

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen
Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen
Deutsche Fassung prEN 12977-3 : 1997

DIN
EN 12977-3

Einsprüche bis 28. Feb 1998

ICS 27.160; 91.140.65

Thermal solar systems – Custom built systems – Part 3: Performance characterisation of stores for solar heating systems;
German version prEN 12977-3 : 1997

Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 3: Caractérisation des performances des dispositifs de stockage pour des installations de chauffage solaire;
Version allemande prEN 12977-3 : 1997

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 an den Normenausschuß Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin.

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde im Technischen Komitee CEN/TC 312 (Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile, Sekretariat: Griechenland) erarbeitet.

Zuständig für die deutsche Fassung ist der deutsche Spiegelausschuß zu CEN/TC 312, der beim Normenausschuß Heiz- und Raumluftechnik angesiedelt ist.

Fortsetzung 70 Seiten prEN

Normenausschuß Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

ICS

Deskriptoren:

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 characterisation
of stores for solar heating systems

Installations solaires thermiques et leurs composants
– Installations assemblées à façon – Partie 3:
Caractérisation des performances des dispositifs de
stockage pour des installations de chauffage solaire

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

Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 erstellt.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B 1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Definitionen	5
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Einteilung der Speicher	9
6 Speicherprüfung im Labor	10
7 Speicherprüfung in Kombination mit einer Systemprüfung nach ISO 9459-5	48
8 Verifizierung der Ergebnisse der Speicherprüfung	49
9 Prüfbericht	60
Anhang A (normativ) Anforderungen an das numerische Speichermodell	63
Anhang B (normativ) Benchmarktests für das Speichermodell	65
Anhang C (normativ) Benchmarktest für die Parameteridentifikation	67
Anhang D (informativ) Literaturhinweise	68

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 "Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile" erarbeitet.

Für die Erarbeitung dieser Europäischen Norm wurde das CEN durch die Europäische Gemeinschaft und die Europäische Freihandelsorganisation beauftragt.

Einleitung

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfverfahren für Wärmespeicher von thermischen Solaranlagen werden zur Ermittlung der thermischen Leistungsfähigkeit von kleinen kundenspezifisch zusammengestellten Solaranlagen nach prEN 12977-1 benötigt.

Die Speicher welche nach dieser Norm zu prüfen sind, werden im allgemeinen in solaren Wassererwärmungsanlagen eingesetzt. Jedoch kann auch die thermische Leistungsfähigkeit aller anderen Wärmespeicher mit Wasser als Speichermedium nach dieser Norm ermittelt werden.

Mit den in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren werden Kennwerte ermittelt, mit denen das thermische Verhalten eines Speichers in einer kleinen kundenspezifisch zusammengestellten Solaranlage beschrieben werden kann.

ANMERKUNG : Zusätzliche Informationen über die in dieser Norm beschriebenen Verfahren zur Leistungsprüfung von Speichern können dem Anhang D /1/ entnommen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt Verfahren für die Leistungsprüfung von Speichern die zur Verwendung in kleinen kundenspezifisch zusammengestellten Solaranlagen (nach prEN 12977-1) bestimmt sind.

Diese Norm ist auf Speicher mit einem Nennvolumen zwischen 50 und 3000 Liter anzuwenden.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

prEN 12897	Wasserversorgung - Bestimmung für indirekt beheizte unbelüftete (geschlossene) Warmwasser-Speicherungsanlagen
prEN YYY	Richtlinien für die Installation von Wasserheizungsanlagen in Gebäuden
prEN 12976-2	Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Vorgefertigte Anlagen - Teil 2: Prüfverfahren
prEN 12977-1	Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kundenspezifisch gefertigte Anlagen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
prEN 12977-2	Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kundenspezifisch gefertigte Anlagen - Teil 2: Prüfverfahren
prEN 806-1	Technische Regeln für Trinkwasserinstallation - Teil 1: Allgemeines
prEN 809	Pumpen und Pumpengeräte für Flüssigkeiten - Sicherheitstechnische Anforderungen
prEN 1717	Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasserinstallationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen
prEN ISO 9488	Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Terminologie (ISO/DIS 9488:1995)
EN 60335-1	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 335-1:1991 modifiziert)
EN 60335-2-21	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2: Besondere Anforderungen für Wassererwärmer (Warmwasserspeicher und Warmwasserboiler) (IEC 335-2-21:1989 + Ergänzungen 1:1990 and 2:1990, modifiziert)
ISO/DIS 9459-5	Solar heating - Domestic water heating systems - Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation

3 Definitionen

Zusammen mit prEN ISO 9488 gelten für diese Norm die folgenden Definitionen:

3.1 Umgebungstemperatur : Mittelwert der Lufttemperatur, die den Speicher umgibt.

3.2 Beladung : Wärmezufuhr in den Speicher; wobei die zugeführte Wärme von einer elektrischen oder thermischen Wärmequelle stammt.

3.3 Beladeanschluß : Rohrverbindung die zum Beladen des Speichers verwendet wird.

3.4 Konstante Eintrittstemperatur ($\bar{T}_{x,i}$) : Temperatur die bei der Beladung ($x=C$) oder der Entladung ($x=D$) erreicht ist, wenn der Mittelwert $\bar{T}_{x,i}$ während des Zeitraums von 0,5 bezogenen Be- / Entladevolumen innerhalb von $(\bar{T}_{x,i} \pm 1) ^\circ\text{C}$ ist.

3.5 Konstanter Volumenstrom ($\bar{V}$) : Volumenstrom der erreicht ist, wenn der Mittelwert $\bar{V}$ während des Zeitraums von 0,5 bezogenen Be- / Entladevolumen innerhalb von $\bar{V} \pm 10\%$ ist.

3.6 Konstante Beladeleistung ($\bar{P}_C$) : Beladeleistung (Wärmeleistung) die erreicht ist, wenn der Mittelwert $\bar{P}_C$ während des Zeitraums von 0,5 bezogenen Be- / Entladevolumen innerhalb von $\bar{P}_C \pm 10\%$ ist.

3.7 Konditionierung : Erzeugung einer einheitlichen Temperatur im gesamten Speicher dadurch, daß dieser mit $T_{D,i} = 20 ^\circ\text{C}$ solange entladen wird, bis sich ein stationärer Zustand eingestellt hat.

ANMERKUNG : Das Ziel der Konditionierung am Anfang einer Testsequenz ist es, einen genau definierten Anfangszustand bereitzustellen, z. B. eine einheitliche Temperatur im gesamten Speicher.

3.8 Entladeanschluß : Rohrverbindung die zum Entladen des Speichers verwendet wird.

3.9 Totvolumen / Kapazität : Das Volumen / die Kapazität des Speichers welche nur durch Wärmeleitung erwärmt wird (z. B. unterhalb eines Wärmeübertragers).

3.10 Schichtbeladeeinrichtung : Eine Vorrichtung die eine geschichtete Beladung des Speichers ermöglicht. Häufig verwendete Schichtbeladeeinrichtungen sind z. B. Konvektionskammine oder Rohre mit Öffnungen.

3.11 Direkte Beladung / Entladung : Zu- bzw. Abfuhr von thermischer Energie (Wärme) in den bzw. von dem Speicher, wobei die Flüssigkeit im Speicher direkt ausgetauscht wird.

3.12 Entladung : Durch eine Wärmelast hervorgerufene Reduzierung der Wärmemenge im Speicher.

3.13 Doppelanschluß : Ein aus einer Eintrittsöffnung und der entsprechenden Austrittsöffnung gebildetes Paar von Rohranschlüssen das zur direkten Beladung / Entladung des Speichers dient.

ANMERKUNG : Häufig wird der Speicher über geschlossene oder offene Kreise be- und entladen die mit dem Speicher über Doppelanschlüsse verbunden sind.

3.14 Effektives Volumen / effektive Kapazität : Das Volumen / die Kapazität welches bzw. welche 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 testenden Speichers betrachtet.

3.17 Wärmeverlustrate $(UA)_{s,a}$: Der Wärmeverluststrom des gesamten Speichers bezogen auf ein K Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur im Speicher und der Umgebungstemperatur

ANMERKUNG : 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 pro K Temperaturdifferenz übertragen wird.

3.19 Eingetauchter Wärmeübertrager : Ein Wärmeübertrager der vollständig vom Fluid innerhalb des Speichers umgeben ist.

3.20 Indirekte Beladung / Entladung : Hierbei wird thermische Energie (Wärme) über einen Wärmeübertrager dem Speicher zugeführt bzw. aus dem Speicher abgeführt.

3.21 Last : Der aus dem Speicher bei der Entladung abgeführte Wärmestrom. Die Last wird berechnet als Produkt aus dem Massenstrom, der spezifischen Wärmekapazität und der Temperaturerhöhung des Wassers beim Durchströmen der solaren Wassererwärmungsanlage.

3.22 Mantelwärmeübertrager : Ein Wärmeübertrager der am Speicher so angebracht ist, daß er einen Ringspalt zwischen dem Fluid im Speicher und der Umgebung bildet.

3.23 Meßtechnisch ermittelte Wärmekapazität des Speichers : Die meßtechnisch zwischen zwei, bei verschiedenen Temperaturen herrschenden stationären Zuständen ermittelte Differenz der Wärmemenge im Speicher, dividiert durch die zwischen diesen beiden stationären Zuständen auftretende Temperaturdifferenz.

3.24 Meßtechnisch ermittelte Wärmemenge $(Q_{x,m})$: Zeitliches Integral der meßtechnisch ermittelten Wärmeleistung über eine oder mehrere Testsequenzen. Zeiträume während denen zu Beginn der Testsequenz der Speicher konditioniert wird, werden bei der Integration nicht berücksichtigt.

3.25 Meßtechnisch ermittelte Wärmeleistung $(P_{x,m})$: Wärmeleistung die auf der Basis des gemessenen Volumenstroms sowie der gemessenen Eintritts- und Austrittstemperaturen berechnet wird.

3.26 Durchmisch : Zustand in welchem die örtliche Temperatur im Speicher keine Funktion der Höhe ist.

3.27 Modellparameter : Ein 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 Stunde.

3.29 Nennheizleistung (P_n) : Nennvolumen des gesamten Speichers multipliziert mit 10 W/Liter.

3.30 Nennvolumen (V_n) : Vom Hersteller angegebenes Flüssigkeitsvolumen des Speichers.

3.31 Betriebs-Wärmeverlustrate (UA)_{op,s,a} : Wärmeverlustrate des Speichers während der Beladung oder Entladung.

3.32 Vorhergesagte Wärmemenge ($Q_{x,p}$) : Zeitliches Integral der vorhergesagten Wärmeleistung über eine oder mehrere Testsequenzen. Zeiträume während denen zu Beginn der Testsequenz der Speicher konditioniert wird, werden bei der Integration nicht berücksichtigt.

3.33 Vorhergesagte Wärmeleistung ($P_{x,p}$) : Wärmeleistung die auf der Basis des gemessenen Volumenstroms sowie der gemessenen Eintrittstemperatur und der berechneten Austrittstemperatur berechnet wird. Die Austrittstemperatur wird durch numerische Simulationsrechnungen vorhergesagt.

3.34 Bezogenes Belade- / Entladevolumen : Zeitliches Integral des Volumenstroms während der Beladung / 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 während der Beladung oder Entladung innerhalb eines Zeitraums von 0,5 bezogenen Belade- / Entladevolumen die Standardabweichung zwischen der Eintrittstemperatur in den Speicher und der Austrittstemperatur aus dem Speicher beim Belade- / Entladekreis kleiner als 0,05 K ist.

ANMERKUNG : Werden Speicher entladen die eine weitgehend isotherme Temperaturverteilung aufweisen, kann die Temperaturdifferenz zwischen der Eintritts- und Austrittstemperatur des Entladekreises während der Entladung des ersten Speichervolumens fast 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 (üblicherweise Wasser).

3.39 Geschichtet : Zustand in dem die örtliche Speichertemperatur eine Funktion der vertikalen Speicherhöhe ist.

3.40 Geschichtete Beladung : Vergrößerung der Temperaturschichtung im Speicher während der Beladung.

3.41 Theoretische Wärmekapazität des Speichers : Summe über alle Wärmekapazitäten $m_i c_{p,i}$ des gesamten Speichers (Flüssigkeit, Material des Behälters, 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 ($t_{x,f}$) : Zeitraum während dem Wärme durch die Anschlüsse für die Beladung ($x=C$) oder Entladung ($x=D$) übertragen wird. Die Übertragungszeit kann für eine oder mehrere Testsequenzen ermittelt werden. Nicht berücksichtigt werden hierbei Zeiträume während denen zu Beginn der Testsequenz 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
$P_{x,m}$	meßtechnisch ermittelte Wärmeleistung die über den Beladekreis ($x=C$) oder Entladekreis ($x=D$) übertragen wird, in W
$P_{x,p}$	vorhergesagte Wärmeleistung die über den Beladekreis ($x=C$) oder Entladekreis ($x=D$) übertragen wird, in W
$Q_{x,m}$	meßtechnisch ermittelte Wärmemenge die über den Beladekreis ($x=C$) oder Entladekreis ($x=D$) übertragen wird, in J
$Q_{x,p}$	vorhergesagte 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
T_a	Umgebungstemperatur, in °C
T_s	Speichertemperatur, in °C
$T_{x,i}$	Eintrittstemperatur des Beladekreises ($x=C$) oder Entladekreises ($x=D$), in °C
$\tilde{T}_{x,i}$	konstante Eintrittstemperatur des Beladekreises ($x=C$) oder Entladekreises ($x=D$), in °C
$T_{x,o}$	Austrittstemperatur des Beladekreises ($x=C$) oder Entladekreises ($x=D$), in °C
$(UA)_{hx,s}$	Wärmeübertragungsvermögen zwischen Wärmeübertrager und Speicher, in W/K
$(UA)_{s,a}$	Wärmeverlustrate des Speichers, in W/K
$(UA)_{op,s,a}$	Betriebs-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
$\dot{V}$	Nennvolumenstrom, in l/h
$\tilde{V}_x$	konstanter Volumenstrom im Beladekreis ($x=C$) oder Entladekreis ($x=D$), in l/h
ΔT_m	mittlere logarithmische Temperaturdifferenz, in K
$\varepsilon_{x,p}$	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 auf der Basis unterschiedlicher Belade- und Entlademethoden eingeteilt. Wie in Tabelle 1 dargestellt, werden fünf Gruppen definiert.

Tabelle 1: Einteilung der Speicher in Gruppen

Gruppe	Belademethode	Entlademethode
1	direkt	direkt
2	indirekt	direkt
3	direkt	indirekt
4	indirekt	indirekt
5	Speicher die nicht den Gruppen 1 bis 4 zugeordnet werden können	

ANMERKUNG 1 : Sämtliche Speicher können mit einer oder mehreren elektrischen Zusatzwärmequellen ausgestattet sein.

ANMERKUNG 2 : Speicher die sowohl direkt als auch indirekt beladen oder entladen werden können (z. B. Speicher für Raumheizungsanlagen mit einem eingetauchten Wärmeübertrager für die Erwärmung des Trinkwassers), können mehr als einer Gruppe zugeordnet werden. In diesem Fall muß die Auswahl der geeigneten Prüfverfahren bzw. die Zuordnung zu einer Gruppe entsprechend der jeweiligen Betriebsweise erfolgen.

6 Speicherprüfung im Labor

6.1 Anforderungen an den Prüfstand

Der Warmwasserspeicher wird getrennt von der gesamten Solaranlage auf einem Speicherprüfstand geprüft.

Der Aufbau des Prüfstands ergibt sich aus der in Abschnitt 5 beschriebenen Einteilung der Warmwasserspeicher.

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

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

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

Der Prüfstand muß sich in einem klimatisierten Raum befinden, in dem sich die Raumtemperatur von 20 °C während des Tests um nicht mehr als ± 1 K verändern soll.

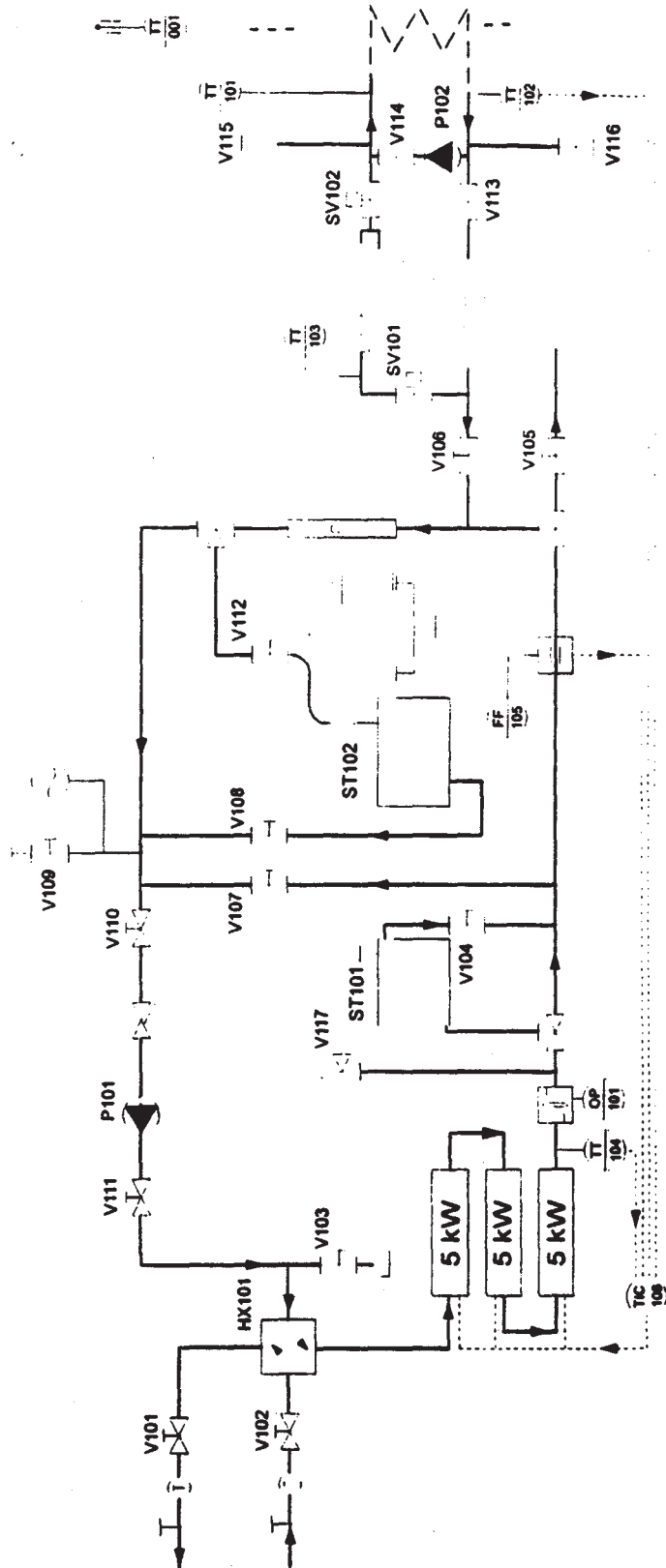
Beide Kreisläufe müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Der Volumenstrom muß zwischen 0,05 - 3 m³/h einstellbar sein, Abweichung < 2 %.
- Die Betriebstemperatur muß zwischen 10 - 90 °C liegen.
- Die Heizleistung des Beladekreises muß mindestens 15 kW betragen.
- Die Kühlleistung des Entladekreises muß bei einer Flüssigkeitstemperatur von 20 °C mindestens 5 kW betragen.

ANMERKUNG 1: Wenn aus dem Netz Wasser mit einem konstanten Druck und einer konstanten Temperatur unterhalb von 20 °C verfügbar ist, wird empfohlen den Entladekreis so auszuführen, daß er für die Entladung des Speichers als geschlossener Kreislauf oder über das Wassernetz als offener Kreislauf betrieben werden kann.

- Die Heizleistung des Entladekreises muß mindestens 5 kW betragen.
- Die Regelabweichung der Eintrittstemperatur in den Speicher muß kleiner als 0,05 K sein.
- Die Erwärmungsrate des Beladekreises muß mindestens 3 K/min betragen, wenn kein Speicher angeschlossen ist.
- Die für die Zusatzwärmequelle verfügbare elektrische Leistung muß mindestens 6,0 kW betragen.

ANMERKUNG 2: Die elektrische Leistung der Pumpe (P102) muß so gewählt werden, daß die durch diese Pumpe hervorgerufene Temperaturerhöhung 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).



FF...Durchflußmeßgerät
HX...Wärmeübertrager
OP...Temperaturbegrenzung
P...Pumpe
ST...Speicher
SV...Magnetventil
TT...Temperaturfühler
TIC...Temperaturanzeige und
Regelung
V...Ventil

Bild 1: Beladekreis des Speicherprüfstands

Im Beladekreis (siehe Abbildung 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 Durchfluß durch den Heizkreis gewährleistet 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 Einlaß (TT101) und am Auslaß (TT102) des Speichers angebracht. Die Verbindung zum Speicher erfolgt über wärmeisolierte 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 in den Speicher (ST102) fließenden Wassermenge ist eine Kalibrierung des eingebauten Durchflußmessers (FF105) möglich. Die gesamte Anlage ist mit den üblichen Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. einem Überdruckventil (V117) und einer Temperaturbegrenzung (OP101) ausgestattet.

Der Entladekreis (siehe Abbildung 2) ist ähnlich aufgebaut. Er verfügt über 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 den Durchflußmesser (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.

Um das Wasser zu erwärmen wird empfohlen den Durchfluß durch die Heizstrecke mit der Pumpe (P201) zu erhöhen. Hierdurch wird das Regelverhalten verbessert. Der durch die Pumpe zusätzlich geförderte Volumenstrom wird im Bypass (V209) zirkuliert.

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

ANMERKUNG 1: Für die regelmäßige Überprüfung der Meßgenauigkeit wird vorgeschlagen einen Referenzheizer in die Anlage einzubauen. Der Referenzheizer ist mit einer elektrischen Heizeinrichtung ausgerüstet und wird anstelle des Speichers an den Prüfstand angeschlossen.

ANMERKUNG 2: Für weitere Informationen über die Verwendung von Referenzheizern siehe Anhang D /1/ und /3/.

Das Wärmeträgerfluid welches 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.

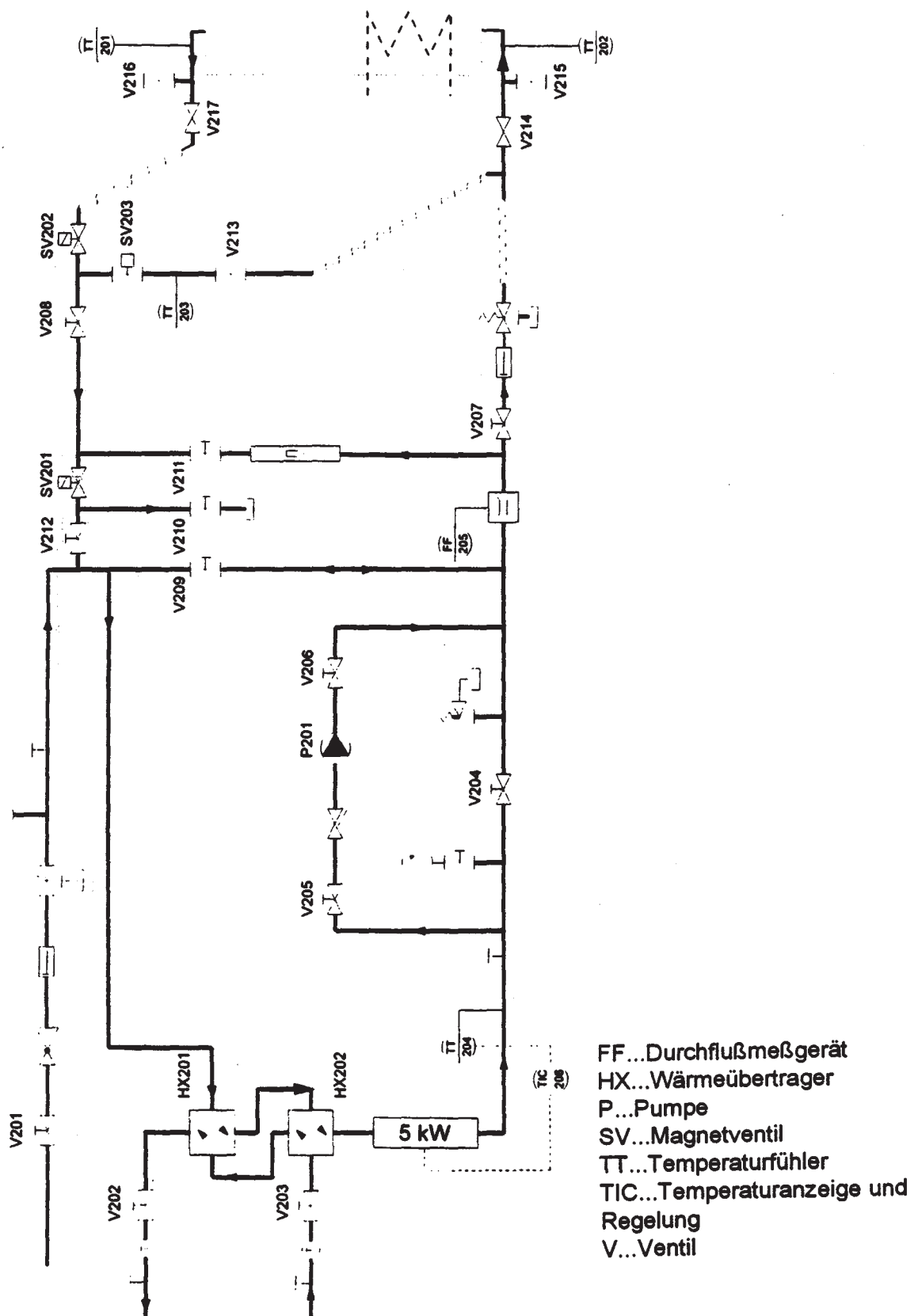


Bild 2: Entladekreis des Speicherprüfstands

6.1.1 Meßgrößen und Meßverfahren

Die in Tabelle 2 aufgeführten Größen sind mit der angegebenen Genauigkeit zu messen:

Tabelle 2: Meßgrößen

Meßgröße	Meßgerät (siehe Abbildung 1 und	Genauigkeit
Volumenstrom im Beladekreis zwischen 0,05 und 1 m ³ /h	FF105	2,0 %
Volumenstrom im Entladekreis zwischen 0,05 und 1 m ³ /h	FF205	2,0 %
Temperatur $T_{C,i}$ der Flüssigkeit im Beladekreis am Speichereintritt	TT101	0,1 K
Temperatur $T_{C,o}$ der Flüssigkeit im Beladekreis am Speicheraustritt	TT102	0,1 K
Temperaturdifferenz ΔT_C der Flüssigkeit im Beladekreis zwischen Speichereintritt und Speicheraustritt (Für Prüfungen nach 6.3.1)	TT101 und TT102	0,02 K
Temperaturdifferenz ΔT_C der Flüssigkeit im Beladekreis zwischen Speichereintritt und Speicheraustritt (Für Prüfungen nach 6.3.2)	TT101 und TT102	0,05 K
Temperatur $T_{D,i}$ der Flüssigkeit im Entladekreis am Speichereintritt	TT201	0,1 K
Temperatur $T_{D,o}$ der Flüssigkeit im Entladekreis am Speicheraustritt	TT202	0,1 K
Temperaturdifferenz ΔT_D der Flüssigkeit im Entladekreis zwischen Speichereintritt und Speicheraustritt (Für Prüfungen nach 6.3.1)	TT201 und TT202	0,02 K
Temperaturdifferenz ΔT_D der Flüssigkeit im Entladekreis zwischen Speichereintritt und Speicheraustritt (Für Prüfungen nach 6.3.2)	TT201 und TT202	0,05 K
Umgebungstemperatur T_{am}	TT001	0,1 K
Elektrische Leistung $\dot{Q}_{el}$ (Zusatzwärmequelle)	-	2 %

Die relevanten Größen sind mindestens alle 10 Sekunden zu messen. Die aufgezeichneten Meßdaten sind maximal als Mittelwerte aus drei Meßwerten zu bilden. Für Test H (siehe 6.3.1.1.3) müssen jedoch im transienten Zeitraum die Temperaturen jede Sekunde gemessen und aufgezeichnet werden.

Die Zeitkonstante der Temperaturfühler muß kleiner als 10 Sekunden sein. (d. h. 90 % der Temperaturänderung wird von dem in das Wärmeträgerfluid eingetauchten Temperaturfühler innerhalb von 10 Sekunden nach einer plötzlichen Änderung der Flüssigkeitstemperatur registriert).

Vor jeder Prüfung eines Speichers ist eine Nullmessung durchzuführen, bei der die Flüssigkeit im Beladekreis bzw. im Entladekreis durch den kurzgeschlossenen Beladekreis bzw. Entladekreis gepumpt wird. Kurzgeschlossen bedeutet, daß bei dem entsprechenden Kreis die Anschlüsse für den Eintritt und den Austritt direkt miteinander verbunden sind. (Empfohlen: Volumenstrom etwa 0,6 m³/h, Temperaturen 20, 40, 60, 80 °C). Falls die gemessene Temperaturdifferenz außerhalb der geforderten Genauigkeit von 0,02 K / 0,05 K liegt, müssen die Temperaturfühler kalibriert werden.

Für die Nullmessung kann auch ein Referenzheizer verwendet werden.

6.2 Installation des Speichers

6.2.1 Montage

Der Speicher wird an den Prüfstand entsprechend den Angaben des Herstellers angeschlossen.

Die Temperaturfühler zur Messung der Ein- und Austrittstemperatur der für die Beladung und Entladung des Speichers verwendeten Flüssigkeit, sind so nahe wie möglich, maximal jedoch im Abstand von 200 mm, am Eintritt und Austritt des Speichers anzubringen. Die Installation der Temperaturfühler in den Rohrleitungen ist entsprechend den anerkannten Regeln der Temperaturmessung auszuführen.

Wenn mehr als ein Paar von Beladeanschlüssen und / oder Entladeanschlüssen vorhanden ist, so wird (zur gleichen Zeit) immer nur ein Paar mit dem Prüfstand verbunden und das / die andere(n) ist / sind zu verschließen.

Die Wärmedämmung der Rohrleitungen zwischen dem Speicher und den Temperaturfühlern ist nach den anerkannten Regeln für die Installation von Heizungsanlagen, wie sie in der prEN YYY beschrieben sind, auszuführen.

6.2.2 Anschluß

Die Art und Weise wie der Speicher an den Prüfstand anzuschließen ist, hängt vom Ziel der durchzuführenden thermischen Prüfungen ab. Detaillierte Hinweise sind in den Abschnitten angegeben, in denen die thermischen Prüfungen beschrieben sind. Mit Ausnahme der in 6.3.1.1.2 beschriebenen Prüfung wird nur die thermische Leistungsfähigkeit des Speichers selbst (ohne Anschlußleitungen) bestimmt. Daher werden für diese Prüfungen die Anschlüsse am Speicher, so wie er vom Hersteller geliefert wird, als die thermische Grenze zwischen dem Speicher und dem Prüfstand betrachtet.

Anschlüsse des Speichers, die nicht mit dem Belade- oder Entladekreis des Prüfstands verbunden sind, müssen verschlossen werden. Nicht angeschlossene Wärmeübertrager sind mit Wasser zu füllen. Sämtliche verschlossenen Anschlüsse sind genauso wie der Speicher wärmezudämmen.

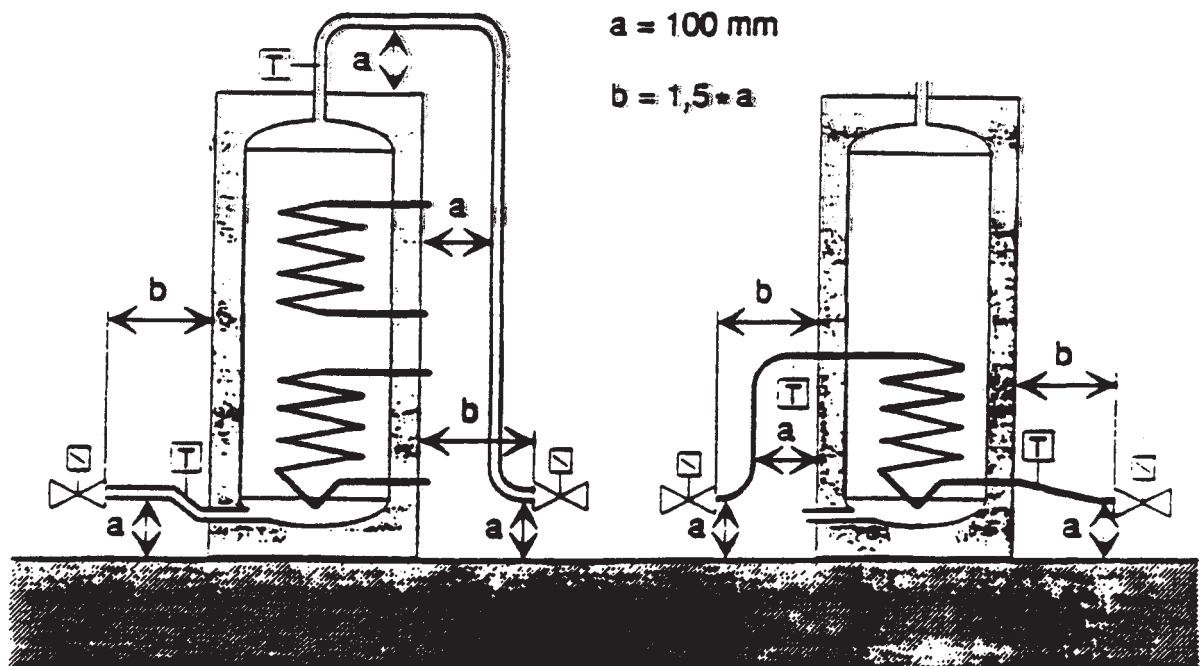
Da sich die Flüssigkeit in den verschlossenen Wärmeübertragern mit zunehmender Temperatur ausdehnt, ist hier ein Überdruckventil anzubringen.

6.2.3 Prüfung des Speichers unter Berücksichtigung der Ausführung der Anschlüsse

Das Ziel der in 6.3.1.1.2 beschriebenen Prüfung ist es, den Einfluß schlecht konstruierter Anschlüsse auf die Wärmeverluste des Speichers zu bestimmen (z. B. aufgrund von freier Konvektion in einem Rohr). Bei dieser Prüfung werden die mit dem Speicher verbundenen Rohrleitungen berücksichtigt und auftretende Konvektionsströmungen dürfen nicht durch nahe am Speicher angebrachte (Magnet)Ventile verhindert werden. Daher muß für die Prüfung nach 6.3.1.1.2 der Speicher folgendermaßen angeschlossen werden:

Die Rohrleitungen für jeden Belade- und Entladeanschluß sind entsprechend Abbildung 3 zu verlegen.

Falls in den Angaben des Herstellers nichts vorgeschrieben ist, so ist für die Rohrleitungen zwischen dem Speicher zu den Ventilen die gleiche Nennweite wie die der Anschlüsse am Speicher zu verwenden. Die Wärmedämmung ist entsprechend den in Anhang B von prEN 12976-2 und Anhang A von prEN 12977-2 spezifizierten Referenzbedingungen auszuführen.



Anschlüsse für
direkte Beladung / Entladung

Anschlüsse für
Wärmeübertrager

Bild 3: Anschluß der Rohrleitungen für die Beladung und Entladung

6.3 Prüf- und Auswerteverfahren

Das Ziel der in dieser Norm beschriebenen Prüfungen von Warmwasserspeichern ist es, Kennwerte zu ermitteln die zur detaillierten Beschreibung des thermischen Verhaltens von Warmwasserspeichern benötigt werden. Hierzu ist ein mathematisches Rechenmodell für den Speicher (Speichermodell) erforderlich. Die grundlegenden Anforderungen an verwendbare Rechenmodelle sind in Anhang A und B spezifiziert.

Die folgenden Kennwerte müssen für die Simulation eines Speichers einer Solaranlage bekannt sein:

a) Wasserraum:

- Höhe
- Effektives Volumen bzw. effektive Wärmekapazität
- Höhe der Anschlüsse für den Einlaß und Auslaß
- Wärmeverlustrate des gesamten Speichers
- Falls die Wärmedämmung für unterschiedliche Höhen des Speichers variiert, sollte die Verteilung der Wärmeverlustrate für unterschiedliche Bereiche des Speichers bestimmt werden.
- Ein Kennwert der den Abbau der thermischen Schichtung während des Stand-by beschreibt.

ANMERKUNG 1: Eine Möglichkeit diesen Effekt in einem Rechenmodell für Speicher zu beschreiben, ist die Verwendung einer vertikalen Wärmeleitung. In diesem Fall ist der entsprechende Kennwert eine effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit.

- Ein Kennwert, der die Beschaffenheit der thermischen Schichtung während der direkten Entladung beschreibt

ANMERKUNG 2: Ein zusätzlicher Kennwert kann verwendet werden, um den Einfluß unterschiedlicher Entnahmevolumenströme auf die thermische Schichtung im Speicher zu beschreiben, wenn dieser Effekt relevant ist.

- Positionen der Temperaturfühler (z. B. die Fühler für den Kollektorkreis und die Steuerung der Zusatzheizung)

b) Wärmeübertrager:

- Höhe der Anschlüsse für den Einlaß und Auslaß
- Volumen
- Wärmeübertragungsvermögen als Funktion der Temperatur
- Informationen über die Fähigkeit zur geschichteten Beladung

ANMERKUNG 3: Die Fähigkeit zur geschichteten Beladung kann aufgrund der Bauart des Wärmeübertragers sowie von den zeitlichen Verläufen der Ein- und Austrittstemperaturen des Wärmeübertragers bestimmt werden.

- Wärmeverlustrate vom Wärmeübertrager zur Umgebung (nur erforderlich bei Mantelwärmeübertragern und externen Wärmeübertragern)

c) Elektrische Zusatzwärmequelle:

- Position im Speicher
- Axiale Ausrichtung der Zusatzwärmequelle (horizontal oder vertikal)
Wenn die Zusatzwärmequelle vertikal eingebaut ist, wird auch ihre Länge benötigt
- Angabe des Anteils der Wärmeleistung die dem Speicherinhalt tatsächlich zugeführt wird, bezogen auf die insgesamt durch Umwandlung der elektrischen Leistung gewonnene Wärmeleistung

ANMERKUNG 4: Schlecht konstruierte elektrische Zusatzwärmequellen können während des Betriebs große Wärmeverluste aufweisen. In diesem Fall ist die der Wärmequelle zugeführte elektrische Leistung nicht gleich dem Wärmestrom, der an den Speicherinhalt abgegeben wird.

Die folgenden Abschnitte beschreiben Möglichkeiten zur Ermittlung der aufgeführten Kennwerte. Hierzu werden bestimmte Testsequenzen benötigt. Die mit Buchstaben gekennzeichneten Testsequenzen (z. B. TEST A) können in Phasen unterteilt werden, die mit einer Zahl bezeichnet sind (z. B. A1 – Konditionierung). Zwischen dem Ende einer Phase und dem Anfang der nächsten Phase darf sich der Speicher für einen Zeitraum von maximal 10 Minuten im Stand-by befinden. Während dieser Stand-by Zeit ist nur die Umgebungstemperatur zu messen und aufzuzeichnen.

ANMERKUNG 1 : Ein wesentlicher Punkt der beschriebenen Verfahren ist es, daß Messungen innerhalb des Speichers vermieden werden.

ANMERKUNG 2 : Die Ermittlung sämtlicher oben beschriebenen Speicherkennwerte ist nur mit dem in 6.3.2 beschriebenen Verfahren möglich. Jedoch können auch einige der Kennwerte mit dem in 6.3.1 beschriebenen Verfahren ermittelt werden.

6.3.1 Ermittlung der Wärmekapazität, der Wärmeverlustrate des gesamten Speichers und des Wärmeübertragungsvermögens eingetauchter Wärmeübertrager mittels analytischer Energie- und Leistungsbilanzen

6.3.1.1 Allgemeines

ANMERKUNG 1: Dieser Abschnitt beschreibt die Ermittlung der Wärmekapazität und der Wärmeverlustrate des Speichers nach den von der European Solar Storage Testing Group (SSTG) (siehe /2/ in Anhang D) entwickelten klassischen Verfahren.

ANMERKUNG 2: Das Verfahren zur Ermittlung des Wärmeübertragungsvermögens eingetauchter Wärmeübertrager ist von /4/ (siehe Anhang D) übernommen.

Die Testsequenzen sind entsprechend den unterschiedlichen Gruppen von Speichern durchzuführen (siehe Tabelle 1).

6.3.1.1.1 Ermittlung der Wärmekapazität und der Betriebs-Wärmeverlustrate des gesamten Speichers ohne Berücksichtigung der Rohranschlüsse (TEST A)

Diese Prüfung ist für alle Gruppen von Speichern durchzuführen.

Der Speicher ist entsprechend 6.2 an den Prüfstand anzuschließen.

Die Anschlüsse, die eine vollständige Entladung des Speichers ermöglichen sind mit dem Entladekreis des Prüfstands zu verbinden.

Die Anschlüsse, die eine vollständige Beladung des Speichers ermöglichen sind mit dem Beladekreis des Speichers zu verbinden.

Bei Speichern die der Gruppe 2 und Gruppe 4 angehören, ist im allgemeinen der unterste Wärmeübertrager für die Beladung zu verwenden. Wenn unterhalb dieses Wärmeübertragers ein Totvolumen vorhanden ist, werden Schwierigkeiten beim Erreichen des stationären Zustandes auftreten. In diesem Fall kann die Wärmeverlustrate nicht nach Test A bestimmt werden.

- Testphase A1: Konditionierung bis stationärer Zustand erreicht ist
- Testphase A2: Beladung bis stationärer Zustand erreicht ist + 12 Stunden
- Testphase A3: Entladung bis stationärer Zustand erreicht ist

Tabelle 3: Volumenströme und Speicher-Eintrittstemperaturen für Test A

Test-phase	Vorgang	Beladekreis			Entladekreis		
		$\tilde{V}_C$ l/h	$\tilde{T}_{C,i}$ °C	$\tilde{T}_{C,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
A1	Konditionierung	0	-	-	$0,5 \cdot \dot{V}_n$	20,00	variabel
A2	Beladung	$0,25 \cdot \dot{V}_n$	60,00	variabel	0	-	-
A3	Entladung	0	-	-	$0,5 \cdot \dot{V}_n$	20,00	variabel