

DIN EN 50440**DIN**

ICS 91.140.65

Einsprüche bis 2006-01-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60379:2004-07**Entwurf****Wirkungsgrad von elektrischen Warmwasserspeichern für den
Hausgebrauch;
Deutsche Fassung prEN 50440:2005**Efficiency of domestic electrical storage water-heaters;
German version prEN 50440:2005Efficacité des chauffe-eau électriques à accumulation;
Version allemande prEN 50440:2005**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 26 Seiten

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50440:2005 „Wirkungsgrad von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch“(Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Das europäische Dokument prEN 50440:2005 „Efficiency of domestic electrical storage water-heaters“ wurde vom TC 59X „Verbraucherinformation bezüglich elektrischer Geräte für den Hausgebrauch“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ prEN nur 2 Monate beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ prEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für den vorliegenden Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 513.3 „Wassererwärmer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60379:2004-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Entnahmemuster (Zapfzyklen) zur Bewertung des Energieverbrauchs eingeführt.
- b) Norminhalt von DIN EN 60379 im Hinblick auf die zukünftig beabsichtigte Energiekennzeichnung der Geräte grundlegend überarbeitet und übernommen.

Deutsche Fassung

Wirkungsgrad von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch

Efficiency of domestic electrical storage
water-heaters

Efficacité des chauffe-eau électriques à
accumulation

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.

CENELEC Termin: 2006-02-24

Er wurde von CLC/TC 59X erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CENELEC TC 59X „Verbraucherinformationen bezüglich elektrischer Geräte für den Hausgebrauch“ erarbeitet. Er ist zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.

Diese Europäische Norm wird EN 60379:2004 „Verfahren zum Messen der Gebrauchseigenschaften von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch“ ersetzen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Symbole und Begriffe	4
4 Geräteklassen	6
5 Liste der Messungen	6
6 Allgemeine Bedingungen für die Messungen.....	7
7 Vorbereitung des Speicher-Wassererwärmers	7
8 Messverfahren.....	8
9 Kontrollverfahren	16
Anhang A (normativ) Tägliches Entnahmemuster I – 36 Liter bei 60 °C.....	19
Anhang B (normativ) Tägliches Entnahmemuster II – 100 Liter bei 60 °C.....	20
Anhang C (normativ) Tägliches Entnahmemuster III – 200 Liter bei 60 °C	21
Anhang D (informativ) Berechnungsverfahren	22
Bilder	
Bild 1 – Position des Thermoelements des Bezugsthermostaten	16
Bild 2 – Prüffolge für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt < 45 l.....	17
Bild 3 – Prüffolge für Speicher-Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt ≥ 45 l.....	18
Bild D.1 – Entwicklung der relativen Oberfläche, die der Wärmeübertragung zuzuschreiben ist.....	22
Tabellen	
Tabelle 1 – Ergebnisse für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt < 45 l.....	11
Tabelle 2 – Entnahmeprofil in Abhängigkeit vom Nenn-Inhalt	12
Tabelle 3 – Ergebnisse für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt ≥ 45 l.....	15
Tabelle D.1 – Ergebnisse der Berechnung	24

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für thermisch isolierte Warmwasserspeicher für den Hausgebrauch mit einer Bemessungs-Fassungsvermögen von 5 l oder mehr.

Der Zweck dieser Norm ist es, die anzuwendenden Verfahren zur Messung des Energieverbrauches von thermisch isolierten elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades des Gerätes hinsichtlich Wärmeverlust und Energieverbrauch und bei Entnahme genormter Wassermengen festzulegen. Diese Europäische Norm behandelt weder Anforderungen an die Sicherheit noch an die Gebrauchseigenschaften.

2 Normative Verweisungen

Es werden keine normativen Verweisungen angegeben.

3 Symbole und Begriffe

3.1 Symbole

\dot{v}	[l/min]	Wasserströmung während der Wasserentnahmezyklen
η		Wirkungsgrad des Gerätes
Θ	[°C]	An der Skale des Thermostaten angegebene Temperatur
Θ_{in}	[°C]	Wassertemperatur nach dem Einschalten des Bezugsthermostaten (wie mit dem Bezugsthermoelement gemessen)
$\Theta_{in M}$	[°C]	Mittlere Wassertemperatur nach dem Einschalten des Bezugsthermostaten (wie mit dem Bezugsthermoelement gemessen)
Θ_M	[°C]	Mittlere Wassertemperatur ohne Wasserentnahme
Θ_{out}	[°C]	Wassertemperatur nach dem Einschalten des Bezugsthermostaten (wie mit dem Bezugsthermoelement gemessen)
$\Theta_{out M}$	[°C]	Mittlere Wassertemperatur nach dem Einschalten des Bezugsthermostaten (wie mit dem Bezugsthermoelement gemessen)
Θ'_p	[°C]	Mittlere Wassertemperatur zur Bestimmung von Θ_p , gemessen am Auslauf
Θ_{AA}	[°C]	Warmwassertemperatur vor dem Beginn des Wasserentnahmezyklus (Prüfverfahren 2)
Θ_{AH}	[°C]	Temperatur des Wassers im Wassererwärmer nach dem ersten Abschalten des Thermostaten
Θ_{amb}	[°C]	Umgebungstemperatur während der Prüfungen
Θ_C	[°C]	Temperatur des zulaufenden kalten Wassers
Θ_p	[°C]	Mittlere Wassertemperatur am Auslauf
Θ_S	[°C]	Wassertemperatur während der Messung, gemessen am Auslauf
A	[°C] oder [K]	Abweichung von der Kalibrierung der Temperaturskala
C_{act}	[l]	Ist-Inhalt

C_R	[l]	Nenn-Inhalt
E	[kWh/24 h]	Energieverbrauch je 24 h
E_1	[kWh]	Gemessener Wert des Wärmeverlustes
E_2	[kWh]	Berechneter Energieverbrauch für eine 8-Stunden-Periode bei Aufrechterhaltung der warmen Bedingungen unter Prüfbedingungen [kWh]
E_3	[kWh]	Berechnete korrigierte Energie E_2 entsprechend der geforderten Auslegungstemperatur für die Prüfung
E_{ab}	[kWh]	Korrigierter Energieverbrauch während der Prüfung entsprechend der Entnahmezyklus-Nr. [1, 3]
E_{HEAT}	[kWh]	Dem Wassererwärmer durch Wiedererwärmen zugeführte Energie nach der Wasserentnahme [kWh]
$E_{HEAT\ corr}$	[kWh]	Korrigierte E_{HEAT} entsprechend der geforderten Auslegungstemperatur
E_V	[kWh]	Gemessener Energieverbrauch, wobei der Wassererwärmer nach dem Aufheizen unter warmen Bedingungen gehalten wird (8.2.1.4)
E_{V_small}	[kWh]	Gemessener Energieverbrauch während des 24-Stunden-Zyklus für kleine Geräte (8.2.1.4)
E_{WATER}	[kWh]	Während des 24-Stunden-Zyklus entzogene Wärmeenergie
Q_{pr}	[kWh/24 h]	Wärmeverlust in 24 h und Temperaturunterschied 45 °C
Q_{pr_cal}	[kWh]	Wärmeverlust in 24 h, berechnet aus E_1
t	[s]	Messzeit
t_0	[s]	Zeit zum Füllen des Wassererwärmers
t_1	[s]	Beginn der Messzeit für das Aufheizen (Schritt 2)
t_2	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 3
t_3	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 4
t_4	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 5
t_5	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 6
t_6	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 7
t_7	[s]	Beginn der Messzeit von Schritt 8
t_h	[s]	Korrigierter Wert für die Aufheizdauer entsprechend der experimentellen Werte
t_{h_exp}	[s]	Gemessene Aufheizdauer
t_R	[s]	Dauer für das Wiederaufheizen
V_{40_exp}	[l]	Gemessenes Volumen, geliefert bei einer mittleren Wassertemperatur von Θ_p
V_{40}	[l]	Mischwassermenge, geliefert bei 40 °C
W_u	[l]	Verwendete Wassermenge während des 24-Stunden-Zyklus (8.2.1.4.2 oder 8.2.2.4.2)

3.2 Begriffe

3.2.1

Speicher-Wassererwärmer

Gerät, das zum Erwärmen von Wasser in einem thermisch gut isolierten Behälter vorgesehen ist, das erwärmte Wasser lange Zeit speichert und mit einer Vorrichtung zur Regelung der Wassertemperatur versehen ist

3.2.2

Nenn-Inhalt

C_R

vom Hersteller festgelegte und auf dem Wassererwärmer angegebene Fassungsvermögen

3.2.3

Ist-Inhalt

C_{act}

durch Messung bestimmtes Fassungsvermögen

3.2.4

Wärmeverlust in 24 h

Q_{PR}

Energieverbrauch eines vollen, an die Energieversorgung angeschlossenen Wassererwärmers nach Erreichen des Beharrungszustandes in 24 h ohne jede Wasserentnahme

3.2.5

Mischwassermenge, geliefert bei 40 °C

V_{40}

Wassermenge bei 40 °C, die den gleichen Wärmeinhalt (Enthalpie) wie der Inhalt des Speicher-Wassererwärmers bei einer Wassertemperatur von 65 °C hat

3.2.6

Bezugsthermostat

Vorrichtung, die zur Erhöhung der Präzision bei der Messung des Verlustes im Bereitschaftszustand verwendet wird

4 Geräteklassen

Klasse 1: Nenn-Inhalt von 5 l bis < 45 l

Klasse 2: Nenninhalt \geq 45 l

5 Liste der Messungen

– Messung des Ist-Inhaltes	C_{act}
– Wärmeverlust in 24 h	Q_{pr}
– Mischwassermenge	V_{40}
– Gebrauchsbezogener Elektroenergieverbrauch	$E_{HEAT\ corr}$
– Energieverlust je Zyklus	E_3
– Aufheizdauer	$t_{h\ exp}$
– Verwendete Wassermenge während des 24-Stunden-Zyklus	W_u

6 Allgemeine Bedingungen für die Messungen

Sofern nicht anders festgelegt, werden die Messungen am Wassererwärmer durchgeführt, der

- in einem im Wesentlichen zugfreien Raum,
- bei einer Umgebungstemperatur

$$\Theta_{\text{amb}} = (20 \pm 2) \text{ °C}$$

betrieben wird.

Die Umgebungstemperatur wird aus einer Anzahl von Messungen berechnet, die in der Mitte des Abstandes zwischen dem Wassererwärmer und den Wänden des Raumes oder in 1 m Abstand vom Wassererwärmer, je nachdem, welcher Abstand der kleinere ist, und in halber Höhe des Wassererwärmers vorgenommen werden.

Die Messungen müssen bei einer Versorgungsspannung von 230/400 V \pm 2 % durchgeführt werden.

Das Wasser wird mit einer Temperatur von $\Theta_C = (15 \pm 2) \text{ °C}$ und von einer Quelle mit im Wesentlichen gleichbleibenden Druck geliefert.

Alle weiteren Installationsanforderungen sind entsprechend den Herstelleranweisungen einzuhalten.

7 Vorbereitung des Speicher-Wassererwärmers

7.1 Aufstellung des Speicher-Wassererwärmers

Wassererwärmer für die Wandmontage werden an einer Platte befestigt, die mindestens 150 mm von der Gebäudewand entfernt ist.

Sie werden so aufgestellt, dass ein freier Raum von mindestens 250 mm oberhalb und unterhalb des Gerätes und von mindestens 700 mm seitlich und an der Vorderseite vorhanden ist.

Stand-Wassererwärmer werden auf den Boden oder auf ein mitgeliefertes Gestell gestellt. Zur Erleichterung der Messungen kann ein Hilfsboden benutzt werden.

Einbau-Wassererwärmer werden entsprechend den Anweisungen des Herstellers eingebaut.

Der Wassererwärmer wird mit einem Druckschlauch an das Wassernetz angeschlossen.

7.2 Bezugsthermostat

7.2.1 Aufgabe des Bezugsthermostaten

Die Aufgabe dieser Vorrichtung besteht darin, die Wiederholung des Verlaufes der Heizzyklen zu überwachen, um deren Stabilität sicherzustellen. Die Ersetzung des ursprünglichen Thermostaten durch diese Vorrichtung liefert die Möglichkeit, ein zufälliges Verhalten des Thermostaten auszuschließen, welches häufig die Ergebnisse der Prüfung wesentlich beeinflusst.

7.2.2 Eigenschaften des Bezugsthermostaten

7.2.2.1 Funktion des Bezugsthermostaten

Sicherstellung der Ein- und Ausschaltwerte des Heizelementes.

7.2.2.2 Position des Bezugsthermostaten

Die Position des Temperaturfühlers des Bezugsthermostaten ist in Bild 1 dargestellt.

7.2.2.3 Prüfungen unter Verwendung des Bezugsthermostaten

Für Wärmeverlust in 24 h (Q_{pr}) siehe 8.2.1.5 und 8.2.2.7.

Für Warmwassermenge und Mischwassermenge (V_{40}) siehe 8.2.1.6 und 8.2.2.8.

7.2.2.4 Kennwerte des Bezugsthermostaten

Die Kennwerte des Bezugsthermostaten sind die folgenden:

- Einschalten bei einer Bezugstemperatur von 65 °C –0/+1 °C;
- Ausschalten bei einer Bezugstemperatur von 60 °C –0/+1 °C.

7.2.2.5 Anwendung des Bezugsthermostaten

Die Vorrichtung kann nach verschiedenen Technologien ausgeführt sein. So kann beispielsweise das Bezugsthermoelement, welches bereits für die Messung der Heizschwellenwerte für Freigabe und Sperrung (siehe Bild 1) verwendet worden ist, in Verbindung mit einer geeigneten Software für die Schwellenwert-erfassung, zur Überwachung der Heizperioden eingesetzt werden.

8 Messverfahren

8.1 Messung des Ist-Inhaltes: C_{act}

Der Wassererwärmer wird vom Wassernetz getrennt.

Der Wassererwärmer wird nach den Anweisungen des Hersteller gefüllt. Anschließend wird er über den Wassereinlauf oder, falls dies nicht möglich ist, durch die Öffnung des Entleerungsstopfens entleert. Alternativ darf der Ist-Inhalt aus dem Masseunterschied des leeren und des gefüllten Gerätes berechnet werden.

Bei den Messungen des Inhalts wird Wasser aus gesondert gespeisten Zisternen nicht berücksichtigt. Der gemessene Ist-Inhalt wird als C_{act} aufgezeichnet und auf den nächsten 0,1 Liter gerundet und darf nicht kleiner sein als der vom Hersteller angegebene Nenn-Inhalt C_R .

8.2 Gebrauchsbezogener Elektroenergieverbrauch

8.2.1 Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt kleiner als 45 l (Prüffolge siehe Bild 2)

8.2.1.1 Schritt 1: Füllen

Der Wassererwärmer wird mit Wasser mit einer Temperatur von (15 ± 2) °C gefüllt.

Die Zeit zum Füllen des Wassererwärmers t_0 wird aufgezeichnet.

8.2.1.2 Schritt 2: Aufheizen

t_1 Zeit, zu der der Wassererwärmer einschaltet ist $(t_1 - t_0) < 15$ min

t_2 Zeit, zu der der Thermostat erstmalig ausschaltet

Ergebnis von Schritt 2 Aufheizdauer t_h

Anfangstemperatur des Wassers im Inneren des Wassererwärmers Θ_C [°C]

Wassertemperatur beim erstmaligen Ausschalten des Thermostates Θ_{AH} [°C]

Aufheizdauer $t_{h_exp} = t_2 - t_1$

t_h wird nach Gleichung (1) berechnet:

$$t_h = \frac{65 - 15}{\Theta_{AH} - \Theta_C} \cdot (t_{h_exp}) \quad (1)$$

8.2.1.3 Schritt 3: Stabilisierung des Systems

Das System bleibt für mindestens 12 h eingeschaltet, um die Temperatur zu stabilisieren ($t_3 - t_2 > 12$ h).

t_3 Zeit, an dem der Thermostat nach 12 h erstmalig ausschaltet.

Einstellungen des Thermostaten: Ausschaltwert des Thermostaten $\Theta_{out M} = (65 - 0/+ 1 \text{ °C})$

Der Unterschied zwischen den Einschalt- und Ausschalttemperaturen des Thermostaten muss kleiner als 5 K sein.

8.2.1.4 Schritt 4: Wasserentnahme

8.2.1.4.1 Auswahl des Entnahmeprofiles

Der angewendete Entnahmezyklus wird nach Anhang A bestimmt.

Das Gerät bleibt während des Schrittes 4 eingeschaltet.

8.2.1.4.2 Wasserentnahme und 24-h-Zyklus nach Bild 2

t_3 Zeit, an dem der Entnahmezyklus beginnt (entspricht 07:00 nach den Tabellen des Tagesprofils in Anhang A)

Durchflussmenge für Nenn-Inhalte < 10 l 2 l/min;

Durchflussmenge für Nenn-Inhalte von 10 l bis ≤ 45 l 5 l/min;

Ergebnisse: Entnommene Wärmeenergie E_{WATER} [kWh]

Energieverbrauch: E_{V_small} [kWh]

$$E_{WATER} = \sum_{i=1}^n 1,9184 \cdot 10^{-5} \times \dot{v}_i (\Theta_{Si} - \Theta_{Ci}) \times (t_i - t_{i-1}) \quad (2)$$

Das Verfahren wird beendet, wenn der Thermostat nach mindestens 24 h vom Beginn mit Schritt 4 ausschaltet ($t_6 - t_3 \geq 24$ h).

Die Energie E_{V_small} entspricht dem Elektroenergieverbrauch des Wassererwärmers zwischen den Zeitpunkten t_5 und t_3 wie die Summe von E_{WATER} und der Energie, die zum Wiederaufheizen des Gerätes und zur Aufrechterhaltung des warmen Zustandes erforderlich ist.

Um $(E_{V_small} - E_{WATER})$ auf eine Dauer von 24 h und auf die Auslegungstemperatur (Auslauf: 65 °C; Zulauf: 15 °C) anzupassen, ist eine Berechnung notwendig.

Der Wert $(E_{V_small} - E_{WATER})$ entspricht dem Energieverbrauch und muss nach Gleichung (3) auf E_{HEAT} für 24 h korrigiert werden:

$$E_{HEAT} = (E_{V_small} - E_{WATER}) \times \left(\frac{24}{t_5 - t_3} \right) \quad (3)$$

Die Ausschalttemperaturen des Thermostaten zu Beginn der Prüfperioden Wasserentnahmezyklus und Wärmeverlust im Tageszyklus (Θ_{AA} bzw. Θ_{out1}) müssen mit den letzten Θ_{out1} bzw. Θ_{outn} verglichen und entsprechend korrigiert werden und der Temperaturunterschied zwischen Θ_{amb} und Θ_M muss auf 45 K eingestellt werden.

Die Einstellung ist nach den folgenden Gleichungen (4) und (5) vorzunehmen:

$$E_{HEAT\ corr} = E_{HEAT} + \frac{1,16 \times C_{act} \times (\Theta_{outn} - \Theta_{out1A})}{1\ 000} \quad (4)$$

Ergebnis von Schritt 4: Benötigte Energie, um den Wassererwärmer in einem warmen Zustand zu halten E_{ab} [kWh] und während der Prüfung verwendete Wassermenge W_u [l].

$$E_{ab} = E_{HEAT\ corr} \times \frac{45}{\Theta_M - \Theta_{amb}} + E_{WATER} \quad (5)$$

mit

$$\Theta_M = \sum_{i=1}^n \frac{\Theta_{out\ i} + \Theta_{in\ i}}{2} \quad (6)$$

und

$$E_{WATER} = 2,1\ \text{kWh}$$

8.2.1.5 Schritt 5: Messung des Verlustes im Bereitschaftszustand

Die Messung beginnt zum Zeitpunkt t_5 .

Die Messdauer beträgt mindestens 48 h.

Während der Prüfdauer ($t_6 - t_5$) sind die Wassertemperaturen Θ_{in} bei jedem Einschalten des Thermostaten und Θ_{out} bei jedem Ausschalten des Thermostaten zu messen.

Der Energieverbrauch, der während der Prüfperiode E_1 gemessen wurde, muss auf einen Energieverbrauch in 24 h korrigiert werden und die mittlere Wassertemperatur Θ_M wird mit Gleichung (7) berechnet:

$$\Theta_M = \frac{E_{out\ M} + E_{in\ M}}{2} \quad (7)$$

Q_{pr} , der Wärmeverlust in 24 h, wird mit Gleichung (8) berechnet:

$$Q_{pr} = \frac{45}{(\Theta_M - \Theta_{amb})} \times \frac{24}{(t_5 - t_6)} \times E_1 + \frac{1,16 \times C_{act} (\Theta_{out1} - \Theta_{outni})}{1\ 000} \quad (8)$$

Dieser Wert von Q_{pr} gilt für einen Temperaturunterschied von 45 K zwischen der mittleren Wassertemperatur Θ_M und der Umgebungstemperatur Θ_{amb} . Er wird in kWh je 24 h mit zwei Dezimalstellen für Werte unter 1 kWh je 24 h und mit einer Dezimalstelle für Werte ≥ 1 kWh je 24 h angegeben.

8.2.1.6 Schritt 6: Menge des bereitgestellten Nutzwassers

Unmittelbar anschließend an die Messung nach Schritt 5 wird der Wassererwärmer nach dem Ausschalten des Thermostates ausgeschaltet.

Dann wird eine Wassermenge, die dem Nenn-Inhalt C_R entspricht, am Auslauf mit einer konstanten Strömungsgeschwindigkeit entnommen, indem Kaltwasser am Zulauf zugeführt wird.

Die Wassertemperatur am Auslauf Θ'_p wird gemessen.

t_8 entspricht der Zeit, in der die Temperatur am Auslauf 40 °C erreicht.

Die Wassertemperatur am Auslauf muss stets ≥ 40 °C betragen, welche für die Berechnung von Θ_p zu berücksichtigen ist.

Das Volumen V_{40_exp} , welches der mit mindestens 40 °C gelieferten Wassermenge entspricht, ist aufzuzeichnen.

Die mittlere Temperatur Θ_p des entnommenen Wassers mit dem Volumen V_{40_exp} , wird mit Gleichung (9) berechnet:

$$\Theta_p = 50 \times \frac{\Theta_p - \Theta_C}{\Theta_{outM} - \Theta_C} + 15 \quad (9)$$

Ergebnis von Schritt 6: Der mit Gleichung (10) berechnete Mischwasserauslauf bei 40 °C (V_{40}):

$$V_{40} = V_{40_exp} \times \frac{\Theta - 15}{40 - 15} \quad (10)$$

8.2.1.7 Ergebnisse

Tabelle 1 – Ergebnisse für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt < 45 l

Ergebnisse	Zu berücksichtigender Zyklus	Angabe	Einheit
Energie für den Zyklus	1	$E_{ab} = E_{WATER} - E_{HEAT\ corr}$	kWh
Wirkungsgrad für den Zyklus	1	$\eta = \frac{E_{WATER}}{E_{ab}}$	
Wärmeverlust des Zyklus	1	$Q_l = E_{ab} - E_{WATER}$	kWh
Nutzmenge des gelieferten Warmwassers		V_{40}	Liter
Aufheizdauer		t_h	hh:mm
Verwendete Wassermenge	1	W_u	Liter

8.2.2 Prüffolge für Wassererwärmer mit einem Nenninhalt ≥ 45 l

(siehe Bild 3)

8.2.2.1 Schritt 1: Füllen

Zeit zum Füllen des Wassererwärmers: t_0

8.2.2.2 Schritt 2: Aufheizen

Zeit, zu der der Wassererwärmer einschaltet ist t_1 ($t_1 - t_0 < 15$ min)

Zeit, zu der der Thermostat erstmalig ausschaltet t_2

Bedingungen:

– Anfangstemperatur des Wassers im Inneren des Wassererwärmers Θ_C [°C]

– Wassertemperatur beim erstmaligen Ausschalten des Thermostaten Θ_{AH} [°C]

Aufheizdauer $t_{h_exp} = t_2 - t_1$

Ergebnis von Schritt 2: Die Aufheizdauer t_h wird mit Gleichung (11) berechnet:

$$t_h = \frac{65 - 15}{\Theta_{AH} - \Theta_C} \cdot (t_{h_exp}) \quad (11)$$

8.2.2.3 Schritt 3: Stabilisierung des Systems

Das System bleibt für mindestens 12 h eingeschaltet, um die Temperatur zu stabilisieren $(t_3 - t_2) > 12$ h.

t_3 Zeit, an dem der Thermostat nach 12 h erstmalig ausschaltet.

Einstellungen des Thermostaten-Ausschaltwertes $\Theta_M = (65 - 0/+1) \text{ °C}$

Der Unterschied zwischen den Einschalt- und Ausschalttemperaturen des Thermostaten muss kleiner als 5 K sein.

8.2.2.4 Schritt 4: Wasserentnahme**8.2.2.4.1 Auswahl des Entnahmeprofiles**

Tabelle 2 – Entnahmeprofil in Abhängigkeit vom Nenn-Inhalt

Nenn-Inhalt / Entnahmeprofil-Nr.	I	II	III
$45 \leq C_R < 100$	X		
$100 \leq C_R < 200$	X	X	
$C_R \geq 200$	X	X	X

Schritt 4 ist einer von drei Schritten, die im 24-h-Zyklus in Bild 3 angegeben sind.

8.2.2.4.2 Wasserentnahme und 24-h-Zyklus nach Bild 3

Zeit, an dem der Entnahmezyklus beginnt t_3

(entspricht 07:00 nach den Tabellen des Tagesprofils in Anhang A, B und C)

Durchflussmenge für Nenn-Inhalte < 200 l 10 l/min;

Durchflussmenge für Nenn-Inhalte von ≥ 200 l Wert entspricht einem Höchstwert von 5 % des Nenn-Inhaltes je Minute

Ergebnisse: Entnommene Wärmeenergie E_{WATER} [kWh], berechnet mit Gleichung (12), sowie die während der Prüfung verwendete Wassermenge W_u [l].

$$E_{\text{WATER}} = \sum_{i=1}^n 1,9184 \cdot 10^{-5} \times \dot{V}_i (\Theta_{\text{Si}} - \Theta_{\text{Ci}}) \times (t_i - t_{i-1}) \quad (12)$$

8.2.2.5 Schritt 5: Wiederaufheizen

Schritt 5 ist einer von drei Schritten, die im 24-h-Zyklus in Bild 3 angegeben sind.

Der Wassererwärmer wird bei t_4 eingeschaltet (dabei ist $t_4 = t_3 + 16$ h).

Die Energie, die dem Wassererwärmer durch das Wiederaufheizen zugeführt wird, ist zu messen.

t_5 entspricht dem Zeitpunkt, an dem der Thermostat ausschaltet.

Ergebnisse von Schritt 5: Energie für das Wiederaufheizen (E_{HEAT})
Dauer für das Wiederaufheizen $t_R = t_5 - t_4$

8.2.2.6 Schritt 6: Beibehaltung des warmen Zustandes des gespeicherten Wassers

Schritt 6 ist einer von drei Schritten, die im 24-h-Zyklus in Bild 3 angegeben sind.

Das Gerät bleibt eingeschaltet.

Dieses Verfahren wird beendet, wenn der Thermostat mindestens 24 h nach dem Beginn mit Schritt 4 ausschaltet ($t_6 - t_3 > 24$ h).

Der Energieverbrauch E_V entspricht der Energie, die dem Wassererwärmer zwischen den Zeitpunkten t_6 und t_5 zugeführt worden ist.

Der während des Schrittes 6 gemessene Energieverbrauch muss nach Gleichung (13) mit der Bedingung, dass ($t_6 - t_3$) gleich 24 h ist, korrigiert werden:

$$E_2 = E_V \times \frac{8 - (t_5 - t_4)}{t_6 - t_5} \quad (13)$$

Die Ausschalttemperaturen des Thermostaten zu Beginn der Prüfperioden Wasserentnahmezyklus Θ_{AA} (Schritt 2) und bei der Messung des Wärmeverlustes im Tageszyklus $\Theta_{\text{out } 1}$ (Schritt 6) müssen mit den letzten $\Theta_{\text{out } 1}$ bzw. $\Theta_{\text{out } n}$ verglichen und entsprechend korrigiert werden.

Der Temperaturunterschied zwischen Θ_{amb} und Θ_{M} muss auf 45 K eingestellt werden.

Die Einstellung ist nach den folgenden Gleichungen (14), (15) und (16) vorzunehmen:

$$E_{\text{HEAT corr}} = E_{\text{HEAT}} + \frac{1,16 \times C_{\text{act}} \times (\Theta_{\text{out } n} - \Theta_{\text{out } 1A})}{1\,000} \quad (14)$$

Ergebnis von Schritt 6: Benötigte Energie E_3 [kWh], um den Wassererwärmer in einem warmen Zustand zu halten.

$$E_3 = E_2 \times \frac{45}{\Theta_M - \Theta_{amb}} + \frac{1,16 \times C_{act} \times (\epsilon_{out 1} - \epsilon_{out n})}{1000} \quad (15)$$

mit

$$\Theta_M = \sum_{i=1}^n \frac{\Theta_{out i} + \Theta_{in i}}{2} \quad (16)$$

ANMERKUNG Am Ende dieses Schrittes ist es möglich, wieder mit dem Beginn von Schritt 4 anzufangen, um eine weitere Messung mit einem anderen Entnahmeprofil durchzuführen.

8.2.2.7 Schritt 7: Messung des Verlustes im Bereitschaftszustand

Die Messung beginnt zum Zeitpunkt t_6 .

Die Messdauer beträgt mindestens 48 h.

Während der Prüfdauer ($t_7 - t_6$) sind die Wassertemperaturen Θ_{in} bei jedem Einschalten des Thermostaten und Θ_{out} bei jedem Ausschalten des Thermostaten zu messen.

Der Energieverbrauch in 24 h (Q_{pr}) wird mit den Gleichungen (17), (18) und (19) berechnet:

$$Q_{pr cal} = \frac{E_1 \times 24}{t_7 - t_6} \quad (17)$$

Die mittlere Wassertemperatur Θ_M wird mit Gleichung (18) berechnet:

$$\Theta_M = \frac{\epsilon_{out M} + \epsilon_{in M}}{2} \quad (18)$$

Q_{pr} , der Wärmeverlust in 24 h wird mit Gleichung (19) berechnet:

$$Q_{pr} = Q_{pr cal} \times \frac{45}{(\Theta_M - \Theta_{amb})} + \frac{1,16 \times C_{act} (\epsilon_{out 1} - \epsilon_{out n i})}{1000} \quad (19)$$

Dieser Wert von Q_{pr} gilt für einen Temperaturunterschied von 45 K zwischen der mittleren Wassertemperatur Θ_M und der Umgebungstemperatur Θ_{amb} . Er wird angegeben in kWh je 24 h

- mit zwei Dezimalstellen für Werte unter 1 [kWh / 24 h] und
- mit einer Dezimalstelle für Werte ≥ 1 [kWh / 24 h].

8.2.2.8 Schritt 8: Menge des bereitgestellten Nutzwassers

Unmittelbar anschließend an die Messung nach Schritt 7 wird der Wassererwärmer nach dem Ausschalten des Thermostates ausgeschaltet.

Dann wird eine Wassermenge, die dem Nenn-Inhalt C_R entspricht, am Auslauf mit einer konstanten Strömungsgeschwindigkeit entnommen, indem Kaltwasser am Zulauf zugeführt wird.

Die Strömungsgeschwindigkeit wird mit dem Zulaufventil wie folgt eingestellt:

- bis 10 l/min für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt ≤ 200 l;
- für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt > 200 l auf einen Wert, der einem Höchstwert von 5 % des Nenn-Inhaltes je Minute entspricht.

Die Wassertemperatur am Auslauf θ'_p wird gemessen.

t_8 entspricht der Zeit, in der die Temperatur am Auslauf 40°C erreicht.

Die Wassertemperatur am Auslauf muss stets $\geq 40^\circ\text{C}$ betragen, welche für die Berechnung von Θ_p zu berücksichtigen ist.

Das Volumen V_{40_exp} , welches der mit mindestens 40°C gelieferten Wassermenge entspricht, ist aufzuzeichnen.

Die mittlere Temperatur des entnommenen Wassers Θ_p ist mit Gleichung (20) zu berechnen:

$$\Theta_p = 50 \cdot \frac{\theta'_p - \theta_c}{\theta_{outM} - \theta_c} + 15 \quad (20)$$

Ergebnis von Schritt 6: Die mit Gleichung (21) berechnete Menge des warmen Wasser V_{40} die mit einer Temperatur von mindestens 40°C entnommen werden kann:

$$V_{40} = V_{40\ exp} \times \frac{\Theta_p - 15}{25} \quad (21)$$

8.2.2.9 Ergebnisse

Tabelle 3 – Ergebnisse für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt ≥ 45 l

Ergebnisse	Zu berücksichtigender Zyklus	Angabe	Einheit
Energie für den Zyklus	1, 2, 3	$E_{ab} = E_3 - E_{HEAT\ corr}$	kWh
Wirkungsgrad des Zyklus	1, 2 oder 3	$\eta = \frac{E_{WATER}}{E_{ab}}$	
Wärmeverlust des Zyklus	1, 2, 3	$Q_l = E_{ab} - E_{WATER}$	kWh
Nutzmenge des gelieferten Warmwassers		V_{40}	Liter
Aufheizdauer		t_h	hh:mm
Wärmeverlust		Q_{pr}	kWh/24 h
Während der Prüfung verwendete Wassermenge	1, 2 oder 3	W_u	Liter

9 Kontrollverfahren

Der gemessene Wert darf den Bemessungswert um nicht mehr als 15 % überschreiten.

Wenn das Ergebnis der Prüfung, die am ersten Wassererwärmer durchgeführt wurde, größer als der Bemessungswert + 15 % ist, muss die Prüfung an drei weiteren, zufällig ausgewählten Wassererwärmern durchgeführt werden. Der arithmetische Mittelwert der an diesen drei Wassererwärmern gemessenen Werte muss gleich oder kleiner als der Bemessungswert + 10 % sein.

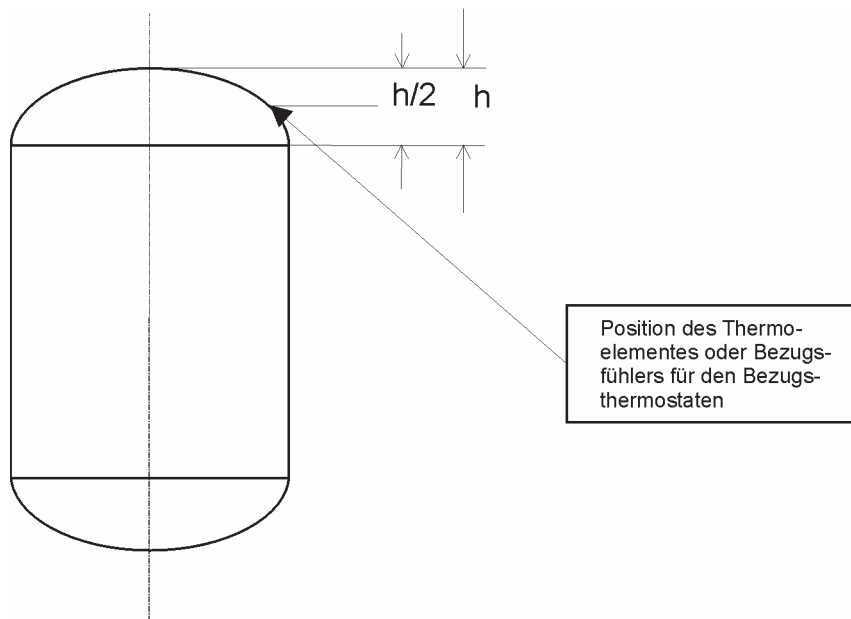


Bild 1a – Für vertikale Wassererwärmer

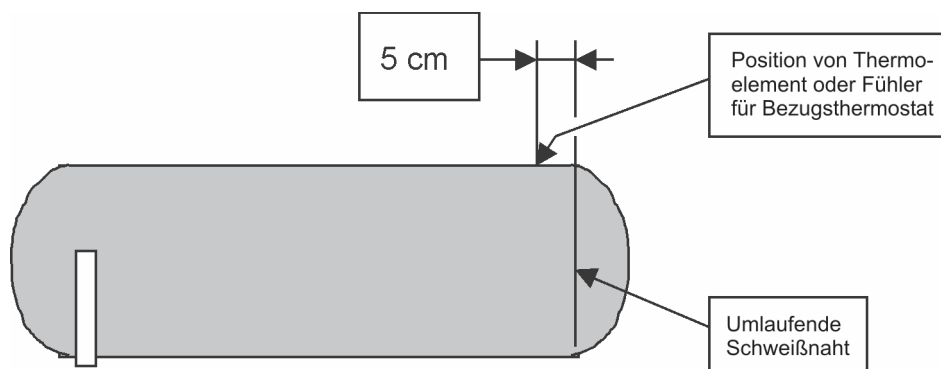


Bild 1b – Für horizontale Wassererwärmer

Bei horizontalen Wassererwärmern wird die Bezugstemperatur am oberen Behälterteil abgefühlt, und zwar am zylindrischen Teil in einem Abstand von etwa 5 cm von der umlaufenden Schweißnaht und gegenüber vom Heizelement.

Bild 1 – Position des Thermoelements des Bezugsthermostaten

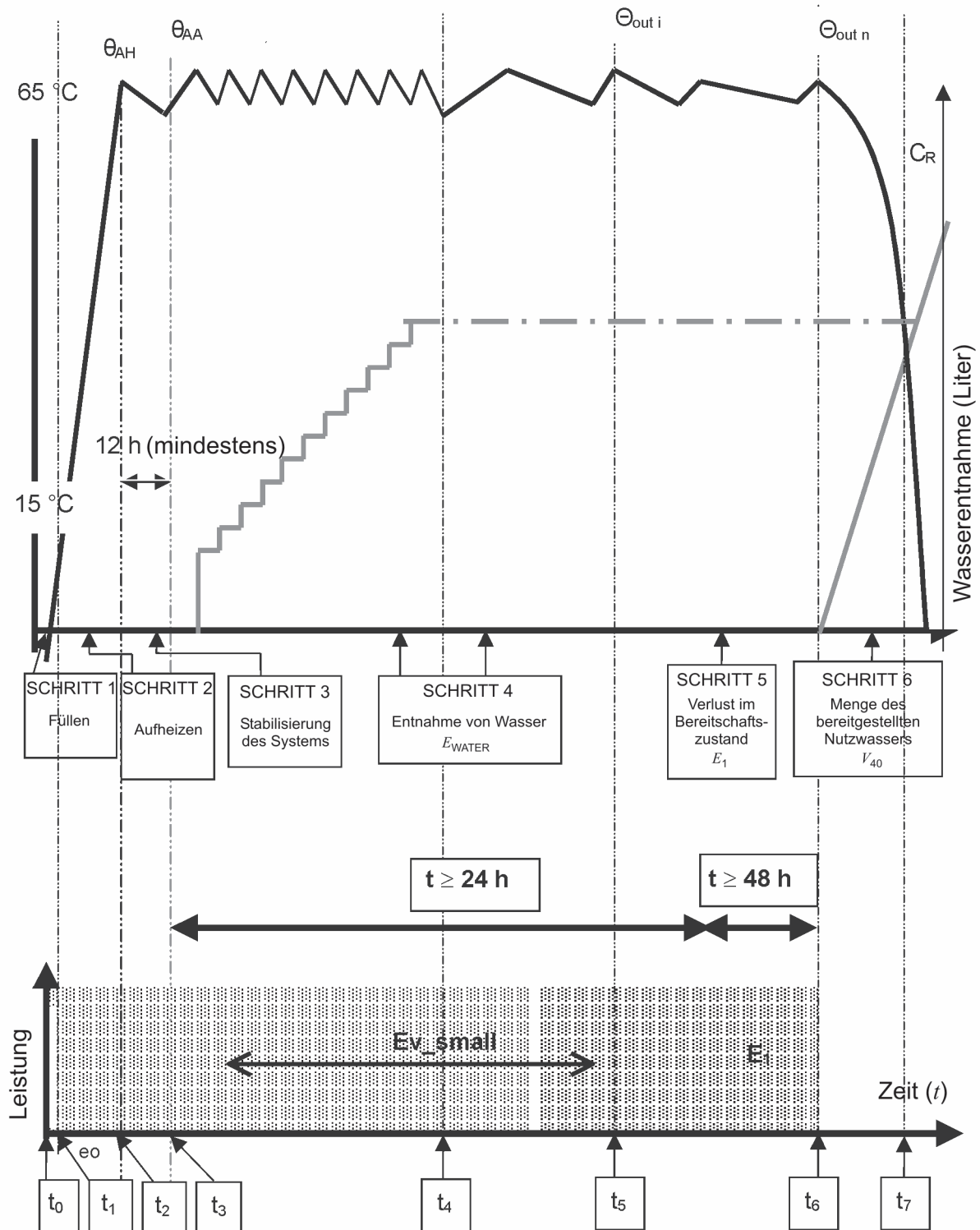


Bild 2 – Prüflage für Wassererwärmer mit einem Nenn-Inhalt < 45 l

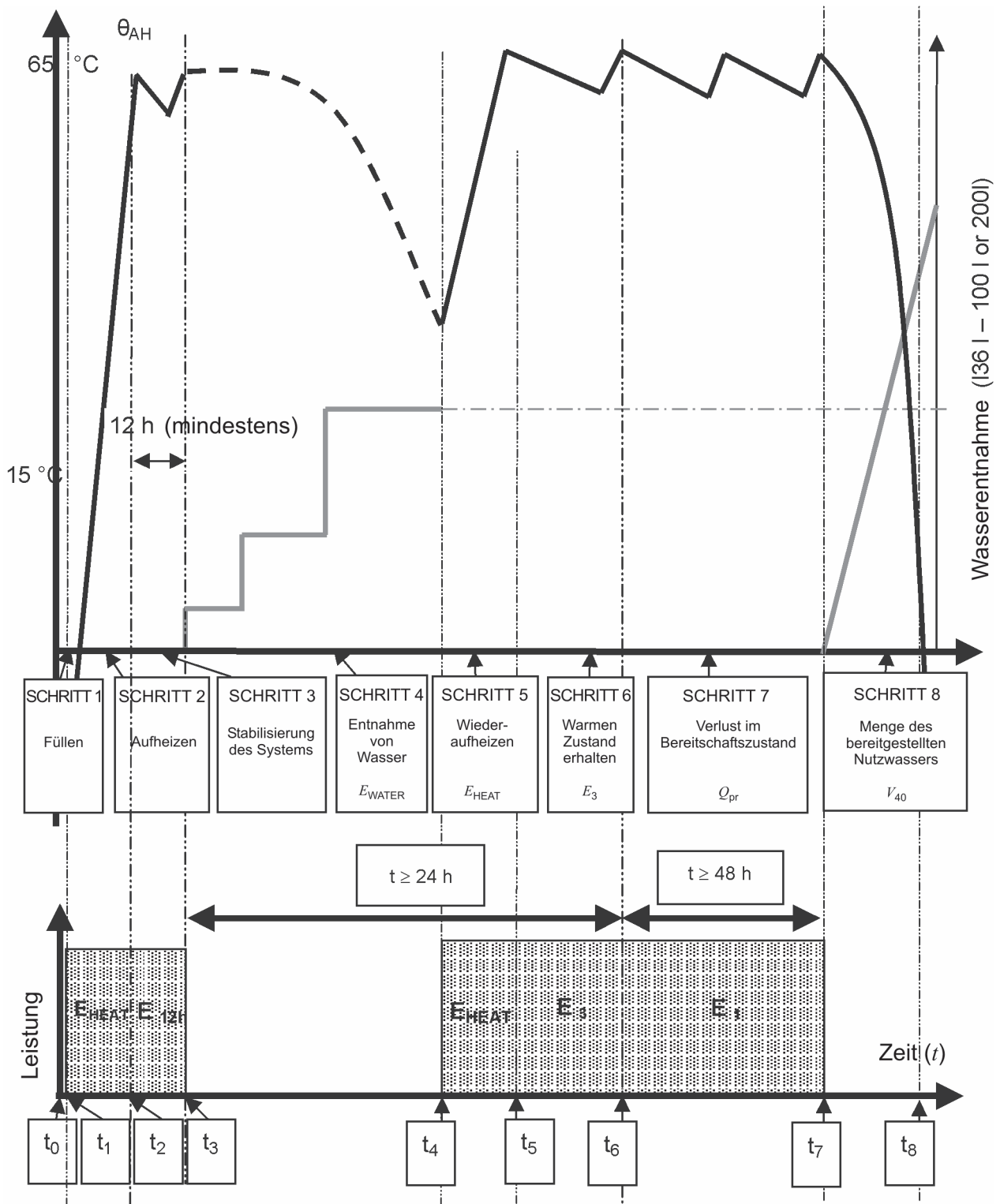


Bild 3 – Prüffolge für Speicher-Wasserewärmer mit einem Nenn-Inhalt ≥ 45 l

Anhang A (normativ)

Tägliches Entnahmemuster I – 36 Liter bei 60 °C

	Tageszeit hh:mm	Energie KWh Anfangs- muster	Energie KWh Vereinfach- tes Muster (nur für Speicher- Wasser- erwärmer)	Energie KWh Anfangs- muster mit Duschen und Geschirr- spülen	Energie KWh Anfangsmuster ohne Duschen und Geschirr- spülen, nur Ablauf	Art der Entnahme	ΔT beabsichtigt K (Während des Ablaufes zu erreichen)	Kleinstwert T °C Für den Zählbeginn nutzbarer Energie
1 - To	07:00	0,105		0,105	0,105	gering		25
2	07:30	0,105	0,525	0,105	0,105	gering		25
3	08:30	0,105		0,105	0,105	gering		25
4	09:30	0,105		0,105	0,105	gering		25
5	11:30	0,105		0,105	0,105	gering		25
6	11:45	0,105		0,105	0,105	gering		25
	12:00			0,105	0,105	gering		25
	12:30			0,105	0,105	gering		25
	12:45			0,105	0,105	gering		25
7	12:45	0,315	0,525	0,210		Geschirr- spülen	50	0
8	18:00	0,105		0,105	0,105	gering		25
9	18:15	0,105		0,105	0,105	Säubern		45
	18:30				0,105	Säubern		25
	19:00				0,105	Säubern		25
	19:30			0,105	0,105	Säubern		25
	20:00			0,105	0,105	Säubern		25
10	20:30	0,420	1,05	0,210		Geschirr- spülen	50	0
	20:45				0,105	Säubern		25
	21:00				0,105	Säubern		25
	21:15				0,105	Säubern		25
				0,315		Kurzes Duschen		40
11	21:30	0,525				groß		45
	21:30				0,105	gering		25
	21:45				0,105	gering		25
Gesamt [kWh]		2,1	2,1	2,1				

Warmwasseräquivalent:

36 Liter bei 60 °C

Anhang B (normativ)

Tägliches Entnahmemuster II – 100 Liter bei 60 °C

	Tageszeit hh:mm	Energie kWh Anfangs- muster	Energie kWh Vereinfachtes Muster (nur für Speicher- Wassererwärmer)	Art der Entnahme	ΔT beabsichtigt K (Während des Ablaufes zu erreichen)	Kleinstwert T °C Für den Zählbeginn nutzbarer Energie
1- To	07:00	0,105		gering		25
2	07:15	1,400		Duschen		40
	07:15		2,240	Morgenbedarf		25
3	07:30	0,105		gering		25
4	08:01	0,105		gering		25
5	08:15	0,105		gering		25
6	08:30	0,105		gering		25
7	08:45	0,105		gering		25
8	09:00	0,105		gering		25
9	09:30	0,105		gering		25
10	10:30	0,105		Fußboden	30	10
11	11:30	0,105		gering		25
12	11:45	0,105		gering		25
	12:00		0,945	Mittagsbedarf		25
13	12:45	0,315		Geschirrspülen	45	10
14	14:30	0,105		gering		25
15	15:30	0,105		gering		25
16	16:30	0,105		gering		25
17	18:00	0,105		gering		25
18	18:15	0,105		Säubern		40
19	18:30	0,105		Säubern		40
20	19:00	0,105		gering		25
	20:15		2,660	Abendbedarf		25
21	20:30	0,735		Geschirrspülen	45	10
22	21:15	0,105		gering		25
23	21:30	1,400		Duschen		40
Gesamt [kWh]		5,845	5,845			

Warmwasseräquivalent:

100,2 Liter bei 60 °C

Anhang C (normativ)

Tägliches Entnahmemuster III – 200 Liter bei 60 °C

	Tageszeit hh:mm	Energie kWh Anfangs- muster	Energie kWh Vereinfachtes Muster (nur für Speicher- Wassererwärmer)	Art der Entnahme	ΔT beabsichtigt K (Während des Ablaufes zu erreichen)	Kleinstwert T °C Für den Zählbeginn nutzbarer Energie
1 – To	07:00	0,105		gering		25
2	07:05	1,400		Duschen		40
	07:30		5,845	Morgenbedarf		25
3	07:30	0,105		gering		25
4	07:45	0,105		gering		25
5	08:05	3,605		Baden	30	10
6	08:25	0,105		gering		25
7	08:30	0,105		gering		25
8	08:45	0,105		gering		25
9	09:00	0,105		gering		25
10	09:30	0,105		gering		25
11	10:30	0,105		Fußboden	30	10
12	11:30	0,105		gering		25
13	11:45	0,105		gering		25
	12:30		0,840	Mittagsbedarf		25
14	12:45	0,315		Geschirrspülen	45	10
15	14:30	0,105		gering		25
16	15:30	0,105		gering		25
17	16:30	0,105		gering		25
18	18:00	0,105		gering		25
19	18:15	0,105		Säubern		40
20	18:30	0,105		Säubern		40
21	19:00	0,105		gering		25
	20:00		4,970	Abendbedarf		25
22	20:30	0,735		Geschirrspülen	45	10
23	21:00	3,605		Baden	30	10
24	21:30	0,105		gering		25
Total [kWh]		11,655	11,655			

Warmwasseräquivalent: **199,8 Liter bei 60 °C**

Anhang D (informativ)

Berechnungsverfahren

Zweck:

Der Zweck dieses Berechnungsverfahrens ist die Vorhersage des Energieverbrauches hinsichtlich der täglichen Entnahmezyklen, wie sie durch die Anhänge A bis C eingeführt worden sind.

Annahme:

Wärmeverluste treten aufgrund der Wärmeübertragung durch die Isolierung des Behälters auf. Formen der Wärmeübertragung sind Konvektion und Abstrahlung.

Die Energie E_{ab} wird wie folgt berechnet:

Eingangsdaten:

D	Außendurchmesser	[m]
h	Außenhöhe des Gerätes	[m]
$n = 1,25$	Wärmeübertragungskoeffizient	
t_i	Zeitschalter für Wasserentnahme oder Aufheizen	[h]
Q_{pr}	genormter Wert für Wärmeverluste	[kWh/24 h]
V	Nenn-Inhalt	[l]
P	Leistung der Energiequelle	
C_m	gelieferte Warmwassermenge	[l]
E_{WATER}	gelieferte Energie hinsichtlich der in Betracht gezogenen Entnahmestruktur (2,1 kWh, 5,85 kWh oder 11,65 kWh)	

Weitere erforderliche Parameter:

S_0	Für die Berechnung in Betracht gezogene Oberfläche, wenn sich der Wassererwärmer im erwärmten Zustand befindet [m ²]
S^*	Oberfläche des Gerätes, die einem Mittelwert für einen Tageszyklus entspricht [m ²]
X_i	Koeffizient, der die relative Menge bereitgestellter Energie in Abhängigkeit von der maximalen gespeicherten Energie darstellt
E_{ESWH}	Maximalwert der Energie, der im Gerät gespeichert werden könnte [kWh]

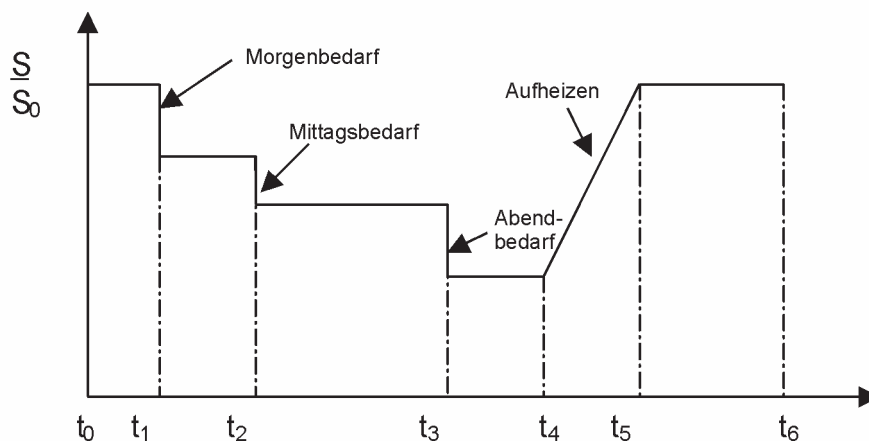


Bild D.1 – Entwicklung der relativen Oberfläche, die der Wärmeübertragung zuzuschreiben ist

$$E = E_{\text{WATER}} + Q_{\text{pr}} \times \left(\frac{S^*}{S_0} \right)^n$$

mit

$$S_0 = \pi \times D \times h + 2 \times \pi \times \frac{D^2}{4} \times n \times \frac{h}{D}$$

E_i = Energie entsprechend dem Morgen-, Mittags- oder Abendbedarf entsprechend den vereinfachten Entnahmemustern, die in den Anhängen A, B oder C definiert sind.

$$E_{\text{ESWH}} = \frac{1,16 \times V \times (65 - 15)}{1000}$$

$$S^* = \frac{1}{24} \int_{i=0}^{i=7} S_i \times (t_{i+1} - t_i)$$

mit
$$S_i = \pi \times D \times h \times \left(1 - \frac{E_i}{E_{\text{ESWH}}} \right) \times \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$t_5 - t_4 = \frac{E_{\text{WATER}} + Q_{\text{pr}}}{P}$$

und
$$t_6 - t_5 = 8 - (t_5 - t_4)$$

Beispiel:

Außendurchmesser	$D = 0,52 \text{ m}$
Außenhöhe des Gerätes	$h = 1,42 \text{ m}$
Wärmeübertragungskoeffizient	$n = 1,25$
Zeitschalter für Wasserentnahme oder Aufheizen	$t_i = 0 \text{ s}$
genormter Wert für Wärmeverluste	$Q_{\text{pr}} = 1,71 \text{ kWh/24 h}$
Nenn-Inhalt	$V = 200 \text{ l}$
gelieferte Warmwassermenge C_m [l]	$P = 2,2 \text{ kW}$
E_{WATER}	Gelieferte Energie hinsichtlich der in Betracht gezogenen Entnahmemuster (2,1 kWh, 5,85 kWh oder 11,65 kWh)

Weitere erforderliche Parameter:

- Für die Berechnung in Betracht gezogene Oberfläche, wenn sich der Wassererwärmer im erwärmten Zustand befindet, $S_0 = 3,77 \text{ m}^2$
- Oberfläche des Gerätes, die einem Mittelwert für einen Tageszyklus entspricht, S^* in m^2
- Koeffizient, der die relative Menge bereitgestellter Energie in Abhängigkeit von der maximalen gespeicherten Energie darstellt, X_i
- Maximalwert der Energie, der im Gerät gespeichert werden könnte, $E_{\text{ESWH}} = 10,44 \text{ kWh}$

Tabelle D.1 – Ergebnisse der Berechnung

Berechnete Werte	Ergebnis mit Entnahmemuster I	Ergebnis mit Entnahmemuster II
$t_1 - t_0$	0,50 h	0,25
$t_2 - t_1$	5,25 h	5,75
$t_3 - t_2$	7,25 h	7,75
$t_4 - t_3$	3,00 h	2,75
$t_5 - t_4$	1,74 h	3,44
$t_6 - t_5$	6,26 h	4,56
S_0	3,77 m^2	3,77 m^2
S_X	2,50 m^2	2,42 m^2
E	3,13 kWh	6,84 kWh
η	0,69	0,86