

DIN EN 12977-4



ICS 27.160; 91.140.10; 91.140.65

Einsprüche bis 2016-09-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12977-4:2012-06

Entwurf

**Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile –
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen –
Teil 4: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen zur
Trinkwassererwärmung und Raumheizung (Kombispeicher);
Deutsche und Englische Fassung FprEN 12977-4:2016**

Thermal solar systems and components –

Custom built systems –

Part 4: Performance test methods for solar combistores;

German and English version FprEN 12977-4:2016

Installations solaires thermiques et leurs composants –

Installations assemblées à façon –

Partie 4: Méthodes d'essai de performances des dispositifs de stockage combinés pour des installations de chauffage solaires;

Version allemande et anglaise FprEN 12977-4:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nhrs@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 45 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 12977-4:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat von EL0T (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 Raumlufttechnik (NHRS) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der FprEN 12977-4 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12977-4:2012-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm wurde an das Mandat M/534 angepasst;
- b) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 4: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung (Kombispeicher)

Installations solaires thermiques et leurs composants — Installations assemblées à façon — Partie 4 : Méthodes d'essai de performances des dispositifs de stockage combinés pour des installations de chauffage solaires

Thermal solar systems and components — Custom built systems — Part 4: Performance test methods for solar combistores

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: Einstufiges Annahmeverfahren
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	5
5 Einteilung der Speicher	5
6 Prüfung von Speichern im Labor	6
6.1 Anforderungen an den Prüfstand	6
6.1.1 Allgemeines	6
6.1.2 Messgrößen und Messverfahren	6
6.2 Installation des Speichers	6
6.2.1 Montage	6
6.2.2 Anschluss	6
6.3 Prüf- und Bewertungsverfahren	7
6.3.1 Allgemeines	7
6.3.2 Testsequenzen	8
6.3.3 Aufbereitung der Daten aus den Testsequenzen	12
7 Prüfbericht	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Beschreibung des Speichers	14
7.3 Prüfergebnisse	15
7.4 Kennwerte für die Simulation	16
Anhang A (normativ) Benchmarktests für das Speichermodell	17
Anhang B (normativ) Verifizierung der Ergebnisse der Speicherprüfung	18
Anhang C (normativ) Benchmarktest für die Parameteridentifikation	19
Anhang D (informativ) Anforderungen an das numerische Speichermodell	20
Anhang E (informativ) Ermittlung des Warmwasserkomforts	21
Literaturhinweise	22

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 12977-4:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihr Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ELOT gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12977-4:2012 ersetzen.

Dieses Dokument wurde entsprechend dem Mandat M/534 “Standardisation request to the European standardisation organisations pursuant to Article 10(1) of Regulation (EU) No 1025/2012 of the European Parliament and of the Council in support of implementation of Commission Regulation (EU) No 814/2013 of 2 August 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for water heaters and hot water storage tanks and Commission Delegated Regulation (EU) No 812/2013 of 18 February 2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of water heaters, hot water storage tanks and packages of water heater and solar device” erstellt, welches von CEN an die Europäische Kommission und an die Europäische Freihandelsassoziation übergeben wurde.

EN 12977 besteht aktuell aus folgenden Teilen:

- *Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen;*
- *Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 2: Prüfverfahren für solarbetriebene Warmwasserbereiter und Kombinationssysteme;*
- *Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen;*
- *Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 4: Leistungsprüfung von solaren Kombispeichern;*
- *Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 5: Leistungsprüfung von Regelungssystemen.*

Einleitung

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfverfahren für Speicher von solaren Heizungsanlagen sind für die Ermittlung der thermischen Leistung von kleinen kundenspezifisch gefertigten Anlagen, bei denen die häusliche Warmwasserbereitung mit der Raumheizung kombiniert wird, sogenannten solaren Kombianlagen, nach den Festlegungen in FprEN 12977-1 erforderlich.

Mit diesen Prüfverfahren werden Kennwerte ermittelt, die zur Simulation des thermischen Verhaltens von Speichern benötigt werden, die Bestandteil einer kleinen kundenspezifisch gefertigten Anlage sind.

ANMERKUNG 1 Nach den in EN 12897 für Speicher angegebenen Prüfverfahren lässt sich nur eine begrenzte Anzahl von Parametern zur Beschreibung des thermischen Verhaltens von Speichern ermitteln. Diese wenigen Parameter reichen nicht aus, um die thermische Leistung kleiner kundenspezifisch gefertigter Anlagen, wie in FprEN 12977-2:2016 beschrieben, zu ermitteln.

ANMERKUNG 2 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 Schichtung 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 solare Heizungsanlagen erforderlich.

ANMERKUNG 3 Weitere Informationen zu den Prüfverfahren für die Beschreibung der Leistung von Speichern siehe FprEN 12977-3:2016 und [1] in den Literaturhinweisen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfverfahren für die Beschreibung der Leistung von Speichern fest, die zur Verwendung in kleinen kundenspezifisch gefertigten Solaranlagen nach FprEN 12977-1:2016 bestimmt sind.

Die nach dem vorliegenden Dokument geprüften Speicher werden häufig in solaren Kombianlagen eingesetzt. Jedoch kann auch die thermische Leistung aller anderen Wärmespeicher, bei denen Wasser als Speichermedium zum Einsatz kommt (z. B. Wärmepumpenanlagen), nach den in diesem Dokument festgelegten Prüfverfahren bewertet werden.

Das vorliegende Dokument gilt für Kombispeicher mit einem Nennvolumen von bis zu 3 000 l und ohne integrierten Brenner.

ANMERKUNG Das vorliegende Dokument nimmt umfassend Bezug auf FprEN 12977-3:2016.

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*

FprEN 12977-3:2016, *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach FprEN 12977-3:2016 und EN ISO 9488:1999.

4 Symbole und Abkürzungen

Zu den Symbolen und Abkürzungen wird auf FprEN 12977-3:2016 verwiesen.

5 Einteilung der Speicher

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

Tabelle 1 — Klassifikation der Kombispeicher

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 Zusatzwärmequelle(n) ausgerüstet sein.

Speicher, die direkt und indirekt beladen oder entladen werden können (wie z.B. Speicher von Raumheizanlagen mit internem Wärmeübertrager zur häuslichen Warmwasserbereitung), können zu mehr als nur einer Gruppe gehören. In diesem Fall sollten die geeigneten Prüfverfahren bzw. die Zuordnung zu einer der Gruppen in Abhängigkeit von der Betriebsart gewählt werden.

6 Prüfung von Speichern im Labor

6.1 Anforderungen an den Prüfstand

6.1.1 Allgemeines

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

Der Aufbau des Prüfstandes richtet sich nach der in Abschnitt 5 angegebenen Klassifikation der Kombispeicher.

Ein repräsentatives Beispiel für den Aufbau eines hydraulischen Prüfstandes ist in FprEN 12977-3:2016, Bild 1 und Bild 2, dargestellt. Eine entsprechende Prüfeinrichtung besteht aus zwei Beladekreisen, wie in FprEN 12977-3:2016, Bild 1, dargestellt, und zwei Entladekreisen, wie in Bild 2 von FprEN 12977-3:2016 dargestellt.

6.1.2 Messgrößen und Messverfahren

Die in FprEN 12977-3:2016, 6.1.2, festgelegten Anforderungen müssen erfüllt sein.

6.2 Installation des Speichers

6.2.1 Montage

Der Speicher ist nach den Anweisungen des Herstellers an den Prüfstand anzuschließen.

Die Temperatur-Sensoren zur Messung der Ein- und Austrittstemperatur der für die Beladung und Entladung des Speichers verwendeten Flüssigkeit sind so nahe wie möglich, mindestens jedoch in einem Abstand von 200 mm, an den Eintritts- und Austrittsanschlüssen des Speichers anzubringen. Der Einbau der Temperatur-Sensoren in den Rohrleitungen ist nach anerkannten Verfahren der Temperaturmessung auszuführen.

Wenn mehr als ein Paar von Eintritts- oder Austrittsanschlüssen zum Beladen und/oder Entladen vorhanden sind, darf (zur gleichen Zeit) immer nur ein Paar an den Prüfstand angeschlossen werden, während das (die) andere(n) geschlossen sein muss (müssen).

Die Rohrleitungen zwischen dem Speicher und den Temperaturfühlern müssen nach EN 12828 wärmegeklämt sein.

6.2.2 Anschluss

Die Art und Weise, wie die Speichereinheit an den Prüfstand anzuschließen ist, hängt vom Ziel der durchzuführenden thermischen Prüfungen ab. Detaillierte Anweisungen sind in den Abschnitten angegeben, in denen die thermischen Prüfungen beschrieben sind.

Anschlüsse des Speichers, die nicht zum Belade- oder Entladekreis des Prüfstandes führen, müssen geschlossen sein, und nicht angeschlossene Wärmeübertrager sind mit Wasser zu füllen. Alle geschlossenen Anschlüsse müssen in derselben Weise wie der Speicher wärmegeklämt sein.

Da sich das Fluid in den geschlossenen Wärmeübertrager mit steigender Temperatur ausdehnt, ist hier ein Überdruckventil anzubringen.

Die Leistung einer thermischen Solaranlage hängt von der jeweiligen Installation und den tatsächlichen Randbedingungen ab. Im Hinblick auf die Wärmeverluste des Speichers können neben einer mangelhaften Wärmedämmung auch schlecht konstruierte Anschlüsse die Wärmeverlustrate des Speichers aufgrund innerhalb des Rohrs auftretender natürlicher Konvektion erhöhen. Um dies zu vermeiden, sollten die Anschlüsse der Rohre so konstruiert sein, dass es in den Rohren nicht zu natürlicher Konvektion kommt. Dies lässt sich z. B. erreichen, indem das Rohr unmittelbar nach dem Austritt aus dem Speicher abwärts geführt oder indem ein Siphon verwendet wird.

6.3 Prüf- und Bewertungsverfahren

6.3.1 Allgemeines

Das Ziel der in diesem Dokument festgelegten Speicherprüfungen ist es, Parameter zu ermitteln, die zur detaillierten Beschreibung des thermischen Verhaltens von Warmwasser-Kombispeichern benötigt werden. Hierzu ist ein mathematisches Rechenmodell für den Speicher (Speichermodell) erforderlich. Die grundlegenden Anforderungen an geeignete Modelle sind in Anhang A und Anhang B festgelegt.

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

a) Wasserraum:

- 1) Höhe;
- 2) effektives Volumen bzw. effektive Wärmekapazität;
- 3) Höhe der Anschlüsse für den Einlass und Auslass;
- 4) Wärmeverlustrate des gesamten Speichers;
- 5) falls die Wärmedämmung für unterschiedliche Höhen des Speichers variiert, sollte die Verteilung der Wärmeverlustrate für unterschiedliche Bereiche des Speichers ermittelt werden;
- 6) ein Parameter, der den Abbau der thermischen Schichtung im Stand-by-Modus beschreibt;

ANMERKUNG 1 Eine Möglichkeit, diesen Effekt in einem Speichermodell zu beschreiben, ist die Verwendung einer vertikalen Wärmeleitung. In diesem Fall ist der entsprechende Parameter eine effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit.

- 7) ein Parameter, der die Beschaffenheit der thermischen Schichtung während der direkten Entladung beschreibt;

ANMERKUNG 2 Ein zusätzlicher Parameter kann verwendet werden, um den Einfluss unterschiedlicher Entnahmevolumendurchflüsse auf die thermische Schichtung im Speicher zu beschreiben, falls dieser Effekt maßgeblich ist.

- 8) Positionen der Temperaturfühler (z. B. der Fühler für den Kollektorkreislauf und die Steuerung des Zusatzheizgeräts).

b) Wärmeübertrager:

- 1) Höhe der Anschlüsse für den Einlass und Auslass;
- 2) Volumen;

- 3) Wärmeübertragungsvermögen als Funktion der Temperatur;
- 4) Informationen über die Fähigkeit zur geschichteten Beladung;

ANMERKUNG 3 Die Fähigkeit zur geschichteten Beladung kann anhand der Bauart des Wärmeübertragers sowie anhand des zeitlichen Verlaufs der Ein- und Austrittstemperaturen des Wärmeübertragers ermittelt werden.

- 5) Wärmeverlustrate vom Wärmeübertrager an die Umgebung (nur erforderlich bei Mantelwärmeübertragern und externen Wärmeübertragern).

c) Elektrische Zusatzwärmequelle:

- 1) Position im Speicher;
- 2) axiale Ausrichtung des Heizelements (horizontal oder vertikal). Ist das Zusatzheizgerät vertikal eingebaut, so ist auch dessen Länge erforderlich;
- 3) Wirksamkeit, die den Anteil der durch Umwandlung der elektrischen Leistung gewonnenen Wärmeleistung beschreibt, die tatsächlich ins Innere des Speichers übertragen wird.

ANMERKUNG 4 Schlecht konstruierte elektrische Zusatzheizgeräte können im Betrieb erhebliche Wärmeverluste verursachen. In diesem Fall ist die der Heizung zugeführte elektrische Leistung nicht gleich der dem Speicher zugeführten Wärmeenergie.

Die folgenden Abschnitte beschreiben Möglichkeiten zur Ermittlung der aufgeführten Parameter. Hierzu sind bestimmte Testsequenzen erforderlich. Die mit Buchstaben gekennzeichneten Testsequenzen (z. B. Prüfung CD) können zusätzlich in Phasen unterteilt werden, die mit einer Zahl bezeichnet sind (z. B. CD1 – Konditionierung). Zwischen dem Ende einer Phase und dem Beginn der nächsten Phase darf sich der Speicher für einen Zeitraum von höchstens 10 min im Stand-by-Modus befinden. Während dieser Stand-by-Zeit muss nur die Umgebungstemperatur gemessen und aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG 5 Eine wesentliche Eigenschaft der beschriebenen Verfahren besteht darin, dass Messungen im Inneren des Speichers vermieden werden.

ANMERKUNG 6 Die Ermittlung sämtlicher vorstehend aufgeführter Speicherkennwerte ist nur nach dem in 6.3.2 beschriebenen Verfahren und bei Verarbeitung der Daten der Testsequenzen nach der Beschreibung in 6.3.3 möglich. Zu näheren Einzelheiten und Testsequenzen siehe FprEN 12977-3:2016.

6.3.2 Testsequenzen

6.3.2.1 Einleitung

Der Speicher wird auf dem Prüfstand in verschiedenen speziellen Testsequenzen geprüft. Diese Abläufe sind mit dem Ziel festgelegt, die dem zu ermittelnden Parameter entsprechenden physikalischen Effekte zu simulieren. Die Messwerte werden mit Hilfe eines Programms zur Parameteridentifikation ausgewertet, bei dem ein Speichermodell zur Anwendung kommt.

Zur Beladung und Entladung des gesamten Speichers ist der Anschluss der Belade-/Entladekreise an die am höchsten bzw. tiefsten gelegenen direkten Anschlüsse erforderlich, die am Warmwasserspeicher zur Verfügung stehen. Die vollständige Entladung ist für die Konditionierung des Speichers und für die Endphase der Entladung erforderlich. Die vollständige Beladung ist für alle Entladungsprüfungen erforderlich, bei denen die Beladung des gesamten Speichers gefordert ist.

Die Reihe der durchgeführten Prüfungen sollte zwei Prüfungen umfassen, die Stand-by-Phasen enthalten. Eine Prüfung betrifft den gesamten Speicher, um dessen Wärmeverlustrate zu ermitteln. Die andere Prüfung betrifft nur den beheizten Bereich des Speichers (üblicherweise der durch die Zusatzheizung beheizte Bereich). Diese Prüfung wird angewendet, um den Abbau der thermischen Schichtung im Stand-by-Modus zu

ermitteln. Die Stand-by-Phase sollte so bemessen sein, dass die Verluste während dieser Zeit etwa die Hälfte der gespeicherten Energie betragen. Für diese beiden Prüfungen mit Stand-by-Phasen sollte die gleiche Prüfung auch ohne Stand-by-Phase durchgeführt werden.

Die hier angegebenen Werte für Durchfluss und Leistung dienen nur als Beispiel. Der gewählte Durchfluss oder die gewählte Leistung sollte für die Art der Komponente geeignet sein, die an die entsprechenden Anschlüsse angeschlossen werden.

6.3.2.2 Allgemeines

In diesem Abschnitt sind die thermischen Testsequenzen für die verschiedenen Gruppen von Kombispeichern beschrieben. Dieser Abschnitt basiert auf den in FprEN 12977-3:2016 festgelegten Verfahren, es wurden nur einige neue Elemente aufgenommen. In FprEN 12977-3:2016 ist hauptsächlich die Ermittlung der Wärmekapazität, der Wärmeverlustrate des gesamten Speichers und des Wärmeübertragungsvermögens von eingetauchten Wärmeübertragern festgelegt.

Die in diesem Dokument beschriebenen thermischen Testsequenzen gelten für alle Gruppen von Kombispeichern. Die Speichereinheit ist nach 6.2 an den Prüfstand anzuschließen.

6.3.2.3 Allgemeine Beladung, direkt (Prüfung CD)

Prüfung CD:

- Prüfphase CD1: Konditionierung, bis ein stationärer Zustand erreicht ist;
- Prüfphase CD2: Beladung durch die Prüfanschlüsse, bis $\vartheta_{C,o} = 55\text{ °C}$ erreicht ist;
- Prüfphase CD3: wahlweise eine Stand-by-Phase, bis die Hälfte der gespeicherten Energie an die Umgebung abgegeben wurde;
- Prüfphase CD4: direkte Entladung des gesamten Speichers, bis ein stationärer Zustand erreicht ist.

Tabelle 2 — Durchflüsse und Speichereintrittstemperaturen für die Prüfung CD

Prüfphase	Vorgang	Beladung			Entladung		
		$\tilde{V}_C$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{C,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{C,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
CD1	Konditionierung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
CD2	Beladung	$0,5 \times \dot{V}_n$	60,0	variabel	0	-	-
CD3	Stand-by	0	-	-	0	-	-
CD4	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel

Falls die Anschlüsse mit einem Kessel genutzt werden, dessen Betriebstemperatur höher als 60 °C ist (wie z. B. bei Kesseln mit Holzfeuerung), darf eine höhere Eintrittstemperatur ($\vartheta_{C,i}$) verwendet werden.

6.3.2.4 Allgemeine Beladung, indirekt (Prüfung CI)

Prüfung CI:

- Prüfphase CI1: Konditionierung, bis ein stationärer Zustand erreicht ist;
- Prüfphase CI2: Beladung durch Test-Wärmeübertrager bei einer konstanten Leistung von $\tilde{P}_C = 2,0 \times P_n$ bis $\vartheta_{C,o} = 60 \text{ °C}$;
- Prüfphase CI3: wahlweise eine Stand-by-Phase, bis die Hälfte der gespeicherten Energie an die Umgebung abgegeben wurde;
- Prüfphase CI4: direkte Entladung des gesamten Speichers, bis ein stationärer Zustand erreicht ist.

Tabelle 3 — Durchflüsse und Speichereintrittstemperaturen für die Prüfung CI

Prüfphase	Vorgang	Beladung			Entladung		
		$\tilde{V}_C$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{C,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{C,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
CI1	Konditionierung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
CI2	Beladung	$1,2 \times \dot{V}_n$	variabel	variabel	0	-	-
CI3	Stand-by	0	-	-	0	-	-
CI4	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel

Falls der Wärmetauscher mit unterschiedlichen Durchflüssen betrieben wird, sollte diese Prüfung viermal durchgeführt werden, wenn möglich unter Anwendung der folgenden unterschiedlichen Beladungsbedingungen: bei konstanter Leistung P_n jeweils mit großem und kleinem Durchfluss und bei einer konstanten Leistung von $0,5 \times P_n$ ebenfalls mit großem und kleinem Durchfluss.

6.3.2.5 Allgemeine Entladung, direkt (Prüfung DD)

Prüfung DD:

- Prüfphase DD1: Konditionierung, bis ein stationärer Zustand erreicht ist;
- Prüfphase DD2: Beladung des gesamten Speichers bis $\vartheta_{C,o} = 55 \text{ °C}$;
- Prüfphase DD3: Entladung durch die Prüfanschlüsse bis $\vartheta_{D,o} = 30 \text{ °C}$;
- Prüfphase DD4: direkte Entladung des gesamten Speichers, bis ein stationärer Zustand erreicht ist.

Tabelle 4 — Durchflüsse und Speichereintrittstemperaturen für die Prüfung DD

Prüfphase	Vorgang	Beladung			Entladung		
		$\tilde{V}_C$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{C,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{C,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
DD1	Konditionierung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
DD2	Beladung	$0,5 \times \dot{V}_n$	60,0	variabel	0	-	-
DD3	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
DD4	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel

6.3.2.6 Allgemeine Entladung, indirekt (Prüfung DI)

Prüfung DI:

- Prüfphase DI1: Konditionierung, bis ein stationärer Zustand erreicht ist;
- Prüfphase DI2: Beladung des gesamten Speichers bis $\vartheta_{C,o} = 55 \text{ °C}$;
- Prüfphase DI3: Entladung durch den Test-Wärmeübertrager bis $\vartheta_{D,o} = 30 \text{ °C}$;
- Prüfphase DI4: direkte Entladung des gesamten Speichers, bis ein stationärer Zustand erreicht ist.

Tabelle 5 — Durchflüsse und Speichereintrittstemperaturen für die Prüfung DI

Prüf-phase	Vorgang	Beladung			Entladung		
		$\tilde{V}_C$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{C,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{C,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
DI1	Konditionierung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
DI2	Beladung	$0,5 \times \dot{V}_n$	60,0	variabel	0	-	-
DI3	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel
DI4	Entladung	0	-	-	$0,5 \times \dot{V}_n$	20,0	variabel

Falls der Wärmeübertrager zur Warmwasserbereitung vorgesehen ist, muss diese Prüfung dreimal unter verschiedenen Entladebedingungen durchgeführt werden. Für jede dieser drei Entladebedingungen gelten die folgenden beiden Beladebedingungen: Speicher vollständig beladen und Bereitschaftsteil beladen. Insgesamt müssen sechs Prüfungen durchgeführt werden. Es sollten folgende Entladebedingungen angewendet werden:

- kleiner Durchfluss;
- großer Durchfluss.

Die Prüfung muss unter folgenden Bedingungen wiederholt werden: Intermittierende Entladung bei großem Durchfluss mit 10-minütiger Entladungs- und 10-minütiger Stand-by-Phase. Diese Prüfung kann unterbleiben, wenn angenommen werden kann, dass das Wärmeübertragungsvermögen des Entlade-Wärmeübertragers nicht zeitabhängig ist.

6.3.3 Aufbereitung der Daten aus den Testsequenzen

6.3.3.1 Allgemeines

ANMERKUNG Die Verarbeitung der Daten aus den Testsequenzen basiert teilweise auf FprEN 12977-3:2016, es wurden nur einige neue Elemente aufgenommen.

Die Auswertung der Messdaten basiert auf einer Parameteridentifikation. Wenn alle erforderlichen Prüfungen, wie in 6.3.2 beschrieben, durchgeführt wurden, sind die Speicherparameter mit Hilfe eines numerischen Speichermodells zu bestimmen, das die in Anhang A festgelegten Anforderungen erfüllt. Für Angaben zu einem geeigneten Algorithmus zur Parameteridentifikation, der die notwendigen Anforderungen erfüllt, siehe FprEN 12977-3:2016, Anhang C.

Das Speichermodell muss die in Anhang A angegebenen Anforderungen an die Benchmarktests erfüllen.

Für die Parameteridentifikation können die gemessenen Daten komprimiert und/oder in konstante Zeitschritte umgerechnet werden. In beiden Fällen müssen die Datensätze die Mittelwerte über den entsprechenden Zeitschritt wiedergeben. Während der Beladung und Entladung sollte ein Messintervall von 3 min nicht überschritten werden. Während der Stand-by-Phase darf das maximale Messintervall 15 min betragen.

Für die Parameteridentifikation („Fit“) sind die gemessenen Werte der Speichereintrittstemperaturen, der Umgebungstemperatur, des Durchflusses und der Leistung der elektrischen Wärmequelle(n) als Eingangsgrößen zu verwenden. Da der Speicher am Anfang jeder Prüfung immer auf 20 °C konditioniert wird, wird keine Zeit zum Einschwingen (skip time) benötigt. Daher müssen die für die Parameteridentifikation („Fit“) verwendeten Daten mit der zweiten Prüfphase beginnen und $\vartheta_s = 20\text{ °C}$ muss als Ausgangstemperatur für das Speichermodell verwendet werden.

6.3.3.2 Ermittlung aller Speicherparameter (mit Ausnahme der vertikalen Position der Temperatur-Sensoren)

ANMERKUNG Die Ermittlung aller Speicherparameter basiert mit Ausnahme der vertikalen Position der Temperatur-Sensoren teilweise auf FprEN 12977-3:2016, es wurden nur einige neue Elemente aufgenommen.

Alle durch Parameteridentifikation zu ermittelnden Parameter sind im Rahmen eines Prozesses zur Parameteridentifikation zu ermitteln. Diese Anforderung gilt nicht für die Ermittlung der vertikalen Positionen der Temperatur-Sensoren.

Für alle Zeitschritte ist während der Parameteridentifikation („Fit“) für jeden Anschluss „x“ ($x = C$ für Beladung und $x = D$ für Entladung) der Absolutwert der Differenz zwischen der gemessenen und der berechneten übertragenen Leistung mit der Gleichung (1) zu bestimmen:

$$\Delta P_x = |P_{x,p} - P_{x,m}| \quad (1)$$

wobei die berechnete übertragene Wärmeleistung, $P_{x,p}$, und die gemessene Wärmeleistung, $P_{x,m}$, nach folgenden Gleichungen (2) und (3) zu bestimmen sind:

$$P_{x,p} = \bar{\rho} \times \bar{c}_p \times \dot{V} \times (\vartheta_{x,i} - \vartheta_{x,o,p}) \quad (2)$$

$$P_{x,m} = \bar{\rho} \times \bar{c}_p \times \dot{V} \times (\vartheta_{x,i} - \vartheta_{x,o,m}) \quad (3)$$