

DIN EN 12977-3



ICS 27.160

Ersatz für
DIN EN 12977-3:2008-11

**Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile –
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen –
Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen;
Deutsche Fassung EN 12977-3:2012**

Thermal solar systems and components –
Custom built systems –
Part 3: Performance test methods for solar water heater stores;
German version EN 12977-3:2012

Installations solaires thermiques et leurs composants –
Installations assemblées à façon –
Partie 3: Méthodes d'essai des performances des dispositifs de stockage des installations
de chauffage solaire de l'eau;
Version allemande EN 12977-3:2012

Gesamtumfang 54 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12977-3:2012) wurde im Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ (Sekretariat: ELOT, Griechenland) erarbeitet.

Der Arbeitsausschuss NA 041-01-56 AA „Solaranlagen“ im Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war an der Erstellung dieser Europäischen Norm beteiligt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12977-3:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DINV ENV 12977-3: 2001-10

DIN EN 12977-3: 2008-11

Deutsche Fassung

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kundenspezifisch
gefertigte Anlagen - Teil 3: Leistungsprüfung von
Warmwasserspeichern für Solaranlagen

Thermal solar systems and components - Custom built
systems - Part 3: Performance test methods for solar water
heater stores

Installations solaires thermiques et leurs composants -
Installations assemblées à façon - Partie 3: Méthodes
d'essai des performances des dispositifs de stockage des
installations de chauffage solaire de l'eau

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. Februar 2012 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind 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. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	12
5 Einteilung der Speicher.....	13
6 Prüfung von Speichern im Labor	13
6.1 Anforderungen an den Prüfstand	13
6.1.1 Allgemeines	13
6.1.2 Messgrößen und Messverfahren.....	16
6.2 Installation des Speichers	17
6.2.1 Montage	17
6.2.2 Anschluss	17
6.3 Prüf- und Bewertungsverfahren	17
6.3.1 Allgemeines	17
6.3.2 Prüfabläufe	19
6.3.3 Aufbereitung der Prüfungsdaten	29
7 Speicherprüfung in Kombination mit einer Anlagenprüfung nach ISO 9459-5.....	30
8 Speicherprüfung nach EN 12897.....	31
9 Prüfbericht.....	31
9.1 Allgemeines	31
9.2 Beschreibung des Speichers	31
9.3 Prüfergebnisse.....	32
9.4 Kennwerte für die Simulation	33
Anhang A (normativ) Benchmarktests für das Speichermodell	34
A.1 Allgemeines	34
A.2 Temperatur des Speichers im Stand-by.....	34
A.3 Wärmeübertragung vom Wärmeübertrager zum Speicher	34
Anhang B (normativ) Verifizierung der Ergebnisse der Speicherprüfung	36
B.1 Allgemeines	36
B.2 Prüfabläufe zur Verifizierung der Prüfergebnisse	36
B.2.1 Allgemeines	36
B.2.2 Verifizierungsabläufe aus Messungen am Speicherprüfstand	36
B.2.3 Während einer Gesamtanlagenprüfung nach ISO 9459-5 durchgeführte Prüfabläufe	43
B.3 Verifizierungsverfahren	43
B.3.1 Allgemeines	43
B.3.2 Fehler der übertragenen Energiemengen	43
B.3.3 Fehler der übertragenen Leistung	44
Anhang C (normativ) Benchmarktest für die Parameteridentifikation	45
Anhang D (informativ) Anforderungen an das numerische Speichermodell	46
D.1 Allgemeines	46
D.2 Annahmen	46
D.3 Berechnung der Energiebilanz.....	46

Anhang E (informativ) Ermittlung von Speicherparametern durch „Upscaling“ und „Downscaling“	48
E.1 Allgemeines	48
E.2 Anforderungen.....	48
E.3 Ermittlung der Speicherparameter	49
E.3.1 Wärmekapazität des Speichers.....	49
E.3.2 Höhe des Speichers	49
E.3.3 Ermittlung der Wärmeverlustrate	49
E.3.4 Relative Höhen der Anschlüsse und Temperaturfühler	49
E.3.5 Wärmeübertrager.....	49
E.3.6 Parameter, der den Abbau der Temperaturschichtung im Stand-by beschreibt.....	50
E.3.7 Parameter, der die Beschaffenheit der Temperaturschichtung während der direkten Entladung beschreibt.....	50
Anhang F (informativ) Ermittlung des Warmwasserkomforts	51
Literaturhinweise.....	52

Tabellen

Tabelle 1 — Einteilung der Speicher in Gruppen	13
Tabelle 2 — Messgrößen	16
Tabelle 3 — Überblick über die Prüfabläufe	19
Tabelle 4 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung C (Gruppe 1).....	20
Tabelle 5 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung C (Gruppe 2).....	21
Tabelle 6 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung C (Gruppe 3).....	21
Tabelle 7 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung C (Gruppe 4).....	22
Tabelle 8 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung L (Gruppe 1)	23
Tabelle 9 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung L (Gruppe 2)	23
Tabelle 10 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung L (Gruppe 3)	24
Tabelle 11 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung L (Gruppe 4)	24
Tabelle 12 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung NiA (Gruppe 2 oder 4).....	25
Tabelle 13 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung EiA	26
Tabelle 14 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung NA (Gruppen 1 und 3)	27
Tabelle 15 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung NB (Gruppen 1 und 3)	27
Tabelle 16 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung NB (Gruppen 2 und 4)	28
Tabelle 17 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung EB	29
Tabelle A.1 — Ergebnisse der analytischen Lösung	35
Tabelle B.1 — Überblick über die Verifizierungsabläufe.....	37
Tabelle B.2 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung V (Gruppe 1)	38
Tabelle B.3 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung V (Gruppe 2)	39
Tabelle B.4 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung V (Gruppe 3)	40
Tabelle B.5 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung V (Gruppe 4)	41

Tabelle B.6 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung NiA (Gruppe 2 oder 4)	42
Tabelle B.7 — Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Prüfung EiV	43
Bilder	
Bild 1 — Beladekreis des Speicherprüfstands	14
Bild 2 — Entladekreis des Speicherprüfstands	15
Bild A.1 — Betrachtung des Speichers als Doppelrohr-Wärmeübertrager	35

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12977-3:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ELOT gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12977-3:2008.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Die in dieser Europäischen Norm beschriebenen Prüfverfahren für Warmwasserspeicher von thermischen Solaranlagen werden zur Ermittlung der thermischen Leistungsfähigkeit von kleinen kundenspezifisch gefertigten Solaranlagen nach EN 12977-1 benötigt.

Mit dem in dieser Europäischen Norm beschriebenen Prüfverfahren werden alle Kennwerte ermittelt, die benötigt werden, um das thermische Verhalten eines Warmwasserspeichers in einer kleinen kundenspezifisch gefertigten thermischen Solaranlage zu simulieren.

Alternativ kann das in EN 12897 genormte Verfahren zur Bestimmung von Kennwerten des Warmwasserspeichers, wie z. B. Wärmekapazität und Wärmeverlustrate, angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Die bereits bestehenden Prüfverfahren für Warmwasserspeicher von herkömmlichen Heizungsanlagen sind für thermische Solaranlagen nicht ausreichend. Dies liegt daran, dass die Leistung thermischer Solaranlagen in viel höherem Maße vom thermischen Verhalten des Warmwasserspeichers (Schichtung, Wärmeverluste) abhängt, als die Leistung herkömmlicher Anlagen. Folglich ist dieses separate Dokument für die Leistungsermittlung von Warmwasserspeichern solarer Heizungsanlagen notwendig.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Informationen über die beschriebenen Verfahren zur Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern können [1] in den Literaturhinweisen entnommen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfverfahren für die Beschreibung der Leistung von Warmwasserspeichern (im Folgenden Speicher genannt) fest, die zur Verwendung in kleinen kundenspezifisch gefertigten Solaranlagen nach EN 12977-1 bestimmt sind.

Die nach dem vorliegenden Dokument geprüften Speicher werden häufig in solaren Warmwasseranlagen verwendet. Jedoch kann auch die thermische Leistung aller anderen Wärmespeicher, bei denen Wasser als Speichermedium zum Einsatz kommt nach den in diesem Dokument festgelegten Prüfverfahren bewertet werden.

Dieses Dokument gilt für Speicher mit einem Nennvolumen zwischen 50 l und 3 000 l.

Dieses Dokument gilt nicht für Kombispeicher. Die Verfahren zur Leistungsprüfung von Solar-Kombispeichern sind in EN 12977-4 festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12828, *Heizungssysteme in Gebäuden — Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen*

EN 12897, *Wasserversorgung — Bestimmung für mittelbar beheizte, unbelüftete (geschlossene) Speicher-Wassererwärmer*

EN ISO 9488:1999, *Solarenergie — Vokabular (ISO 9488:1999)*

ISO 9459-5, *Solar heating — Domestic water heating systems — Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 9488:1999 und die folgenden Begriffe.

3.1

Umgebungstemperatur

Mittelwert der Temperatur der Luft, die den Speicher umgibt

3.2

Beladung

Wärmezufuhr in den Speicher, wobei die zugeführte Wärme von einer Wärmequelle stammt

3.3

Beladeanschluss

Anschluss, der zum Beladen des Speichers verwendet wird

3.4

Kombispeicher

Speicher, der sowohl zur Warmwasserbereitung als auch für die Raumheizung verwendet wird

3.5

Konditionierung

Erzeugung einer einheitlichen Temperatur im gesamten Speicher dadurch, dass dieser mit $\tilde{\vartheta}_{D,i} = 20\text{ °C}$ so lange entladen wird, bis sich ein stationärer Zustand eingestellt hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ziel der Konditionierung am Anfang einer Prüfphase ist es, einen genau festgelegten Anfangszustand bereitzustellen, d. h. eine einheitliche Temperatur im gesamten Speicher.

3.6 konstante Beladeleistung

$\tilde{P}_c$

Beladeleistung (Wärmeleistung), die erreicht ist, wenn der Mittelwert $\tilde{P}_c$ des während des Zeitraums von 0,5 bezogenen Be-/Entladevolumens innerhalb von $\tilde{P}_c \pm \tilde{P}_c \cdot 0,1$ ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Symbol „ $\tilde{}$ “ über bestimmten Werten zeigt an, dass es sich hier um einen Mittelwert handelt.

3.7 konstante Eintrittstemperatur

$\tilde{\vartheta}_{x,i}$

Temperatur, die bei der Beladung ($x = C$) oder der Entladung ($x = D$) erreicht ist, wenn der Mittelwert $\tilde{\vartheta}_{x,i}$ des während des 0,5 bezogenen Belade- bzw. Entladevolumens (siehe 3.34) innerhalb von $(\tilde{\vartheta}_{x,i} \pm 1)^\circ\text{C}$ ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Symbol „ $\tilde{}$ “ über bestimmten Werten zeigt an, dass es sich hier um einen Mittelwert handelt.

3.8 konstanter Volumenstrom

$\tilde{V}$

Volumenstrom, der erreicht ist, wenn der Mittelwert $\tilde{V}$ des während des Zeitraums von 0,5 bezogenen Belade- bzw. Entladevolumens (siehe 3.34) innerhalb von $\tilde{V} \pm \tilde{V} \cdot 0,1$ ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Symbol „ $\tilde{}$ “ über bestimmten Werten zeigt an, dass es sich hier um einen Mittelwert handelt.

3.9 Totvolumen/Totkapazität

das Volumen bzw. die Kapazität des Speichers, welche(s) nur durch Wärmeleitung erwärmt wird (z. B. unterhalb eines Wärmeübertragers)

3.10 direkte Beladung/Entladung

Zu- bzw. Abfuhr von thermischer Energie (Wärme) in den bzw. aus dem Speicher, wobei das Fluid im Speicher direkt ausgetauscht wird

3.11 Entladung

durch eine Wärmelast hervorgerufene Reduzierung der Wärmemenge im Speicher

3.12 Entladeanschluss

Rohrverbindung, die zum Entladen des Speichers verwendet wird

3.13 Anschlusspaar

ein aus Eintritt und dem entsprechenden Austritt gebildetes Paar von Anschlüssen, das zur direkten Beladung bzw. Entladung des Speichers dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufig wird der Speicher über geschlossene oder offene Kreise be- und entladen, die mit dem Speicher über Anschlusspaare verbunden sind.

3.14 effektives Volumen/effektive Kapazität

Volumen bzw. Kapazität, welche(s) zur Wärmespeicherung beiträgt, wenn der Speicher in der üblichen Weise betrieben wird

3.15

elektrische (Zusatz-)Wärmequelle

elektrische Widerstandsheizung (Heizstab), die sich im Speicher befindet

3.16

externe Zusatzwärmequelle

Zusätzliche Wärmequelle, die sich außerhalb des Speichers befindet. Die Wärme wird dem Speicher direkt oder indirekt über einen Beladekreis zugeführt. Die externe Zusatzwärmequelle wird nicht als Bestandteil des zu prüfenden Speichers betrachtet.

3.17

Wärmeverlustrate

$(UA)_{s,a}$

Wärmeverlust des gesamten Speichers, bezogen auf 1 K Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur im Speicher und der Umgebungstemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wärmeverlustrate hängt von den Strömungsbedingungen innerhalb des Speichers ab. Daher sind separate Wärmeverlustraten für den in Bereitschaft stehenden Speicher (Stand-by-Wärmeverlustrate) und für den im Betrieb befindlichen Speicher (Betriebs-Wärmeverlustrate) definiert. Wird $(UA)_{s,a}$ ohne genauere Spezifikation angegeben, so repräsentiert $(UA)_{s,a}$ die Stand-by-Wärmeverlustrate.

3.18

Wärmeübertragungsvermögen

beschreibt die Wärmeleistung (Wärmestrom), die je K Temperaturdifferenz übertragen wird

3.19

eingetauchter Wärmeübertrager

Wärmeübertrager, der vollständig vom Fluid innerhalb des Speichers umgeben ist

3.20

indirekte Beladung/Entladung

dem Speicher über einen Wärmeübertrager thermische Energie zuführen bzw. aus dem Speicher abführen

3.21

Wärmelast

Aus dem Speicher bei Entladung abgeführte Wärme. Die Wärmelast wird berechnet als Produkt aus der Masse, der spezifischen Wärmekapazität und der Temperaturerhöhung des Wassers beim Durchströmen der solaren Wassererwärmungsanlage.

3.22

Mantelwärmeübertrager

Wärmeübertrager, der am Speicher so angebracht ist, dass er einen Ringspalt zwischen dem Fluid im Speicher und der Umgebung bildet

3.23

gemessene Wärmemenge

$Q_{x,m}$

zeitliches Integral der über eine oder mehrere Prüfphasen gemessenen Wärmeleistung, wobei Zeiträume, während denen zu Beginn des Prüfablaufs der Speicher konditioniert wird, bei der Integration nicht berücksichtigt werden

3.24

gemessene Wärmeleistung

$P_{x,m}$

Wärmeleistung, die auf der Basis des gemessenen Volumenstromes sowie der gemessenen Eintritts- und Austrittstemperaturen berechnet wird

3.25

gemessene Wärmekapazität des Speichers

die zwischen zwei bei verschiedenen Temperaturen herrschenden stationären Zuständen gemessene Differenz der Wärmemenge im Speicher, dividiert durch die zwischen diesen beiden stationären Zuständen auftretende Temperaturdifferenz

3.26

durchmischt

Zustand, in welchem die örtliche Temperatur im Speicher keine Funktion seiner Höhe ist

3.27

Modellparameter

Kennwert (Parameter), der für die Quantifizierung eines physikalischen Effektes verwendet wird, wobei dieser physikalische Effekt in einem mathematischen Rechenmodell in einer Art berücksichtigt wird, die nicht die realen Vorgänge widerspiegelt; ebenso können mehrere physikalische Effekte im verwendeten Rechenmodell zusammengefasst und durch einen Modellparameter beschrieben werden (z. B. eine Kennzahl für die Temperaturschichtung)

3.28

Nennvolumenstrom

$$\dot{V}_n$$

Nennvolumen des gesamten Speichers geteilt durch 1 h

3.29

Nennheizleistung

$$P_n$$

Nennvolumen des gesamten Speichers multipliziert mit 10 W/l

3.30

Nennvolumen

$$V_n$$

vom Hersteller angegebenes Flüssigkeitsvolumen des Speichers

3.31

Betriebs-Wärmeverlustrate

$$(UA)_{\text{op,s,a}}$$

Wärmeverlustrate des Speichers während der Beladung oder Entladung

3.32

berechnete Wärmemenge

$$Q_{\text{xp}}$$

zeitliches Integral der für eine oder mehrere Prüfphasen berechneten Wärmeleistung, wobei Zeiträume, während denen zu Beginn der Prüfphase der Speicher konditioniert wird, bei der Integration nicht berücksichtigt werden

3.33

berechnete Wärmeleistung

$$P_{\text{xp}}$$

Wärmeleistung, die auf der Basis des gemessenen Volumenstromes sowie der gemessenen Eintrittstemperatur und der berechneten Austrittstemperatur berechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Austrittstemperatur wird durch numerische Simulationsrechnungen berechnet.

3.34

bezogenes Belade- bzw. Entladevolumen

zeitliches Integral des Volumenstrom während der Beladung bzw. Entladung dividiert durch das Volumen des Speichers

3.35

Stand-by

Betriebszustand, in welchem dem Speicher vorsätzlich keine Wärme zugeführt oder entnommen wird

3.36

Stand-by-Wärmeverlustrate

$(UA)_{sb,s,a}$

Wärmeverlustrate des Speichers, wenn dieser in Bereitschaft steht, also nicht beladen oder entladen wird

3.37

stationärer Zustand

Betriebszustand, bei dem bei Beladung oder Entladung während des 0,5 bezogenen Belade- bzw. Entladevolumens (siehe 3.34) die Standardabweichung zwischen der Eintrittstemperatur in den Speicher und der Austrittstemperatur aus dem Speicher beim Belade- bzw. Entladekreis kleiner als 0,1 K ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Werden Speicher entladen, die eine isotherme Temperaturverteilung aufweisen, kann die Temperaturdifferenz zwischen der Eintritts- und Austrittstemperatur des Entladekreises während der Entladung des ersten Speichervolumens konstant sein und erst anschließend rapide absinken. Dieser während der Entladung des ersten Speichervolumens auftretende Zustand wird nicht als stationärer Zustand betrachtet.

3.38

Speichertemperatur

Temperatur des Speichermediums

3.39

geschichtet

Zustand, bei dem eine thermische Schichtung innerhalb des Speichers vorhanden ist

3.40

geschichtete Beladung

Erhaltung oder Vergrößerung der Temperaturschichtung im Speicher während der Beladung

3.41

Schichtbeladeeinrichtung

Einrichtung, die eine geschichtete Beladung von Speichern ermöglicht. Übliche Schichtbeladeeinrichtungen sind z. B. Konvektionskammine bzw. Rohre mit Radialöffnungen

3.42

theoretische Wärmekapazität des Speichers

Summe über alle Wärmekapazitäten $m_i \cdot c_{p,i}$ des gesamten Speichers (Flüssigkeit, Material des Behälters, Wärmeübertrager), die in die Wärmespeicherung involviert sind

3.43

Temperaturschichtung

Zustand, in dem die örtliche Speichertemperatur eine Funktion der vertikalen Speicherhöhe ist und die Temperatur vom Deckel zum Boden hin abnimmt

3.44

Übertragungszeit

$t_{x,f}$

Zeitspanne, während der Wärme durch die Anschlüsse für die Beladung ($x = C$) oder Entladung ($x = D$) übertragen wird. Die Übertragungszeit kann für eine oder mehrere Prüfphasen ermittelt werden. Nicht berücksichtigt werden hierbei Zeitspannen, während denen zu Beginn der Prüfphase der Speicher konditioniert wird

4 Symbole und Abkürzungen

C_s	Wärmekapazität (thermische Kapazität) des gesamten Speichers, in J/K
c_p	spezifische Wärmekapazität, in J/(kg K)
P_n	Nennheizleistung, in W
$P_{x,m}$	gemessene Wärmeleistung, die über den Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$) übertragen wird, in W
$P_{x,p}$	berechnete Wärmeleistung, die über den Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$) übertragen wird, in W
$Q_{x,m}$	gemessene Wärmemenge, die über den Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$) übertragen wird, in J
$Q_{x,p}$	berechnete Wärmemenge, die über den Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$) übertragen wird, in J
t_{st}	Zeit, die bis zum Erreichen eines stationären Zustandes benötigt wird, in s
$t_{x,f}$	Übertragungszeit bei der Beladung ($x = C$) oder Entladung ($x = D$), in s
$(UA)_{hx,s}$	Wärmeübertragungsvermögen zwischen Wärmeübertrager und Speicher, in W/K
$(UA)_{op,s,a}$	Betriebs-Wärmeverlustrate des Speichers, in W/K
$(UA)_{s,a}$	Wärmeverlustrate des Speichers, in W/K
$(UA)_{sb,s,a}$	Stand-by-Wärmeverlustrate des Speichers, in W/K
V_n	Nennvolumen des Speichers, in l
$\dot{V}_n$	Nennvolumenstrom, in l/h
$\tilde{\dot{V}}_x$	konstanter Volumenstrom im Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$), in l/h
$\Delta \vartheta_m$	mittlere logarithmische Temperaturdifferenz, in K
ϑ_a	Umgebungstemperatur, in °C
ϑ_s	Speichertemperatur, in °C
$\tilde{\vartheta}_{x,i}$	konstante Eintrittstemperatur des Beladekreises ($x = C$) oder Entladekreises ($x = D$), in °C
$\vartheta_{x,i}$	Eintrittstemperatur des Beladekreises ($x = C$) oder Entladekreises ($x = D$), in °C
$\vartheta_{x,o}$	Austrittstemperatur des Beladekreises ($x = C$) oder Entladekreises ($x = D$), in °C
$\varepsilon_{x,P}$	relativer Fehler der mittleren übertragenen Wärmeleistung während der Beladung ($x = C$) oder Entladung ($x = D$), in %
$\varepsilon_{x,Q}$	relativer Fehler der übertragenen Wärmemenge während der Beladung ($x = C$) oder Entladung ($x = D$), in %
ρ	Dichte, in kg/m ³

5 Einteilung der Speicher

Warmwasserspeicher werden nach der Art und Weise ihrer Beladung und Entladung klassifiziert. Wie in Tabelle 1 dargestellt, werden fünf Gruppen unterschieden.

Tabelle 1 — Einteilung der Speicher in Gruppen

Gruppe	Beladeverfahren	Entladeverfahren
1	direkt	direkt
2	indirekt	direkt
3	direkt	indirekt
4	indirekt	indirekt
5	Speicher, die sich keiner der Gruppen 1 bis 4 zuordnen lassen	

ANMERKUNG Alle Speicher können mit einem oder mehreren elektrischen Zusatzheizelement(en) ausgerüstet sein.

6 Prüfung von Speichern im Labor

6.1 Anforderungen an den Prüfstand

6.1.1 Allgemeines

Der Warmwasserspeicher ist getrennt von der gesamten Solaranlage auf einem Speicherprüfstand zu prüfen.

Der Aufbau des Prüfstands richtet sich nach der in Abschnitt 5 angegebenen Einteilung der Warmwasserspeicher.

Ein repräsentatives Beispiel für den hydraulischen Aufbau eines Prüfstands ist in Bild 1 und Bild 2 dargestellt.

Die Kreisläufe sind dazu bestimmt, den Beladekreis und den Entladekreis der Solaranlage nachzubilden und Volumenströme mit einer konstanten oder gut regelbaren Temperatur bereitzustellen. Der vollständige Prüfstand besteht aus einem Beladekreis und einem Entladekreis.

ANMERKUNG 1 Wenn der Speicher über mehr als eine Möglichkeit zur Beladung und Entladung verfügt (z. B. zwei Wärmeübertrager), dann werden diese separat geprüft.

Der Prüfstand muss sich in einem klimatisierten Raum befinden, in dem sich die Raumtemperatur von 20 °C während der Prüfung um nicht mehr als ± 2 K verändern sollte.

Beide Kreisläufe müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Der Volumenstrom muss einstellbar und innerhalb eines Bereiches von ± 5 % stabil sein;
- die Betriebstemperatur muss zwischen 10 °C und 90 °C liegen;

ANMERKUNG 2 Eine typische Heizleistung des Beladekreises beträgt etwa 15 kW.

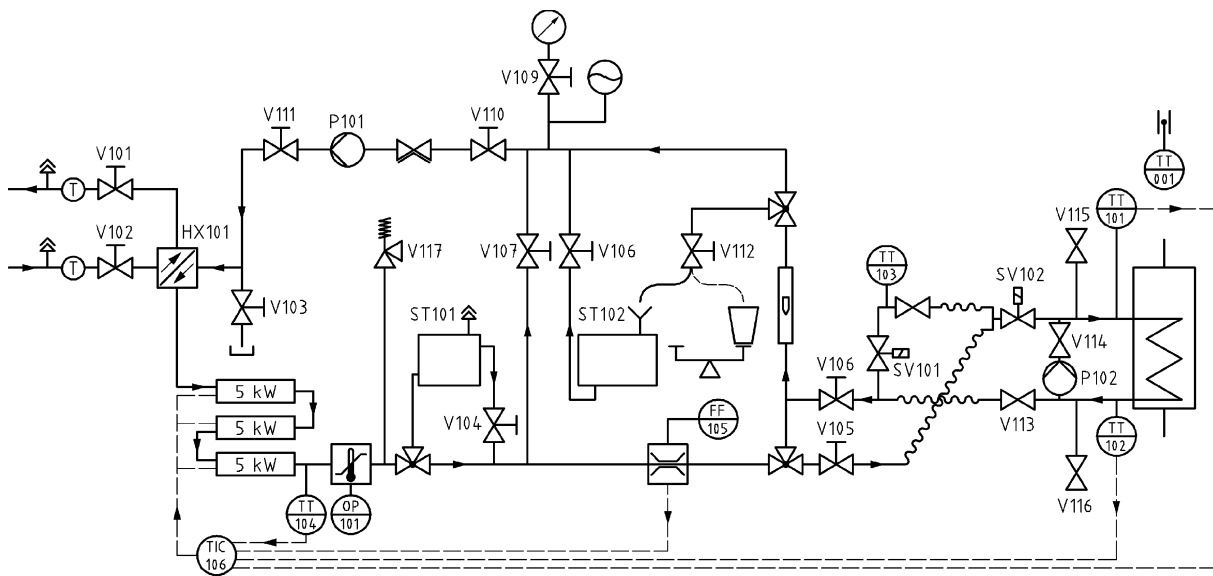
- die Kühlleistung des Entladekreises muss bei einer Flüssigkeitstemperatur von 20 °C mindestens 25 kW betragen;

ANMERKUNG 3 Eine typische Heizleistung des Entladekreises beträgt etwa 25 kW.

ANMERKUNG 4 Wenn aus dem Netz Wasser mit einem konstanten Druck und einer konstanten Temperatur unterhalb von 20 °C verfügbar ist, sollte der Entladekreis so ausgeführt sein, dass er für die Entladung des Speichers als geschlossener Kreislauf oder über das Wassernetz als offener Kreislauf betrieben werden kann.

- die Erwärmungsrate des Beladekreises muss mindestens 3 K/min betragen, wenn kein Speicher angeschlossen ist;
- die für eine elektrische Zusatzwärmequelle verfügbare elektrische Leistung muss mindestens 6,0 kW betragen.

ANMERKUNG 5 Die elektrische Leistung der Pumpe (P102) sollte so gewählt werden, dass die durch diese Pumpe hervorgerufene Temperaturerhöhung entweder kleiner als 0,6 K/h ist, wenn der Beladekreis „kurzgeschlossen“ ist und bei Raumtemperatur betrieben wird („kurzgeschlossen“ bedeutet, dass kein Speicher angeschlossen ist und SV102, V113, V115 und V116 geschlossen sind; siehe Bild 1), oder es sollte eine zusätzliche Kühlungseinrichtung im Kreis mit integriert werden.



Legende

FF Durchflussmessgerät	SV Magnetventil
HX Wärmeübertrager	TT Temperaturfühler
OP Temperaturbegrenzung	TIC Temperaturanzeige und -regelung
P Pumpe	V Ventil
ST Speicher (der Prüfstelle)	

Bild 1 — Beladekreis des Speicherprüfstands

Im Beladekreis (siehe Bild 1) wird Wasser als Wärmeträger mittels der Pumpe (P101) durch den Kühler (HX101) und die temperaturgeregelten Heizer (TIC106) gepumpt. Um verbleibende Regelabweichungen auszugleichen, wird ein Pufferspeicher (ST101) verwendet. Durch den Bypass (V107) kann der Volumenstrom durch den Speicher geregelt und ein kontinuierlich hoher Volumenstrom durch den Heizkreis sichergestellt werden, was zu einem guten Regelverhalten führt. Um eine plötzliche Erhöhung der Eintrittstemperatur in den Speicher vorzubereiten, kann über das Magnetventil (SV101) das Wärmeträgerfluid am Speicher vorbeigeleitet werden.

Die Temperaturfühler sind nahe am Eintritt (TT101) und am Austritt (TT102) des Speichers angebracht; die Verbindung zum Speicher erfolgt über wärmedämmte Schläuche.

Der Beladekreis kann sowohl geschlossen, unter Druck (Auslegungsdruck 2,5 bar, Membran-Druckausdehnungsgefäß und Überdruckventil (V109)) sowie offen (Ventil (V108) geöffnet) betrieben werden, wobei der Speicher (ST102) als Ausdehnungsgefäß dient. Durch Wiegen der durch das Ventil (V112) fließenden Wassermenge ist eine Kalibrierung des eingebauten Durchflussmessgerätes (FF105) möglich. Die gesamte Anlage ist mit den üblichen Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. einem Überdruckventil (V117) und einer Temperaturbegrenzungseinrichtung (OP101) ausgestattet.

Der Entladekreis (siehe Bild 2) ist ähnlich aufgebaut. Er enthält zwei Kühler – (HX201) und (HX202) – und ein temperaturgeregeltes Heizelement (TIC206) mit einer Wärmeleistung von 5 kW. Der Entladekreis kann entweder als geschlossener Kreislauf oder über das Wassernetz als offener Kreislauf betrieben werden. Beim Betrieb als offener Kreislauf wird das Wasser über die Sicherheitseinrichtungen (V201) zugeführt und fließt dann durch die Kühler, die Heizstrecke und das Durchflussmessgerät (FF205) in den Speicher. Das warme Wasser aus dem Speicher fließt über das Magnetventil (SV201) und das Ventil (V210) in den Abfluss. Das Ventil (V212) ist geschlossen.

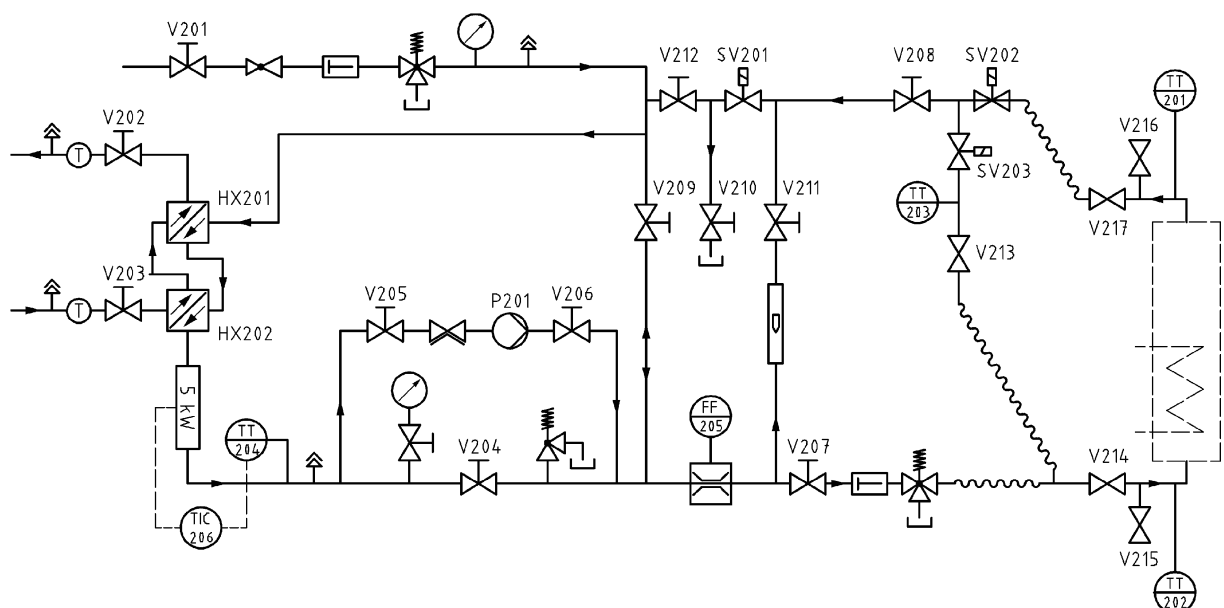
Für die Erwärmung des Wassers wird empfohlen, den Volumenstrom durch die Heizstrecke mit der Pumpe (P201) zu erhöhen, um so das Regelverhalten zu verbessern; der zusätzlich geförderte Volumenstrom wird durch den Bypass (V209) zurückgeführt.

Während des Betriebs als geschlossener Kreis bleiben das Ventil der Sicherheitsgruppe und das Abflussventil (V210) geschlossen, das Ventil (V212) ist geöffnet und das Wasser wird mittels der Pumpe (P201) gefördert.

ANMERKUNG 6 Für die regelmäßige Überprüfung der Messgenauigkeit wird empfohlen, einen Referenzheizer in den Prüfstand einzubauen. Der Referenzheizer ist mit einer elektrischen Heizeinrichtung ausgerüstet und wird anstelle des Speichers an den Prüfstand angeschlossen.

ANMERKUNG 7 Für weitere Informationen über die Verwendung von Referenzheizern siehe [2] und [3] in den Literaturhinweisen.

Das Wärmeträgerfluid, das für die Prüfungen verwendet wird, kann Wasser oder ein vom Hersteller empfohlenes Fluid sein. Die spezifische Wärmekapazität und die Dichte der verwendeten Flüssigkeit müssen im Bereich der bei der Prüfung auftretenden Temperaturen auf 1 % bekannt sein.



Legende

FF Durchflussmessgerät

HX Wärmeübertrager

P Pumpe

SV Magnetventil

TT Temperaturfühler

TIC Temperaturanzeige und Regelung

V Ventil

Bild 2 — Entladekreis des Speicherprüfstands