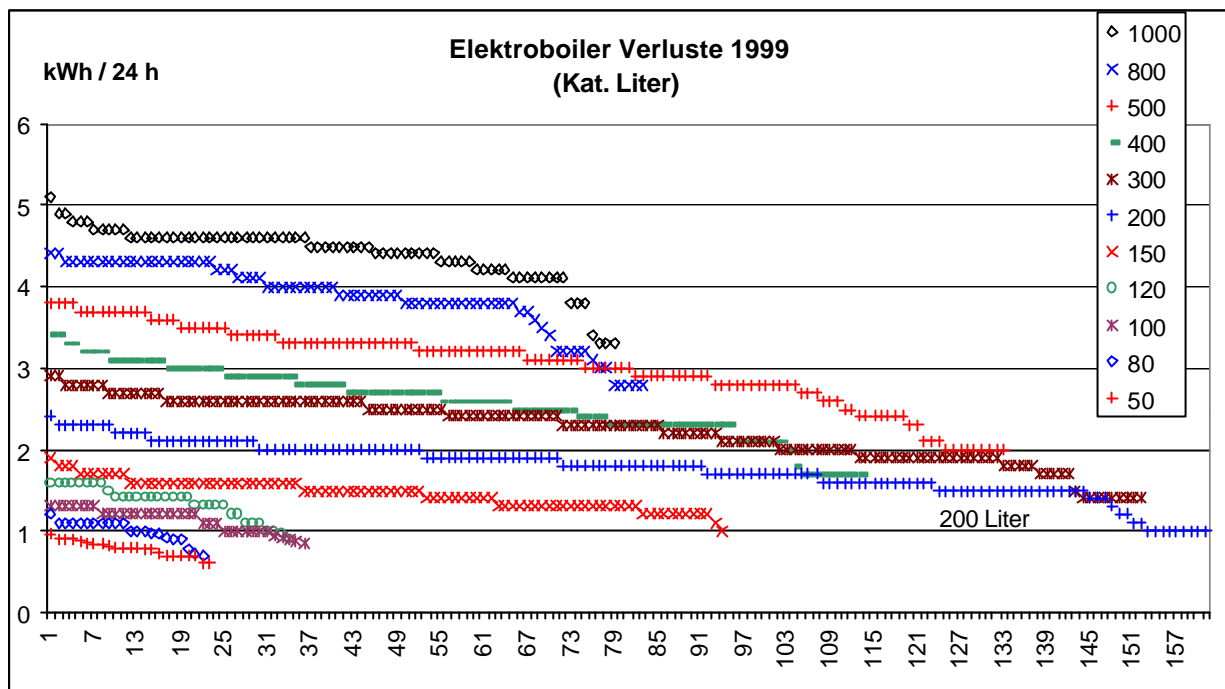


Bild 2 Verlustwerte ausgewählter Grössenklassen typengeprüfter Elektro-Wassererwärmer 1999

2.2 Resultierende Verluste und Wirkungsgrade

Die wichtigsten Messbedingungen gemäss Messnorm EN 60379 [3] (früher IEC 379) sind:

- Warmwassertemperatur 65°C, Umgebung 20°C, Temperaturdifferenz 45 K
- Speicher gefüllt, aufgeheizt mit eingebautem Elektroheizeinsatz
- Energieverbrauchsmessung mindestens 48 h.

Im praktischen Gebrauch wird demgegenüber der Speicher zu einem Teil der Betriebszeit teil-entladen sein und somit bis zu 50% kleinere Verluste aufweisen. Allerdings können bei oberem Abgang der Warmwasserverteilung u.U. zusätzliche Verluste durch Wärmeleitung und rohrinterne Zirkulation entstehen. Tabelle 2 stellt für häufige Speichergrössen die Verluste gemäss EnV (ΔT 45 K) und resultierende Wirkungsgrade bei typischen Tagesbezügen dar. Durch die Verlustminderung bei Teilentladung ergibt sich eine Verlustreduktion um 20...30% und somit eine Wirkungsgrad-Verbesserung um 5...15 Prozentpunkte.

Speicherinhalt Liter	Verlust kWh/24 h (EnV)	24 h Warmwasser- bezug % v. Inhalt	η (24 h)	η (24) teilla- dungs-korrigiert
50	0.9	66%	47.8%	61.5%
100	1.3	66%	62.3%	70.6%
200	2.1	66%	69.5%	77.6%
400	3.1	66%	78.0%	83.6%
400	3.1	50%	70.3%	76.2%
800	4.3	50%	79.4%	83.5%

Tab. 2 Wärmeverluste gemäss EnV (ΔT 45 K) und resultierende Wirkungsgrade für häufige Speichergrössen bei typischen Tagesverbräuchen

In SIA 380/1:2001 findet sich im Anhang C.2 ein Richtwert für den Nutzungsgrad von Elektro-Wassererwärmern (Tab. 18, Richtwerte des Nutzungsgrads η_{ww} von Wassererwärmungssystemen):

Elektro-Wassererwärmer: $\eta_h = 0.70 \dots 0.80$

Wie Tabelle 2 zeigt, ist dieser Wert bereits relativ gut bzw. kann sich nur auf den Wassererwärmer (ohne Verteilsystem) bei guter Auslastung beziehen, da er sonst zu hoch wäre.

Seit der Lancierung der Typenprüfungs-Grenzwerte EnV sind bedeutende Fortschritte bei der Wärmedämmung gemacht worden. Die Analyse der letzten vom BFE veröffentlichten Typenprüfungsliste (Bild 1) zeigt, dass die Wärmeverluste von Warmwasserspeichern gleichen Inhalts bis ca. Faktor 2 differieren. Technisch realisierbar wären heute auch Vakuum-Isolierungen mit nochmals um Faktoren tieferen Lambda-Werten und kleinerer Dicke. Diese Grenzwerte entsprechen daher nicht mehr dem Stand der Technik.

2.3 Aktivitäten der EU)

Im Internet konnte eine Mitteilung der EU gefunden werden, gemäss welcher der europäische Verband der Haushaltgeräte-Hersteller CECED eine Vereinbarung mit der EU bezüglich der Verluste von Elektro-Wassererwärmern lanciert, die bis 31. 12. 2003 gelten soll [4]. Darin werden die "Stillstandsverluste" auf Höchstwerte begrenzt werden, welche allerdings deutlich über den schweizerischen Typenprüfungs-Grenzwerte liegen. Ab 1. 2. 2002 soll das "gewogene Mittel" der Verluste auf diese Werte gesenkt werden, was "die Effizienz um 29.1% erhöhen" soll. Wie häufig bei Vereinbarungs-Vorschlägen der Industrie, wird damit höchstens der technische Stand des aktuellen Angebotes angenähert, während der wirtschaftlich machbare Stand der Technik um Einiges effizienter wäre.

Die EU hatte vorgesehen, im Rahmen des European Climate Change Programme (ECCP) anfangs 2003 ein Label für Elektro-Wassererwärmer einzuführen (Quelle: Appliance Efficiency 1/2001, Paolo Bertoldi, EC-IRC). Bisher konnten dazu keinen aktuellen Auskünfte erhalten werden. Es kann aber, angesichts der CECED Vereinbarung, wohl nicht mit sehr guten Effizienzwerten gerechnet werden.

Nachtrag Feb. 2004:

Die Grundlagen zur EU-Energie-Etikette waren tatsächlich erarbeitet und mit einem detaillierten Bericht dokumentiert worden (EVA, österreich. Energie-Verwertungs-Agentur, Wien). Die entsprechenden Werte können daher in einer Grafik analog Bild 3, aber auf kWh/24h bezogen, eingetragen werden (vgl. unten).

3. Anforderungen

3.1 Allgemeines

An den Warmwasserverbrauch selbst können keine Anforderungen gestellt werden, da er nutzungsabhängig und nur wenig technisch bedingt ist (selbstschliessende und Spar-Armaturen, gute Temperaturregelung etc.). Hingegen können Anforderungen an den Nutzungsgrad elektrischer Wassererwärmungssysteme gestellt werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Erzeugungs-Nutzungsgrad (z.B. > 2 mit Wärmepumpensystemen) und Speicher- bzw. Speicher-Erwärmer-Nutzungsgrad (< 1 durch Speicherverluste).

In SIA 380/1:2001 findet sich im Anhang C.2 als Richtwert für den Nutzungsgrad von Elektro-Wassererwärmern (Tab. 18, Richtwerte des Nutzungsgrads η_{ww} von Wassererwärmungssystemen):

Elektro-Wassererwärmer:	$\eta_h = 0.70 \dots 0.80$
-------------------------	----------------------------

Dieser Wert bezieht sich wohl nur auf den Wassererwärmer selber, da sonst unrealistisch. Die Messbedingungen dafür sind nicht erwähnt, können jedoch den Wert stark beeinflussen (bei kleinem Verbrauch tendiert η_h gegen Null!). Vgl. dazu die Werte von Tabelle 2 (korrespondieren nicht genau mit den Einzelanforderungen SIA 380/1 (1988) Tab. 8):

Die "Anforderungen für das Inverkehrbringen von Wassererwärmern, Warmwasser- und Wärmespeichern" gemäss EnV Anhang 1.1 können als Grundlage für Anforderungen SIA 380/4 dienen, da damit der Grossteil der elektrischen Wassererwärmer abgedeckt wird. Nicht erfasst sind platzgedämmte Warmwasserspeicher und solche < 30 und > 2000 Liter.

Sofern bei der Wassererwärmung die Widerstandsheizung ohne Einschränkungen zugelassen sein soll, stellt sich die Frage nach Anforderungen im Bereich "Elektrowärme Warmwasser" nur bezüglich der Speicherverluste.

Eine allfällige Verschärfung der Grenzwerte der Typenprüfung gemäss EnV bedürfte zusätzlicher Vorabklärungen, z.B. im Rahmen des Forschungsprogramms Warmwasser des Bundesamtes für Energie (Mark Zimmermann, EMPA).

Nachtrag Feb. 2004: Die Typenprüfungen sind gemäss EnV nur noch über eine Konformitätserklärung verbindlich; es werden also keine Messwerte mehr veröffentlicht.

3.2 Elektro-Wassererwärmer

Wenn die heute noch geltenden Typenprüfungs-Grenzwerte der EnV als SIA 380/4-Grenzwerte übernommen werden, so würde der Anforderungs-Zustand von 1992 weiterhin festgeschrieben. Angesichts der auf dem Markt erhältlichen effizienteren Speicher (Bilder 1 und 3) ist eine grössen-abhängig variable Reduktion der Grenzwert-Verluste gegenüber den EnV-Werten möglich. Diese kann durch eine Funktion beschrieben werden, welche sich an die von der CECED-Vereinbarung [4] angegebene Funktion anlehnt. Letztere geht vom physikalischen Oberflächen/Volumen-Verhältnis aus und hat daher den Exponenten $2/3$; die angegebene Funktion lautet: Verlustwert = $0.224 + 0.0663 \cdot \text{Volumen}^{(2/3)}$. Die resultierenden Werte liegen wesentlich höher als die Schweizer EnV-Werte. Allerdings gilt die CECED Vereinbarung nur bis 220 Liter. Aus Bild 3 ist auch ersichtlich, dass die EnV-Grenzwerte als diskrete Werte keiner Exponentialfunktion folgen; insbesondere sind "Ausreisser" bei 100 und 200 l Speicherinhalt ersichtlich.

Durch Variation der Konstanten und Faktoren wurden mögliche Grenz- und Zielwertfunktionen in Bild 3 eingeführt (in Watt pro Liter umgerechnet). Die Formeln lauten:

Grenzwert Wärmeverlust [kWh/24 h] = $0.24 + 0.038 \cdot \text{Volumen}^{2/3}$

Zielwert Wärmeverlust [kWh/24 h] = $0.15 + 0.028 \cdot \text{Volumen}^{2/3}$

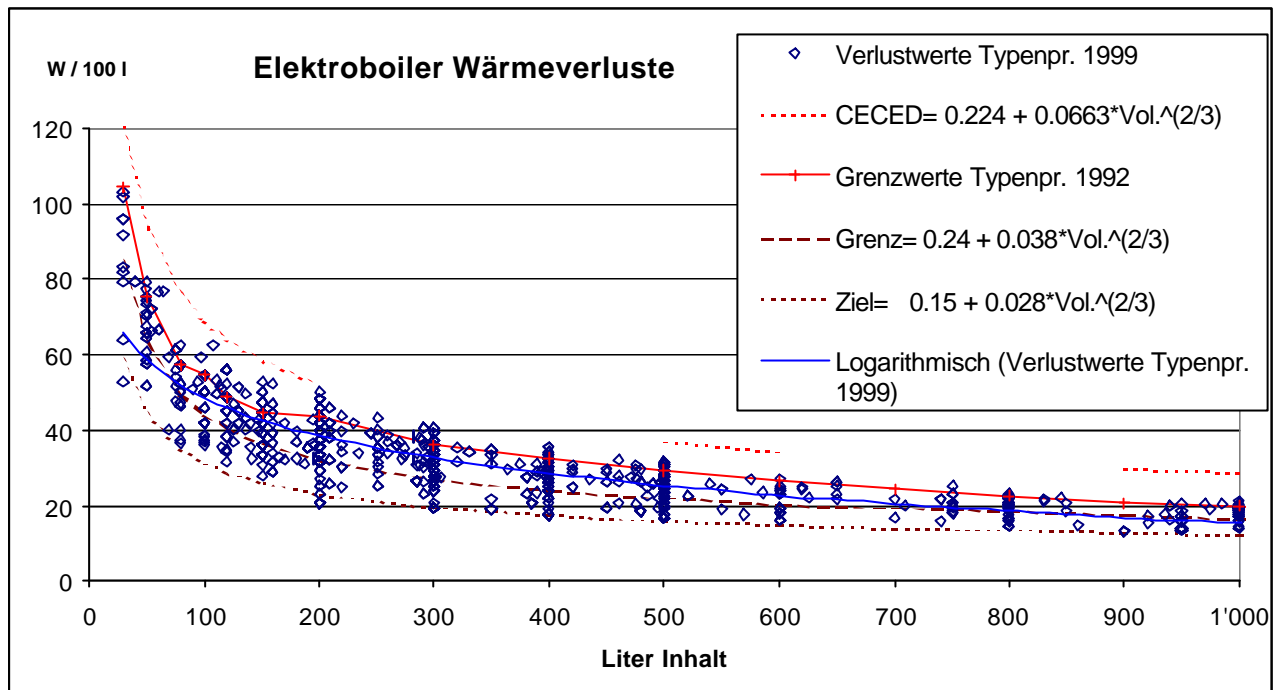


Bild 3 Spezifische Verlustwerte von Elektroboilern bis 1000 Liter, Typenprüfung 1999, Regression und mögliche Grenz-/Zielwertfunktionen (Nachtrag Feb. 2004: vgl. auch Bild 3a unten)

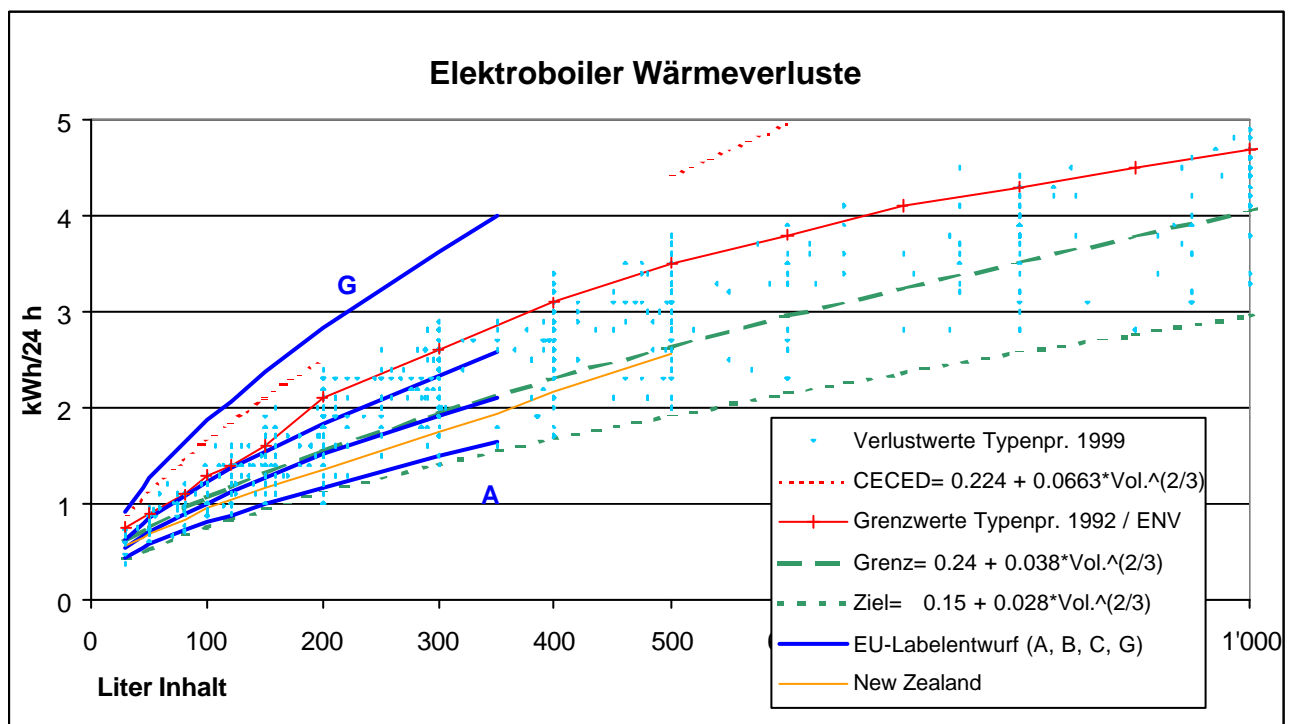


Bild 3a Spezifische Verlustwerte von Elektroboilern bis 1000 Liter, verschiedene Untersuchungen, EU-Labelentwurf und mögliche Grenz-/Zielwertfunktionen (Nachtrag Feb. 2004)

Die Festlegung von längerfristigen Zielwerten scheint zur Zeit schwierig, weil bisher tatsächlich keine Speicher mit Vakuum-Isolierung zur Marktreife gebracht wurden. Somit können deren Verluste nicht zuverlässig abgeschätzt werden. Trotzdem sollten Zielwerte sich nicht auf das Marktangebot abstützen, welches aufgrund schwacher Vorschriften längere Zeit kaum Effizienz-Fortschritte realisiert hat. Ein vermittelnder Ansatz wäre die Definition einer Zielwertfunktion auf der Basis der heute erhältlichen effizientesten Produkte, wie in Bild 3 bzw. 3a mit der untersten Linie angedeutet.

3.3 Warmwasser-Verteilverluste

Mögliche Grenz- und Zielwerte für die Warmwasser-Verteilverluste bei elektrischer Verlustdeckung werden im Bericht "Hilfsenergie Raumheizung und Warmwasser" behandelt. Deshalb hier nur einige Hinweise und Empfehlungen:

Die Verteilleitungen von Anlagen mit Elektro-Wassererwärmer werden in der Regel als Einzelleitungen ohne Warmhaltung ausgeführt. Zirkulationssysteme kommen wegen der aus dem Speicher zu deckenden Verluste nicht in Frage. Seit einiger Zeit werden jedoch zunehmend warmgehaltene Verteilsysteme mit elektrischen Heizbändern erstellt, welche auch für die Verteilung nach Elektro-Wassererwärmern in Frage kommt.

Heizbänder für Verteilleitungen dezentraler Elektro-Wassererwärmer sind durch zweckmäßige Platzierung der Geräte nahe bei den Zapfstellen zu vermeiden.

Eine wesentliche Komfortverbesserung ist ggf. mit der Wärmedämmung von Einzelleitungen zur Küche (z.B. wenn > 3 m lang) erreichbar, da diese Leitung meist die höchste Zapffrequenz und damit die höchsten Ausstossverluste aufweist. In [5] wurde gezeigt, dass eine nur 10...30 mm dicke Wärmedämmung solcher Leitungen nur geringe Mehrkosten verursacht.

4. Auslegungsrichtlinien

4.1 Allgemeines

Im Rahmen der SIA 380/4 sollen Auslegungsrichtlinien für Elektro-Wassererwärmer (Liter Inhalt) nach Wohnungsgrösse bzw. für Dienstleistungsräume (Art, Grösse) vorgeschlagen werden. Fälle, wo keine Elektro-Wassererwärmer in Frage kommen, werden somit nicht betrachtet (Anlagen mit Erwärmung durch Heizkessel etc., auch Kombispeicher).

Auslegungsrichtlinien für Warmwasserspeicher finden sich in verschiedensten Publikationen [7 - 11]. Fast alle stützen sich auf Warmwasserbedarfstabellen, welche ihrerseits zurückzufolgern sind auf Bösch/Fux [7]. Auch im Anhang der Norm SIA 385/3 [12] ist diese, bis auf einen Wert unveränderte Tabelle zu finden. Die Tabelle aus SIA 385/3 ist im Anhang 1 wiedergegeben. Alle Warmwasserbedarfstabellen geben Tagesbedarfe an; Stundenspitzen werden nur in Auslegungsmethoden für Hochleistungs-Wassererwärmer behandelt.

Im Rahmen der SIA 380/4 sind nur Auslegungshinweise für Elektro-Wassererwärmer zu geben. Nutzungen, wo solche nicht sinnvoll sind, brauchen daher nicht betrachtet zu werden.

Grundsätzlich sollte die Auslegung eher in einer Revision der SIA 385/3 bearbeitet werden. *(Nachtrag Feb. 2004: Erneuerung SIA 385/3 steht in Aussicht!)*

Zur Frage "Tagesspeicher oder Nachladung?"

Nach wie vor sind für Elektro-Wassererwärmer Tagesspeicher üblich und oft werden diese sehr grosszügig dimensioniert, was letztlich kaum wirtschaftlich ist. Als Alternative werden seit vielen Jahren so genannte Warmwasser-Automaten angeboten, mit einem oberen zweiten Elektro-einsatz, um tagsüber eine Teilmenge des Inhalts in kurzer Zeit nacherwärmen zu können. Bei Spitzenbedarf kann der Nachheiz-Einsatz per Knopfdruck eingeschaltet werden und schaltet sich nach der thermostatischen Abschaltung wieder ganz aus. Per Rundsteuerung kann dieser Einsatz z.B. über Mittag gesperrt werden.

Somit stellt sich die Frage nach der sinnvollen Auslegung: Tages-Nachladung berücksichtigen oder beide Varianten angeben? (SIA 385/3: Auszug im Anhang 3).

Gerade im Wohnungsbau sind immer noch deutliche Wochenend-Spitzenbedarfe zu beobachten [11, 13]. Allerdings nicht in früher üblichem Ausmass (Bad am Samstag/Sonntag, keine Dusche!)

Die Elektrizitätswerke wollen keine generelle Tagesnachladung. Als Auslegungsgrösse ist daher die Tagesspitze an Wochentagen sinnvoll; was eine Nachladungsmöglichkeit für extreme Spitzen am Wochenende bedingt. Tagesnachladung am Wochenende stellt kein Problem für die Elektrizitätsversorgung dar.

Somit sollte aus energetischer Sicht eine eher knappe Auslegung, dafür aber Warmwasser-Automaten mit Nachladungsmöglichkeit empfohlen werden.

4.2 Warmwasserbedarf

In der Warmwasserbedarfs-Tabelle SIA 385/3 (Anhang 1) wird unterschieden nach personen- und sachbezogenen Einheiten als Bezugsgrösse. Zudem werden unter "Zweckbestimmung" oft verschiedene Standards oder Intensitäten aufgeführt. Schliesslich werden jeweils 3 Bedarfswerte als Mindest-, Durchschnitts- und Spitzenwerte angegeben. Somit ergeben sich insgesamt 90 Werte. In Tabelle 3 sind die Nutzungen und Bezugsgrössen der Tabelle

von SIA 385/3 mit Gebäudetypen gemäss SIA 380/1 (vgl. Tabelle 6) dargestellt, mit z.T. geänderter Reihenfolge (personen-/sachbezogen).

Nutzung	Zweckbestimmung / Hinweise	Bezugsgrösse	Gebäudetypen gemäss SIA 380/1
<i>Personenbezogen</i>			
Wohn- und analoge Gebäude	Standard:	Person	
EFH/Eigentumswohnung	einfach/mittl./gehoben		Wohnen EFH
Mehrfamilienhaus	allg. / gehoben		Wohnen MFH
(andere Nutzungen ähnlich Wohnen)	Standard:	Bett	Restaurant (Spitäler)
Gasthöfe, Hotels, Appartementshäuser	einfach/ 2./ 1. Klasse/Luxus		
Kinderheime, Altersheime	einfach		
Krankenhäuser, Kliniken	einfach		
Gewerbeküchen	Kochen, Spülen	Sitzplatz	Restaurant
Caféstuben, Tea-Rooms	Besetzung mässig /mittel/ stark		
Gaststätten, Restaurants			
<i>Sachbezogen</i>			
Speiserestaurant	Essen einfach/ bis 3 Gänge/ 4 und mehr	Anzahl Essen	Restaurant
Duschenbad	Schüler Sportler Fabrikarbeit (schwach / stark schmutzig)	Dusche/Person	Schulen Sportbauten Industrie (Verkauf)
Wannenbad	(normale / Gross- / Hydrotherapie-/ Grossraum-Wannen)	Bad/Person	Wohnen EFH/MFH Spitäler

Tab. 3 Bezugsgrössen Warmwasserbedarfs-Tabelle SIA 385/3, ergänzt durch Gebäudetypen von SIA 380/1

Offensichtlich sind auch die "sachbezogenen" Einheiten z.T. Personen. Bei der "personenbezogenen" Nutzung Gewerbeküchen ist die Bezugsgrösse hingegen ein Sitzplatz, was eigentlich keine Person, sondern eine Sache ist und i.d.R. von mehreren Personen pro Tag besetzt wird.

Eine vereinfachte Tabelle findet sich im Lehrmittel für Sanitärinstallateure und -zeichner, welche noch 9 Werte, z.T. mit Streubereich, enthält (Anhang 2, [8]). Als weitere Vereinfachung kann als zentraler Verbrauchswert der Tagesverbrauch pro Person im Wohnungsbau angegeben: bestätigt durch neuere Messungen [13, 14], liegt dieser bei 45 Litern (60°C). Für die Auslegung ist bei den heute üblichen Komfortansprüchen ein höherer Wert einzusetzen.

Durch die Warmwasserbedarfstabellen (wie in SIA 385/3) sind folgende Gebäudekategorien bzw. Nutzungen von SIA 380/1 **nicht abgedeckt** (WW-Nutzung für...):

- Verwaltung WC, Reinigung, evtl. Kaffeeabwasch, evtl. Duschen
- Verkauf WC, Reinigung, evtl. Duschen
- Versammlungslokal, Lager WC, Reinigung
- Hallenbäder (könnte evtl. als "Duschbad" behandelt werden)

In folgenden Gebäudetypen sind Elektro-Wassererwärmer **nicht üblich** bzw. nicht sinnvoll oder nicht berechenbar:

Restaurant, Spitäler, Industrie, Sportbauten, Hallenbäder.

In Schulbauten waren Elektro-Wassererwärmer früher verbreitet; heute werden vorwiegend zentrale Anlagen mit Erwärmung durch den Heizkessel eingesetzt.

Somit sind für SIA 380/4 Elektro-Wassererwärmer in folgenden Gebäudetypen zu betrachten:

Wohnen (EFH, MFH), Verwaltung, Schulen, Verkauf.

Zudem evtl. (für WC und Reinigung): Versammlungslokal, Lager, Gewerbelokal.

Warmwasserbedarf WC, Reinigung in Nicht-Wohnbauten

Für den Warmwasserbedarf in Nichtwohnbauten, der keinem Zweck gemäss Tabelle 3 zugeordnet werden kann, konnten keine Richtwerte gefunden werden. Dies betrifft vor allem den Warmwasserverbrauch für WC (Handwaschbecken), Reinigung, Kaffee-Abwasch und evtl. Duschen. Damit ist der Warmwasserverbrauch pro Person und meist auch pro m² klein im Vergleich mit Wohnbauten. Konventionelle zentrale Warmwasserversorgungen weisen deshalb in solchen Bauten einen schlechten Wirkungsgrad auf, was für den Einsatz dezentraler (Elektro-) Wassererwärmer spricht.

In Tabelle 4 wird ein Vorschlag für den Warmwasserverbrauch der Nutzungen Verwaltung (Büro) und Verkauf dargestellt, auf einen Arbeitsplatz bezogen (Jahresverbrauch mit 250 Arbeitstagen):

Verwendung	Liter/Tag 60°C, pro Arbeitsplatz	kWh/a, pro AP
WC (wenn mit Warmwasser)	5	65
Reinigung	2	26
Kaffee-Abwasch (ohne Kantine)	2	26
Total	9	117

Tab. 4 Annahme Warmwasserverbrauch Verwaltung/Verkauf für WC und Reinigung
Die Jahreswerte sind beim Verkauf um 20% zu erhöhen (Samstag offen)

Zusammenhang Personen / Zimmerzahl / Flächen

Zu unterscheiden ist zwischen effektiver Personenbelegung und der Planung, d.h. für wie viele Personen wird gebaut und ausgerüstet. Bei den Planungswerten sind die Streubereiche nicht so gross wie später bei der effektiven Nutzung, können aber doch bis gegen 1:2 sein:

- Grosses EFH, EBF 300 m² für max. 8 Personen m² / max. P. = 37.5
- 4-Zimmer Wohnung 80 m² für max. 4 Personen m² / max. P. = 20

Es gibt wenig aufbereitete statistische Grundlagen zum Zusammenhang Personen / Zimmerzahl / Flächen. Einige Hinweise lassen sich aus Zahlen der Volkszählung sowie von Wüest & Partner, Immo-Monitoring [15] ableiten (Bild 4). Zur Zeit gibt es einen Nachfragetrend zu grösseren Wohnungen und zu schwächerer Belegung, also weniger Personen pro Fläche und pro Zimmer.

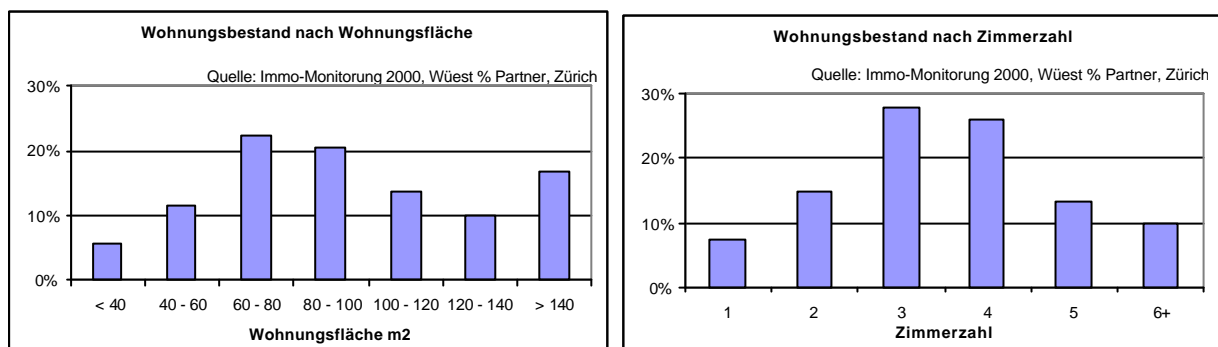


Bild 4 Wohnungsbestand nach Zimmerzahl und Wohnfläche (Wüest & Partner)

Falls mit der Zimmerzahl als Auslegungsbasis gerechnet wird, gibt der folgende Vorschlag eine einfache Richtgrösse für "Personen pro Zimmer" als Auslegungsgrundlage für den Warmwasserbedarf (halbe Zimmer nicht gerechnet).

Auslegungs-Belegung = 0.8 Personen/Zimmer Ausnahme: 1-Zimmerwohnung: 1 Person
--

Für die Auslegung sollten keine Komfort-Korrekturen angebracht werden, da Wohnungen mit vielen Zimmern zeitweise stark belegt sein können und bei schwacher Belegung eher höhere Ansprüche an den Spitzenbedarf gestellt werden.

Grundsätzlich können auch andere Zusammenhänge zwischen Zimmerzahl und Personen definiert werden. Für Wohnungen mit 3 und mehr Zimmern könnte "Zimmerzahl minus 1" ein Ansatz sein, welcher allerdings schon bei 5 und mehr Zimmern oft nicht mehr plausibel ist. 2-Zimmerwohnungen sind in den meisten Fällen nur mit 1 Person besetzt, wobei aber doch auch mit einem Anteil Zweierbesetzungen oder mit der Beherbergung eines Besuchs zu rechnen ist.

4.3 Auslegungsempfehlung Elektro-Wassererwärmer nach Zimmerzahl

Anmerkung: Falls ein Geschirrspüler (Kaltwasseranschluss) vorhanden ist, kann der Elektro-Wassererwärmer 10...15% kleiner ausgelegt werden.

Zimmerzahl	Personenzahl (0.8 P/Zi)	Warmwasserverbrauch (Ø 45 l/P*Tag, 60°C)	Speicherauslegung mit Automat* (Liter)	Speicherauslegung Tagesbedarf (Liter)
1	1	45	80	100
2	1.6	72	100	120
3	2.4	108	120	150
4	3.2	144	150	200
5	4	180	180	250
6	4.8	216	200	280
7	5.6	252	220	300

* Warmwasser-Automat: Tages-Nachladung auf Knopfdruck möglich

Tab. 5 Auslegungsempfehlung Elektro-Wassererwärmer nach Zimmerzahl, mit 0.8 P/Zi.

4.4 Flächenbezogene Auslegung von Elektro-Wassererwärmern

Um den personenbezogenen Warmwasserverbrauch auf Flächen umzulegen, müssen Annahmen für die Belegung (Personen / m²) getroffen werden.

Für **Wohnbauten** lässt sich aus statistischen Daten (Volkszählung, Immo-Monitoring [15]) ein BGF- Wert von 42 m² pro Zimmer ermitteln. Dieser umfasst jedoch auch die nicht als Zimmer zählenden Räume wie Küche, Bad/WC, Korridor und kann somit nicht einfach mit der Zimmerzahl multipliziert werden. Da aber der Warmwasserverbrauch stärker von der Personen- (und Zimmerzahl) als von der Wohnungsfläche abhängt, ist eine Auslegung nur nach Fläche problematisch. Für Überslagsberechnungen kann der Wärmebedarf für Warmwasser gemäss SIA 380/1 herangezogen werden (Tabelle 6):

Geb. Kat.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Verwaltung	Schulen	Verkauf	Restaurant	Versammlungslokale	Spitäler	Industrie	Lager	Sportbauten	Hallenbäder
Wärmebed. WW MJ/m ² a	75	50	25	25	25	200	50	100	25	5	300	300
m ² / Pers.	40	60	20	10	10							
Liter WW / Pers.* Tag	44	44	11	6.7	4.4							
Liter / m ²	1.1	1.1	0.55	0.7	0.44							

Tab. 6 Gebäudekategorien, Wärmebedarf für Warmwasser und Personenflächen gemäss SIA 380/1 (dort Tab. 14 und 5), ergänzt mit Beispielen von Warmwasser-Verbrauchswerten.

Die Verbrauchszahlen sind Jahresmittelwerte; Nutzungs-Tage: Wohnen 365 Verwaltung 250, Schulen 200, Verkauf 300, $\eta = 1$

Kommentare zu den aus der "Rückrechnung" in Tabelle 6 resultierenden Warmwasser-verbrauchswerten mit den angenommenen Belegungen:

- Für Wohnen ergeben sich plausible Werte
- Für Verwaltung ergibt sich ein etwas höherer Wert als die in Tabelle 4 vorgeschlagen 9 Liter/Person und Tag
- Der Wert für Schulen (6.7 l/d) scheint inkl. Sport/Duschen etwas knapp
- Der Wert für Verkauf (4.4 l/d) erscheint klein. Allerdings ist die Personenfläche von 10 m² /P sehr klein (oder sie enthält auch die Kunden, welche natürlich ebenfalls Abwärme bringen). Würden 20 m² /P (Verkaufspersonal) eingesetzt, so resultierten gerade die in Tabelle 4 vorgeschlagenen 9 Liter/Person und Tag sowie ein Wert von 0.9 Liter/m². Für moderne Verkaufslokale dürften 20...70 m² pro Verkaufsperson üblich sein, was wiederum viel kleinere Warmwasserbedarfe pro m² ergibt.

Für die Auslegung von Elektro-Wassererwärmern (mit Nachtaufladung) müssten die Jahresmittel-Verbrauchswerte gemäss den Nutzungstagen auf Tageswerte korrigiert und um einen Spitzenbedarfs-Zuschlag von 20...30% erhöht werden. Der Zuschlag kann kleiner sein als bei Wohnbauten, wo Bad/Dusche zu hohen Spitzen führen.

Eine detaillierte Bearbeitung der Auslegung von Wassererwärmern sollte, wie schon erwähnt, eher in **SIA 385/3** (bei einer Revision) erfolgen.

Auch für **Dienstleistungsbauten** (Verwaltung, Schulen, Verkauf) sind somit flächenbezogene Auslegungsempfehlungen problematisch, obwohl dort personenbezogene mangels entsprechender Zahlen (in der Planungsphase) kaum einsetzbar sind. Daher schlagen wir für Dienstleistungsbauten nur eine allgemeine Vorgehensempfehlung vor.

4.5 Empfehlung für das Vorgehen bei Dienstleistungsbauten

1. Energieträger: wenn Abwärme (z.B. gewerbliche Kühlung, Abluft) verfügbar ist und/oder erneuerbare Energien eingesetzt werden können (Sonnenkollektoren, Holz, Wärmepumpe), soll eine zentrale Warmwasserversorgung geplant werden. Besondere Aufmerksamkeit ist geringen Verlusten der Warmwasserverteilung zu schenken.
2. Wenn für die Heizwärmeversorgung ein Heizkessel mit fossilen Energieträgern geplant wird, sollen zentrale Warmwasserversorgung und Elektro-Wassererwärmer einander gegenübergestellt werden. Für den Warmwasserbedarf können die Werte aus SIA 380/1, Tabelle 14 verwendet werden. Für die Wirtschaftsberechnung sollen Elektrizitätstarife mit einem Arbeitspreis von mindestens 200% des Öl-/Gaspreises verwendet werden.
3. Werden Elektro-Wassererwärmer eingesetzt, so ist auf minimale Bereitschaftsverluste zu achten. Warmzuhaltenden Verteilleitungen sind zu vermeiden.
4. Die Auslegung von Elektro-Wassererwärmern ist möglichst auf ausgewiesene bzw. absehbare Bedürfnisse auszurichten. Überdimensionierung oder Reserven sind zu vermeiden.

5. Berechnungsmethoden

5.1 Grundlagen

Die Erarbeitung von Berechnungsmethoden war nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Trotzdem sollen einige Hinweise gegeben werden, u.a. auch im Zusammenhang mit einem ausgeschriebenen – inzwischen laufenden – Forschungsprojekt. Die in den Kapiteln 3.2 "Elektro-Wassererwärmer" (Grenz-/Zielwerte) und 4.2 "Warmwasserbedarf" zusammengestellten Daten erlauben ohne grossen Aufwand eine auf die Zimmerzahl bezogenen Berechnung (Tabelle 5, Kap. 4.3). Mit den Hinweisen aus 4.4 "Flächenbezogene Auslegung von Elektro-Wassererwärmern" sind auch Ansätze für Nicht-Wohnbauten abzuleiten.

Der Energieverbrauch für die Warmwasserversorgung ist sehr stark dem Benutzereinfluss ausgesetzt, weshalb in der Regel mit Standardnutzungs-Werten gearbeitet werden muss.

5.2 SIA 380/1:2001

Aufgrund statistischer Erhebungen wurden für die SIA 380/1 Standardnutzungs-Daten als Energiekennzahlen ($\text{MJ/m}^2 \text{ EBF}_0$) für die Gebäudekategorien angegeben (4.3, Tab. 14). Dies sind Netto-Bezugswerte aus dem Warmwassersystem; sie dienen zur Berechnung des Nutzungsgrades, wenn keine genaueren Werte bekannt sind.

Falls eine genauere Berechnung des Elektrizitätsverbrauchs (Warmwasser) erfolgt, sollten stärker situationsbezogene Standardnutzungen herangezogen werden. Solche könnten durch Differenzierung der Gebäudekategorien gewonnen werden, z.B. Wohnen nach Zimmerzahl, andere nach Arbeitsplätzen etc.

Zur Ermittlung spezifischer Verbrauchsdaten wäre eine Literaturrecherche erforderlich. Bei den Wohnbauten (gewichtige Kategorie) gibt es neuere Daten in [1].

Wärmeverluste

Die Wärmeverluste des Warmwassersystems Q_{LWw} werden in 380/1 ebenfalls behandelt, weil sie heizwirksam sein können (5.2). Sie sollen "bei der Überarbeitung der Norm SIA 385/3 behandelt werden". Bis dahin soll – gemäss 380/1:2001 – die Empfehlung 380/1 (1988) Anhang C3 verwendet werden. Dort finden sich folgende Angaben (nebst Formel und Zeichnung):

Der Wärmeverlust des Speichers wird aus der Oberfläche, dem Wärmedurchgangskoeffizienten und der mittleren Temperaturdifferenz zwischen dem Warmwasser am Speicherausgang und der umgebenden Raumluft bestimmt.

Für typengeprüfte Warmwasserspeicher kann für die Berechnung direkt die Wärmeverlustleistung aus dem Prüfzeugnis verwendet werden. Die entsprechenden Grenzwerte für die Einzelanforderungen an Warmwasserspeicher sind in Kapitel 4 [eff.: 3.10, Tab. 8] angegeben.

Die Verwendung der einheitlichen Wassertemperatur am Speicherausgang berücksichtigt die effektiv tieferen Wassertemperaturen durch die Schichtung, Wasserentnahmen usw. nicht. Der k-Wert der Speicherdämmung wird für die Verlustberechnung um 50% erhöht, da auch bei guter Befestigung unerwünschte Hinterlüftungen und ein typisches Absinken der Wärmeleitfähigkeit bei höheren Temperaturen beobachtet wird. Für detaillierte Erfassung der einzelnen Zuschlagsfaktoren siehe Normen SIA 380/3 und 384/1 (neu).

Die Formeln und Begriffe lauten neu in 380/1:2001:

$$Q_{Lww} = Q_{Lwwge} + Q_{Lwwd} + Q_{Lwwve}$$

Q_{Lwwge} Wärmeverlust des Wassererwärmers und -speichers während Betrieb und Bereitschaft

Q_{Lwwd} Wärmeverlust des warm gehaltenen Warmwasserverteilsystems

Q_{Lwwve} Wärmeverlust in den nicht warm gehaltenen Teilen des Warmwasserverteilsystems (Ausstossverluste)

Warmwasser-Verteilverluste

Die Deckung der Warmwasser-Verteilverluste erfolgt auf verschiedene Arten. Die dafür nötige Energie kann nicht in allen Systemen eindeutig zugeordnet werden.

- Die Ausstossverluste (Inhalt der abkühlenden letzten Meter Leitung) werden immer durch Nachlieferung aus dem Speicher gedeckt.
- Bei Zirkulationssystemen werden die Leitungs-Wärmeverluste aus dem Speicher gedeckt, die hydraulische Zirkulationenergie liefert eine (elektrische) Pumpe. Bei Thermosyphon-Systemen entfällt die Elektrizität. In grossen Anlagen wird u.U. die Zirkulationsleitung separat erwärmt, z.B. mittels Wärmepumpe, um die Speicher-Schichtung weniger zu stören.
- Bei Systemen mit Begleit-Heizbändern werden die Leitungs-Wärmeverluste z.T. elektrisch, z.T. aus dem Speicher gedeckt (wenn die Speichertemperatur über der Ansprechtemperatur liegt, brauchen selbstregelnde Heizbänder bei Zapfbetrieb keine Elektrizität).

Die Berechnung des elektrischen Energiebedarfs zur Deckung der Verteilverluste ist nur im Falle von Heizbändern von Belang. Sie wird im Kapitel "Hilfsenergie" zu SIA 380/4 behandelt.

prEN 14335: Heizungssysteme... - Berechnungsverfahren...

Der Normentwurf prEN 14335 "Heizungssysteme in Gebäuden - Berechnungsverfahren für Energiebedarf und Nutzungsgrad von Systemen" behandelt auch den Energiebedarf für Trinkwassererwärmung. Sie soll die EN 832 diesbezüglich ergänzen und muss bei neuen Berechnungsmethoden angewandt bzw. berücksichtigt werden.

5.3 Projektausschreibung "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" 2002 - 2003

Im Forschungs- und Demonstrationsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden", Leiter Mark Zimmermann, EMPA, ist ein Projekt mit folgendem Titel ausgeschrieben:

"Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauches von Warmwasseranlagen"

Ziel ist es, analog zu SIA 380/1 eine detaillierte Rechenmethode zu entwickeln, welche Wassererwärmung, -verteilung und Nutzung (Nutzerprofile) berücksichtigt. Dabei sollen die in [5] entwickelten Simulationsmethoden eingesetzt werden. Das Projekt soll im Juni 2002 genauer definiert und lanciert werden (Eingabetermin 15.5.). *Nachtrag Feb. 2004: Projekt laufend!*

Selbstverständlich sollen auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit einfließen und Berechnungsmethoden für Systeme mit Elektro-Wassererwärmern behandelt werden.

5.4 Wirkungsgrad / Abwärmegewinne

Bei Warmwasserspeichern und -leitungen im beheizten Perimeter sind die Verluste heizwirksam.

In SIA 380/1 werden die heizwirksamen Wärmeverluste des Warmwassersystems nicht berücksichtigt. Dies mit der Begründung, dass die Gewinne aus Verlusten innerhalb des beheizten Perimeters etwa mit den Verlusten durch Erwärmung von Kaltwasserleitungen kompensiert werden (SIA 380/1, 5.2.2). Dies trifft allerdings für Systeme mit Elektro-Wassererwärmer nicht zu, da hier die Speicherverluste klar überwiegen und somit Gewinne entstehen, die nicht vernachlässigt werden sollen.

Da in SIA 380/1 Gewinne aus Elektro-Abwärme nur ohne Wassererwärmung berücksichtigt werden, scheint hier insofern ein Lücke vorzuliegen, als die Abwärme von Elektro-Wassererwärmern nicht erfasst wird. Praktisch hat dies zur Folge, dass solche Gebäude entsprechend weniger Heizwärme als berechnet brauchen. (Die Berechnung nach SIA 380/1 kann aber auch als zukunftsicher interpretiert werden, falls später Elektro-Wassererwärmer durch zentrale Warmwasserversorgung ersetzt werden).

6. Literatur

- [1] Der Wasserverbrauch im Schweizer Haus, BUWAL 1999, Umwelt-Materialien Nr. 114
- [2] Energienutzungsverordnung EnV, SR 730.01 AS 1999, Anhang 1.1
- [3] DIN / EN 60379 Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaften von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch (Entwurf April 2002 / Einsprüche bis 31. 5. 2002, Ersatz für DIN 44532).
- [4] Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften 8.9.2001, C 250/4: Mitteilung gemäss Artikel 19 Abs. 3 der Verordnung Nr. 17 des Rates in der Sache COP.F.1/37.893 – CE-CED Wassererwärmer
- [5] Simulation Warmwassersysteme, Alpha Real AG et al, BFE 1999, EDMZ Nr. 805.320d
- [6] Elektrische Heizbänder: Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten, ARENA J. Nipkow April 2002, BFE-Forschungsprogramm Elektrizität
- [7] Warmwasserversorgungen heute, Karl Bösch und Otto Fux, AT Verlag Aarau 1984 Bedarfstabelle S. 23 / 151
- [8] Warmwasserversorgung, Berufskunde für Sanitärinstallateure und Sanitärzeichner sowie Lehrmittel für Haustechnikberufe, SSIV 1995, Walter Zanvit. Kurze Bedarfstabelle S. 3
- [9] Elektrische Wassererwärmung, RAVEL 1995, SSIV/INFEL, EDMZ 724.349.1d Bedarfstabellen S. 68 ff
- [10] Zukunftsorientierte Warmwasseranlagen, Ergänzung zum RAVEL-Band "Elektrische Wassererwärmung", 1995, 724.349.01d (v.a. Wärmepumpen, Sonnenkollektoren, bivalente Anlagen)
- [11] Warmwasserbedarfswahlen und Verbrauchscharakteristik, Materialien zu RAVEL 1993 (Max Blatter et al, 724.397.23.58d)
- [12] SIA 385/3 Warmwasserversorgungen für Trinkwasser in Gebäuden, Norm 1991 Bedarfstabelle S. 17, Ermittlung Nutzwarmwasserbedarf / ...Volumen... S. 12f
- [13] Dusch- und Badeverhalten, Bericht zu einer Repräsentativumfrage, Ernst Dichter SA Marktforschung, Zürich, BFE-Auftrag, Mai 1999, EDMZ-Nr. 805320.1d
- [14] Warmwasser-Zapfungsverhalten, J. Nipkow (Auftrag Industrielle Betriebe Stadt Zürich 1999), Kurzfassung in Gebäudetechnik 1/2000
- [15] Immo-Monitoring, Verlag Wüest & Partner, Zürich 2000 (jährlich)

Weitere im Zusammenhang zu beachtende Quellen

- Merkblatt SVGW: Legionellen in Trinkwasserinstallationen – Was muss beachtet werden? SVGW, Zürich, Juli 2001
- Legionellen und Legionellose, Broschüre Nr. 311.355d des Bundesamts für Gesundheit, Bern August 1999

7. Anhang

7.1 SIA 385/3 (1991), Warmwasserverbrauchstabelle (Anhang A1)

Tabelle 1 Auswertungen von Messungen und Statistiken des Warmwasserverbrauchs
(Für deren Anwendungen sind alle relevanten Einflussgrössen und objektbezogenen Randbedingungen mitzubersichtigen)

Einheit	Gebäudeart	Zweckbestimmung Hinweise:	Warmwasserbedarf I à 60°C/Tag Durchschnittswerte pro Einheit **			
			Einheit	1	2	3
personenbezogene Einheit	Wohn- und analoge Gebäude Einfamilienhaus oder Eigentumswohnung	einfacher Standard	P	30	35	40
		mittlerer Standard	P	35	40	50
		gehobener Standard	P	40	50	60
		allgem. Wohnungsbau	P	30	35	45
		gehobener VVwohnungsbau	P	35	40	50
	Gewerbeküchen Cafestuben Tea-Rooms Gaststätten Restaurants	Kochen, Spülen, Geschirrabwaschen	S	15	20	30
		Besetzung mässig	S	20	30	40
		Besetzung stark	S	10	15	25
		Besetzung mässig	S	20	25	35
		Besetzung stark	S	25	30	45
	Gasthöfe Hotels Appartementshäuser	Standard (ohne Küche und Waschküche): einfach	B	30	40	50
		2. Klasse	B	40	50	70
		1. Klasse	B	60	80	100
		Luxus	B	80	100	150
	Kinderheime Altersheime	einfacher Standard	B	40	50	60
		einfacher Standard	B	30	40	50
	Krankenhäuser Kliniken	<i>medizinische Einrichtungen:</i> einfach	B	50	60	80
		durchschnittlich	B	70	80	100
		umfangreich	B	100	120	150
sachbezogene Einheit	Speiserestaurant	Essen einfach, Tellergerichte	E/M	6	8	10
		Essen bis 3 Gänge	E/M	8	10	12
		Essen 4 und mehr Gänge	E/M	12	15	20
	Duschenbad	Annahme Mischtemp. 45°C Entnahmestelle				
		Schüler	D/P	30	35	40
		Sportler	D/P	35	40	50
		Fabrikarbeit: schwach schmutzig	D/P	45	50	60
		stark schmutzig	D/P	50	60	70
	Wannenbad	Normale Wannen	B/P	120	150	180
		Grosswannen	B/P	150	180	200
		Hydrotherapiewannen	B/P	250	300	400
		Grossraumwannen	B/P	400	500	600

** Je nach der konkret bestimmten, von 60°C abweichenden Warmwassertemperatur sind die Literwerte (L/d) mit dem entsprechenden Korrekturfaktor zu ermitteln.

Es bedeuten: personenbezogene Einheiten:

P = Person

B = Bett

S = Sitzplatz

sachbezogene Einheiten:

E/M = Essen pro Mahlzeit

*D/P = Duschenbad

* B/P = Wannenbad

* pro einmalige Benützung

1 Mindestwert, der bei der Bemessung von Wassererwärmungsanlagen keinesfalls zu unterschreiten ist

2 Durchschnittswert als Grundlage für die Berechnung des Jahresgesamtbedarfs an VVasser und Wärmeenergie

3 Spitzenbedarf als Grundlage für die Berechnung von Wassererwärmervolumen und Erwärmerleistungen

7.2 Warmwasserbedarf (aus Berufskunde für Sanitär-Installateure)

Warmwasserbedarf (aus Berufskunde für Sanitär-Installateure und -zeichner, SSIV 1995 [7])
Die Werte "Gebäudeart" sind eher höher als SIA 385/3, jene "apparatebezogen" tiefer.

Gebäudeart	Zweckbestimmung	Bedarf Liter 60°/Person und Tag
EFH/Eigentumswohnung	einfacher Standard	40 - 50
	gehobener Standard	50 - 60
MFH	allgemeiner Wohnungsbau	ca. 35
	gehobener Wohnungsbau	ca. 40
Apparatebezogen		
Duschbad	Schüler	25
	Sportler	35
Wannenbad	Normale Wannen	100
	Grosswannen	120
	Grossraumwannen	350

7.3 SIA 385/3, Volumen und Erwärmerleistung (Auszug)

3.4 Bestimmung der Volumen und Erwärmerleistungen von Wassererwärmern

3.4.2 Speicherwassererwärmer ohne Tagesnacherwärmung

Sofern während der Tagesstunden keine Nacherwärmung erfolgen kann, ist das Speichervolumen des Wassererwärmers gemäss folgenden Kriterien zu bestimmen:

- Tages-Nutzwarmwasserbedarf, wie er jede Woche ein- bis zweimal vorkommen kann
- Erwärmer-Wärmeverluste
- Wärmeverluste des Verteilsystems
- störende Temperaturabsenkungen im Wassererwärmer sind durch entsprechende Massnahmen zu vermeiden
- nicht ausnutzbares Speichervolumen für Kalt- und Mischzonen.

3.4.3 Speicherwassererwärmer mit Tagesnacherwärmung

Stehen Energiearten oder Wärmeenergieträger teils oder gänzlich während der Tagesstunden zur Verfügung, so sind Warmwasser- bzw. Wärmebedarf, Erwärmerleistung und Wassererwärmervolumen nach wirtschaftlichen Kriterien zu optimieren.