

DIN EN 12977-3



ICS 27.160; 91.140.10; 91.140.65

Ersatz für
DIN EN 12977-3:2012-06

**Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile –
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen –
Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen;
Deutsche Fassung EN 12977-3:2018**

Thermal solar systems and components –
Custom built systems –
Part 3: Performance test methods for solar water heater stores;
German version EN 12977-3:2018

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 solaires de l'eau;
Version allemande EN 12977-3:2018

Gesamtumfang 59 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12977-3:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ELOT (Griechenland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 041-01-56 AA „Solaranlagen (SpA CEN/TC 312 und ISO/TC 180)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12977-3:2012-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm wurde an den Normungsauftrag M/534 angepasst und Anhänge ZA, ZB und ZC wurden erstellt;
- b) Streichung der Anmerkung zu Begriff 3.17;
- c) Streichung von Begriff 3.31;
- d) Anpassung der Tabellen zu Volumenströmen und Speicher-Eintrittstemperaturen unter 6.3.2.4;
- e) Erstellung von Abschnitt 9 zur Ermittlung von Speicherparametern durch „Up- und Downscaling“ und Streichung des entsprechenden Anhangs;
- f) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DINV ENV 12977-3: 2001-10

DIN EN 12977-3: 2008-11, 2012-06

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 29. Oktober 2017 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Einteilung der Speicher	12
6 Prüfung von Speichern im Labor.....	12
6.1 Anforderungen an den Prüfstand	12
6.1.1 Allgemeines.....	12
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	18
6.3.1 Allgemeines.....	18
6.3.2 Prüfabläufe.....	20
6.3.3 Aufbereitung der Daten aus den Prüfabläufen.....	30
7 Speicherprüfung in Kombination mit einer Anlagenprüfung nach ISO 9459-5.....	32
8 Speicherprüfung nach EN 12897	32
9 Ermittlung von Speicherparametern durch „Up- and Downscaling“	32
9.1 Allgemeines.....	32
9.2 Anforderungen.....	33
9.3 Ermittlung der Speicherparameter.....	33
9.3.1 Wärmekapazität des Speichers	33
9.3.2 Höhe des Speichers.....	33
9.3.3 Ermittlung der Wärmeverlustrate	33
9.3.4 Relative Höhen der Anschlüsse und Temperaturfühler	34
9.3.5 Wärmeübertrager	34
9.3.6 Parameter, der den Abbau der Temperaturschichtung während des Stand-by beschreibt.....	34
9.3.7 Parameter, der die Beschaffenheit der Temperaturschichtung während der direkten Entladung beschreibt.....	34
10 Prüfbericht	34
10.1 Allgemeines.....	34
10.2 Beschreibung des Speichers	34
10.3 Prüfergebnisse	36
10.4 Parameter für die Simulation.....	37
Anhang A (normativ) Benchmarktests für das Speichermodell.....	38
A.1 Allgemeines.....	38
A.2 Temperatur des Speichers im Stand-by.....	38
A.3 Wärmeübertragung vom Wärmeübertrager zum Speicher	38
Anhang B (normativ) Verifizierung der Ergebnisse der Speicherprüfung	40

B.1	Allgemeines	40
B.2	Prüfabläufe zur Verifizierung der Prüfergebnisse	40
B.2.1	Allgemeines	40
B.2.2	Verifizierungsabläufe aus Messungen am Speicherprüfstand	40
B.2.3	Während einer Gesamtanlagenprüfung nach ISO 9459-5 durchgeführte Prüfabläufe	47
B.3	Verifizierungsverfahren	47
B.3.1	Allgemeines	47
B.3.2	Fehler der übertragenen Energiemengen	47
B.3.3	Fehler der übertragenen Leistung	48
Anhang C (normativ) Benchmarktest für die Parameteridentifikation		49
Anhang D (informativ) Anforderungen an das numerische Speichermodell		50
D.1	Allgemeines	50
D.2	Annahmen	50
D.3	Berechnung der Energiebilanz	50
Anhang E (informativ) Ermittlung des Warmwasserkomforts		52
Anhang F (informativ) Umsetzung von Ökodesign und Energieverbrauchskennzeichnung		53
F.1	Bereitschaftsverlust	53
F.2	Nennvolumen des Speichers	53
F.3	Das Volumen des nicht-solaren Heizungsspeichers	53
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Anforderungen an die Energieverbrauchskennzeichnung nach der abzudeckenden delegierten Verordnung (EU) Nr. 811/2013		54
Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Anforderungen an die Energieverbrauchskennzeichnung nach der abzudeckenden delegierten Verordnung (EU) Nr. 812/2013		55
Anhang ZC (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung nach der abzudeckenden delegierten Verordnung (EU) Nr. 814/2013		56
Literaturhinweise		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12977-3:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ELOT gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12977-3:2012.

Dieses Dokument wurde erarbeitet unter dem Normungsauftrag M/534 „Normungsauftrag an die europäischen Normungsorganisationen gemäß Artikel 10 Absatz 1 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Unterstützung der Anwendung der Verordnung (EU) Nr. 814/2013 vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern sowie der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 812/2013 der Kommission vom 18. Februar 2013 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Energieeffizienzkennzeichnung von Warmwasserbereitern, Warmwasserspeichern und Verbundanlagen aus Warmwasserbereitern und Solareinrichtungen“, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informative Anhänge ZA, ZB und ZC, die Bestandteil dieses Dokuments sind.

EN 12977 besteht aktuell aus folgenden Teilen:

- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 2: Prüfverfahren für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 4: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung (Kombispeicher);*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 5: Prüfverfahren für die Regeleinrichtungen.*

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, 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 12977-1:2018 benötigt.

Mit dem in dieser Europäischen Norm beschriebenen Prüfverfahren werden alle Parameter 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 Parametern des Warmwasserspeichers, wie z. B. Wärmekapazität und Wärmeverlustrate, angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Die bereits bestehenden Prüfverfahren für Speicher von konventionellen Heizungsanlagen reichen für thermische Solaranlagen nicht aus. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Leistung von thermischen Solaranlagen in wesentlich höherem Maße vom thermischen Verhalten (z. B. von der Temperaturschichtung und den Wärmeverlusten) des Speichers abhängt, als dies bei konventionellen Anlagen der Fall ist. Daher ist dieses gesonderte Dokument für die Beschreibung der Leistung von Speichern für thermische Solaranlagen erforderlich.

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 12977-1:2018 bestimmt sind.

Die nach diesem Dokument geprüften Speicher werden häufig in thermischen Solaranlagen 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 12977-4:2018 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, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen*

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

EN ISO 9488:1999, *Sonnenenergie — 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 Trinkwassererwärmung als auch zur 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 $\tilde{P}_c$ über den Zeitraum von 0,5 bezogenen Beladevolumen (siehe 3.33) innerhalb von $\tilde{P}_c \pm \tilde{P}_c \times 0,1$ liegt

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

3.7

Temperatur am Kollektoreintritt

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

Temperatur, die während der Beladung ($x = C$) oder Entladung ($x = D$) erreicht ist, wenn der Mittelwert $\tilde{\vartheta}_{x,i}$ über den Zeitraum von 0,5 bezogenen Be-/Entladevolumen (siehe 3.33) innerhalb von $(\tilde{\vartheta}_{x,i} \pm 1)\text{ °C}$ liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Symbol „~“ 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 $\tilde{V}$ über den Zeitraum von 0,5 bezogenen Be-/Entladevolumen (siehe 3.33) innerhalb von $\tilde{V} \pm \tilde{V} \times 0,1$ liegt

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

3.9

Totvolumen/Totkapazität

Volumen bzw. 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, indem das Fluid im Speicher direkt ausgetauscht wird

3.11

Entladung

durch eine Wärmelast hervorgerufene Reduzierung der Wärmemenge im Speicher

3.12

Entladeanschluss

Rohranschluss, der zum Entladen des Speichers verwendet wird

3.13

Anschlusspaar

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-)Heizung

elektrische Widerstandsheizung (Heizstab), die sich im Speicher befindet

3.16

externe Zusatzheizung

zusätzliche Heizeinrichtung, die sich außerhalb des Speichers befindet, wobei die Wärme dem Speicher direkt oder indirekt über einen Beladekreis zugeführt wird und die externe Zusatzheizung nicht als Bestandteil des zu prüfenden Speichers betrachtet wird

3.17

Wärmeverlustrate

$(UA)_{s,a}$

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

3.18

Wärmeübertragungsvermögen

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

Zuführen bzw. Abführen thermischer Energie in den bzw. aus dem Speicher über einen Wärmeübertrager

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 thermischen Solaranlagen

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 der Speicher zu Beginn des Prüfablaufs 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**

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

Flüssigkeitsvolumen des Speichers; wie in Gleichung (F.2) beschrieben ermittelt

3.31**berechnete Wärmemenge** Q_{xp}

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

3.32**berechnete Wärmeleistung** P_{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.

3.33**bezogenes Belade- bzw. Entladevolumen**

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

3.34**Stand-by**

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

3.35**Stand-by-Wärmeverlustrate** $(UA)_{sb,s,a}$

Wärmeverlustrate des Speichers, wenn dieser in Stand-by steht

3.36**stationärer Zustand**

Betriebszustand, bei dem bei Beladung oder Entladung während des 0,5 bezogenen Belade- bzw. Entladevolumens (siehe 3.33) 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.

3.37**Speichertemperatur**

Temperatur des Speichermediums

3.38**geschichtet**

Zustand, bei dem eine Temperaturschichtung innerhalb des Speichers vorhanden ist

3.39**geschichtete Beladung**

Erhaltung oder Vergrößerung der Temperaturschichtung im Speicher während der Beladung

3.40**Schichtbeladeeinrichtung**

Einrichtung, die eine geschichtete Beladung von Speichern ermöglicht; übliche Schichtbeladeeinrichtungen sind z. B. Konvektionskamine bzw. Rohre mit Radialöffnungen

3.41**theoretische Wärmekapazität des Speichers**

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

3.42

Temperaturschichtung

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

3.43

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, wobei Zeitspannen, während denen der Speicher zu Beginn der Prüfphase konditioniert wird, nicht berücksichtigt werden

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden 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 W
$Q_{x,p}$	berechnete Wärmemenge, die über den Beladekreis ($x = C$) oder Entladekreis ($x = D$) übertragen wird, in W
t_{st}	Zeit, die benötigt wird, um einen stationären Zustand zu erreichen, 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
$(UA)_{s,a}$	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
$\tilde{V}_x$	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
$\vartheta_{x,i}$	Eintrittstemperatur des Beladekreises ($x = C$) oder Entladekreises ($x = D$), in °C
$\tilde{\vartheta}_{x,i}$	konstante 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 zusätzlichen 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 muss sich nach der in Abschnitt 5 angegebenen Einteilung der Warmwasserspeicher richten.

Ein repräsentatives Beispiel für den Aufbau eines hydraulischen 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.

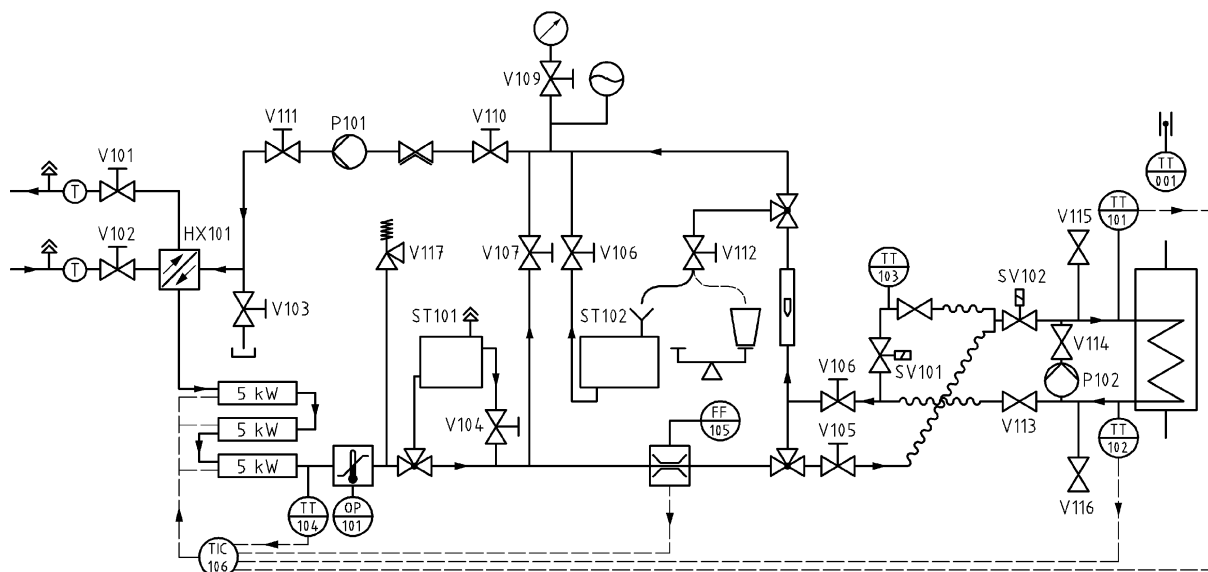
- die Kühlleistung des Entladekreises muss bei einer Flüssigkeitstemperatur von 20 °C mindestens 25 kW betragen;

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

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 Kreis oder über das Wassernetz als offener Kreis betrieben werden kann.

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

Die elektrische Leistung der Pumpe (P101) sollte so gewählt werden, dass die durch diese Pumpe (101) 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 wärmegeämmte 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 Wägen 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 Kreis oder über das Wassernetz als offener Kreis betrieben werden. Beim Betrieb als offener Kreis 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.

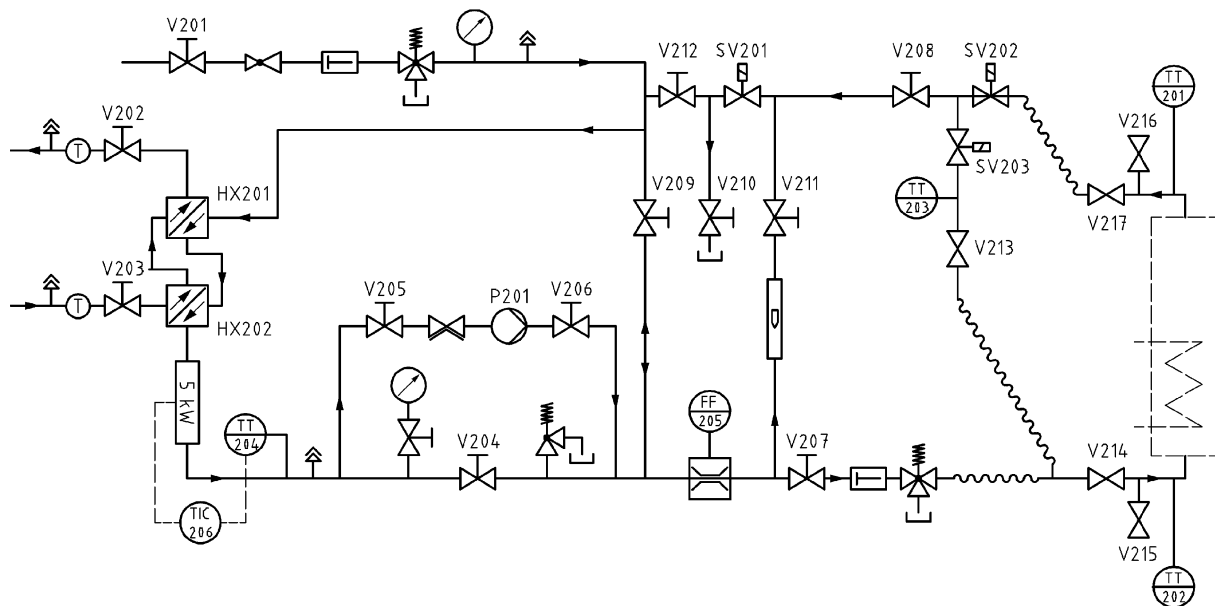
Für die Erwärmung des Wassers wird empfohlen, den Volumenstrom durch die Heizstrecke mit der Pumpe (P201) zu erhöhen, um so das Regelverhalten zu verbessern; der zusätzlich geförderte Volumenstrom wird durch den Bypass (V209) zurückgeführt.

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.

Für die regelmäßige Überprüfung der Fehlergrenze wird empfohlen, einen Referenzheizer in den Prüfstand einzubauen. Anstelle eines Speichers ist dieser Referenzheizer an den Prüfstand angeschlossen. Der Referenzheizer ist mit einer elektrischen Heizeinrichtung ausgerüstet.

ANMERKUNG 4 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

6.1.2 Messgrößen und Messverfahren

Die in Tabelle 2 aufgeführten Größen sind mit den angegebenen Fehlergrenzen zu messen.

Tabelle 2 — Messgrößen

Messgrößen	Messgerät (siehe Bilder 1 und 2)	Fehlergrenze
Volumenstrom, $\dot{V}_C$, im Beladekreis zwischen 0,05 m ³ /h und 1 m ³ /h	FF105	2,0 %
Volumenstrom, $\dot{V}_D$, im Entladekreis zwischen 0,05 m ³ /h und 1 m ³ /h	FF205	2,0 %
Temperatur, $\vartheta_{C,i}$, der Flüssigkeit im Beladekreis am Speichereintritt	TT101	0,1 K
Temperatur, $\vartheta_{C,o}$, der Flüssigkeit im Beladekreis am Speicheraustritt	TT102	0,1 K
Temperaturdifferenz der Flüssigkeit im Beladekreis, $\Delta\vartheta_C$, zwischen Speichereintritt und Speicheraustritt	TT101 und TT102	0,05 K
Temperatur, $\vartheta_{D,i}$, der Flüssigkeit im Entladekreis am Speichereintritt	TT201	0,1 K
Temperatur, $\vartheta_{D,o}$, der Flüssigkeit im Entladekreis am	TT202	0,1 K