

DIN EN 15316-5



ICS 91.140.10; 91.140.65

Entwurf

Einsprüche bis 2024-08-14
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15316-5:2017-09;
Ersatz für
E DIN EN 15316-5:2022-04

**Energetische Bewertung von Gebäuden –
Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade
der Anlagen –
Teil 5: Raumheizung und Speichersysteme für erwärmtes Trinkwasser
(keine Kühlung), Modul M3-7, M8-7;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15316-5:2024**

Energy performance of buildings –
Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies –
Part 5: Space heating and DHW storage systems (not cooling), Module M3-7, M8-7;
German and English version prEN 15316-5:2024

Performance énergétique des bâtiments –
Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes –
Partie 5: Systèmes de stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (sans
refroidissement), Module M3-7, M8-7;
Version allemande et anglaise prEN 15316-5:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-06-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von 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 oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 98 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dass Dokument prEN 15316-5:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-05-01 AA „Auslegung und energetische Bewertung von Heizungsanlagen und wassergeführten Kühlanlagen sowie Anlagen zur Trinkwassererwärmung in Gebäuden (SpA CEN/TC 228, SpA ISO/TC 205)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Im Anhang C sind in der englischen Referenzfassung einzelne Textstellen farbig markiert. Aus technischen Gründen wurden diese Markierungen in der deutschen Sprachfassung nicht übernommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15316-5:2017-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Miteinbeziehen der gleichzeitigen Speicherheizung;
- b) Miteinbeziehen der beliebigen Auswahl des Schichtvolumens;
- c) Miteinbeziehen zusätzlicher Wärmeverluste aufgrund der Zirkulation des Thermosiphons;
- d) die Berechnungsverfahren für Verfahren A und Verfahren B wurden überprüft und es wurden mehrere Änderungen vorgenommen;
- e) Anhang A enthält eine Vorlage für die in den Normen verwendeten Daten und Parameter und Anhang B einen Satz Standardwerte. Die Standardwerte aus Anhang B werden möglicherweise durch nationale Anhänge aufgehoben;
- f) der vorherige Anhang C und Anhang D wurden zurückgezogen;
- g) Miteinbeziehen eines Matrixansatzes zur Neuordnung der Schichttemperaturen in Verfahren A.

April 2024

prEN 15316-5

**Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der
Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 5: Raumheizung und
Speichersysteme für erwärmtes Trinkwasser (keine Kühlung), Modul M3-7, M8-7**

Energy performance of buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 5: Space heating and DHW storage systems (not cooling), Module M3-7, M8-7

Performance énergétique des bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 5: Systèmes de stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (sans refroidissement), Module M3-7, M8-7

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	12
4.1 Symbole	12
4.2 Indizes	12
5 Beschreibung der Verfahren	12
5.1 Ausgaben des Verfahrens	12
5.2 Erweiterung des Verfahrens	13
5.3 Eingeschlossene Technologien und schematische Darstellung des Warmwasserspeichersystems	13
5.4 Grundlagen der Berechnung von Warmwasser-Speichersystemen nach Schichten	14
6 Berechnungsverfahren	16
6.1 Ausgabedaten	16
6.2 Verfahrensauswahl und Anpassung des Berechnungsintervalls	17
6.3 Eingabedaten	17
6.3.1 Produktdaten	17
6.3.2 Datenquellen	18
6.3.3 Systemauslegungsdaten	20
6.3.4 Steuerung und Regelung	20
6.3.5 Betriebsbedingungen	20
6.3.6 Konstanten und physikalische Daten	22
6.4 Berechnungsverfahren	22
6.4.1 Anzuwendender Zeitschritt	22
6.4.2 Berechnung der Betriebsbedingungen	22
6.4.3 Energieberechnung (Speicherung nach einem Modell mit mehreren Volumina — Verfahren A)	23
6.4.4 Energieberechnung für ein Speichermodell mit nur einem Volumen — Verfahren B . . .	31
6.4.5 Berechnung der Hilfsenergie	35
6.4.6 Rückgewinnbare Wärmeverluste	35
7 Qualitätskontrolle	35
8 Konformitätsprüfung	35
Anhang A (normativ) Vorlage für Eingabedaten und Auswahlmöglichkeiten	36
A.1 Allgemeines	36
A.2 Referenzen	37
A.3 Modellinformationen	37
A.4 Daten zur Produktbeschreibung	37
A.4.1 Art der Nutzung (Versorgungsarten)	37
A.4.2 Technische Daten zum Produkt	38
A.4.3 Priorität der Erhitzer	39
A.4.4 Faktoren für die Energierückgewinnung	39
A.5 Auslegungsdaten	39
A.5.1 Aufstellungsort des Speichers	39
A.5.2 Verbindung mehrerer Speichereinheiten	40
A.6 Betriebsbedingungen	40
Anhang B (informativ) Standardwerte	41
B.1 Allgemeines	41
B.2 Referenzen	42
B.3 Modellinformationen	42

B.4	Daten zur Produktbeschreibung	43
B.4.1	Art der Nutzung (Versorgungsarten)	43
B.4.2	Technische Daten zum Produkt	43
B.4.3	Priorität des Erhitzerbetriebs	44
B.4.4	Faktoren für die Energierückgewinnung	45
B.5	Auslegungsdaten	45
B.5.1	Aufstellungsort des Speichers	45
B.5.2	Verbindung mehrerer Speichereinheiten	46
B.6	Betriebsbedingungen	46
Anhang C (normativ)	Berechnungsverfahren für Schritt 7 (Verfahren A)	47
Literaturhinweise		50

Bilder

Bild 1	Allgemeines Modell der Speichereinheit mit Schichten	14
Bild 2	Energiebilanz für Schicht i	15
Bild 3	Ablaufdiagramm des Berechnungsverfahrens- Verfahren A	23
Bild 4	Graphische Darstellung eines mathematischen Speichermodul-Modells (Verfahren A)	24

Tabellen

Tabelle 1	Position dieses Dokuments innerhalb der modularen Struktur des EPB-Normenpakets	8
Tabelle 2	Indizes	12
Tabelle 3	Ausgabedaten von Verfahren A	16
Tabelle 4	Ausgabedaten von Verfahren B	16
Tabelle 5	Liste der Produktbeschreibungsdaten	17
Tabelle 6	Liste der technischen Eingabedaten für die Produkte	18
Tabelle 7	Prozessauslegungsdaten	20
Tabelle 8	Prozessregelungsoptionen	20
Tabelle 9	Liste der Betriebsbedingungsdaten	21
Tabelle 10	Konstanten und physikalische Daten	22
Tabelle A.1	Referenzen (siehe Abschnitt 2)	37
Tabelle A.2	Verfahrensauswahl	37
Tabelle A.3	Wert für den Bezeichner STO_USE	38
Tabelle A.4	Standardwerte für das Schichtvolumen	38
Tabelle A.5	Standardwerte für Energieaufnahme(n)/-abgabe(n)	38
Tabelle A.6	Standardwert für Wärmeverluste im Bereitschaftsmodus, abhängig vom Speichertyp	38
Tabelle A.7	Standardwerte für die Erhitzerpriorität	39
Tabelle A.8	Standardwerte für den Korrekturfaktor der Wärmeverluste für Verbindungsrohre $f_{sto;conn;ls,i}$	39
Tabelle A.9	Standardwerte für zusätzliche Wärmeverluste für Verbindungen $\psi_{sto;add;ls}$ (berücksichtigt die Rohrrinnenzirkulation bei Speicheranschlüssen)	39
Tabelle A.10	Standardfaktoren für die Energierückgewinnung	39
Tabelle A.11	Bezeichner für den Aufstellungsort des Speichers	39
Tabelle A.12	Bezeichner für die Verbindung aus mehreren Speichereinheiten	40
Tabelle A.13	Liste der Betriebsbedingungsdaten	40
Tabelle B.1	Referenzen (siehe Abschnitt 2)	42
Tabelle B.2	Verfahrensauswahl	42
Tabelle B.3	Wert für den Bezeichner STO_USE	43
Tabelle B.4	Standardwerte für das Schichtvolumen	43
Tabelle B.5	Standardwerte für Energieaufnahme(n)/-abgabe(n)	43

Tabelle B.6 — Standardwert für Wärmeverluste im Bereitschaftsmodus, abhängig vom Speichertyp	44
Tabelle B.7 — Standardwerte für die Priorität des Erhitzerbetriebs	44
Tabelle B.8 — Standardwerte für den Korrekturfaktor der Wärmeverluste für Verbindungsrohre $f_{sto;conn;ls,i}$	45
Tabelle B.9 — Standardwerte für zusätzliche Wärmeverluste für Verbindungen $\psi_{sto;add;ls}$ (berücksichtigt die Rohrrinnenzirkulation bei Speicheranschlüssen)	45
Tabelle B.10 — Standardfaktoren für die Energierückgewinnung	45
Tabelle B.11 — Bezeichner für den Aufstellungsort des Speichers	45
Tabelle B.10 — Bezeichner für die Verbindung aus mehreren Speichereinheiten	46
Tabelle B.13 — Liste der Betriebsbedingungsdaten	46

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15316-5:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument wird EN 15316-5:2017 ersetzen.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zu EN 15316-5:2017 sind folgende:

- 1) Miteinbeziehen der gleichzeitigen Speicherheizung;
- 2) Miteinbeziehen der beliebigen Auswahl des Schichtvolumens;
- 3) Miteinbeziehen zusätzlicher Wärmeverluste durch die Rohrrinnenzirkulation in Speicheranschlüssen;
- 4) die Berechnungsverfahren für Verfahren A und B wurden überprüft und es wurden mehrere Änderungen vorgenommen;
- 5) Anhang A enthält eine Vorlage für die in den Normen verwendeten Daten und Parameter und Anhang B einen Satz Standardwerte. Die Standardwerte aus Anhang B werden möglicherweise durch nationale Anhänge aufgehoben;
- 6) der vorherige Anhang C und Anhang D wurden zurückgezogen;
- 7) Miteinbeziehen eines Berechnungsansatzes zur Neuordnung der Schichttemperaturen in Verfahren A in einer vorgeschriebenen Anzahl von Schritten.

Einleitung

Dieses Dokument gehört zu einer Reihe von Normen, deren Ziel die internationale Harmonisierung der Methodik zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden ist, und die als „EPB-Normenpaket“ bezeichnet werden.

Alle EPB-Normen folgen bestimmten Regeln, um eine übergreifende Kontinuität, Eindeutigkeit und Transparenz sicherzustellen.

Alle EPB-Normen zeichnen sich durch die Einführung einer normativen Vorlage in Anhang A und Anhang B mit informativen Standardauswahlmöglichkeiten durch eine gewisse Flexibilität in Bezug auf die Verfahren, die erforderlichen Eingabedaten und Verweisungen auf andere EPB-Normen aus.

EPB-Normen behandeln die Berechnung der energetischen Leistung sowie weitere zugehörige Aspekte (wie z. B. Anlagenbemessung) mit dem Ziel der Bereitstellung der in der EPBD betrachteten Gebäudeversorgung.

CEN/TC 228 behandelt wasserbasierte Heiz- und Kühlsysteme in Gebäuden. CEN/TC 228 befasst sich mit folgenden Themen:

- Energieeffizienzberechnung für Heiz- und Kühlsysteme;
- Inspektion von Heizungsanlagen;
- Entwurf und Auslegung von Heizungsanlagen und wasserbasierten Kühlsystemen;
- Installation und Inbetriebnahme von Heizungsanlagen.

Dieses Dokument legt zwei Verfahren zur Berücksichtigung der Gesamtenergieeffizienz von Speichersystemen für die Erwärmung von Trinkwasser fest, die mit einem oder mehreren Erzeugungssystemen gekoppelt sind, das bzw. die Warmwasser und/oder Raumheizung produziert/produzieren oder eine unabhängige Energiezufuhr zum Speicher nutzt/nutzen. Dieses Dokument stellt zwei Verfahren vor, die sich auf die verschiedenen Typen von wasserbasierten Speichersystemen und die dazugehörigen Regelsysteme anwenden lassen:

- Verfahren A ist anzuwenden, wenn das Warmwasser thermisch geschichtet ist;
- Verfahren B ist anzuwenden, wenn das in dem/den Speicher(n) enthaltene Warmwasser thermisch homogen ist.

In Anhang A sind die erforderlichen Auswahlmöglichkeiten und Eingabedaten zur korrekten Verwendung dieses Dokuments festgelegt. Standard-Auswahlmöglichkeiten und -Eingabedaten sind in Anhang B angegeben. Falls die Norm im Kontext nationaler oder regionaler Gesetzesanforderungen verwendet wird, können auf nationaler oder regionaler Ebene obligatorische Auswahlmöglichkeiten für solche spezifischen Anwendungen angegeben werden, insbesondere für die Anwendung im Kontext von EU-Richtlinien, die in nationalen Gesetzesanforderungen umgesetzt werden. Diese Auswahlmöglichkeiten können als nationaler Anhang oder als getrenntes (z. B. rechtliches) Dokument zur Verfügung gestellt werden. Bei Nichteinhaltung der Pauschalfaktoren und Auswahlmöglichkeiten in Anhang A aufgrund nationaler Bestimmungen, Richtlinien oder Traditionen wird erwartet, dass:

- die nationale Normungsorganisation die Möglichkeit in Betracht zieht, in Übereinstimmung mit der Vorlage in Anhang A einen Nationalen Anhang hinzuzufügen oder einzubeziehen;
- oder dass die nationalen oder regionalen Behörden in Gebäudeverordnungen auf die Norm verweisen und Datenblätter erstellen, die die nationalen oder regionalen Auswahlmöglichkeiten und Werte enthalten, in Übereinstimmung mit der Vorlage nach Anhang A.

Diese aktualisierte Norm behandelt stündliche (oder kürzere) Berechnungsintervalle.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von wasserbasierten Speicherteilsystemen, die für die Raumheizung und/oder die Trinkwassererwärmung verwendet werden.

Dieses Dokument gilt nicht für die Dimensionierung oder Inspektion solcher Speichersysteme.

Tabelle 1 zeigt die relative Position dieses Dokuments innerhalb des EPB-Normenpakets im Kontext der in EN ISO 52000-1 dargelegten modularen Struktur.

ANMERKUNG 1 In CEN ISO/TR 52000-2 findet sich die gleiche Tabelle mit den Nummern (für jedes Modul) der jeweiligen EPB-Normen und den dazugehörigen technischen Berichten, die bereits veröffentlicht wurden oder sich in der Erstellung befinden.

ANMERKUNG 2 Die Module repräsentieren EPB-Normen, auch wenn eine EPB-Norm mehr als ein Modul abdecken kann und ein Modul von mehr als einer EPB-Norm abgedeckt werden kann, zum Beispiel jeweils ein vereinfachtes und ein detailliertes Verfahren. Siehe auch Abschnitt 2 und Tabelle A.1 und Tabelle B.1.

Tabelle 1 — Position dieses Dokuments innerhalb der modularen Struktur des EPB-Normenpakets

Rahmennorm			Gebäude (als solches)		technische Gebäudeausrüstung										
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation	Stromerzeugung
sub1		M1	sub1	M2	sub1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	Allgemeines		1	Allgemeines	1	Allgemeines									
2	Allgemeine Begriffe; Symbole, Einheiten und Indizes		2	Energiebedarf des Gebäudes	2	Bedarf									
3	Anwendungen		3	(freie) Innenraumbedingungen ohne Systeme	3	Höchstlast und -leistung									
4	Arten der Darstellung der Gesamtenergieeffizienz		4	Arten der Darstellung der Gesamtenergieeffizienz	4	Arten der Darstellung der Gesamtenergieeffizienz									
5	Gebäudefunktionen und Gebäudegrenzen		5	Wärmeübertragung durch Transmission	5	Emission und Regelung									
6	Gebäudebelegung und Betriebsbedingungen		6	Wärmeübertragung durch Infiltration und Lüftung	6	Verteilung und Regelung									
7	Kumulation von Energieversorgungsarten und Energieträgern		7	innere Wärmegewinne	7	Speicherung und Regelung	15316-5					15316-5			

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Rahmennorm			Gebäude (als solches)		technische Gebäudeausrüstung										
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation	Stromerzeugung
sub1		M1	sub1	M2	sub1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
8	Gebäudeauf- teilung		8	solare Wärmegewinne	8	Erzeugung									
					8-1	Feuerungskessel									
					8-2	Wärmepumpen									
					8-3	Thermische Solaranlagen Photovoltaik									
					8-4	Kraft-Wärme- Kopplung vor Ort									
					8-5	Fernwärme und Fernkälte									
					8-6	elektrischer Direktheizer									
					8-7	Windenergieanla- gen									
					8-8	Heizstrahler; Heizöfen									
9	berechnete Gesamtener- gieeffizienz		9	Gebäudedyna- mik (thermisch wirksame Masse)	9	Lastverteilungs- und Betriebsbe- dingungen									
10	gemessene Gesamtener- gieeffizienz		10	gemessene Gesamtenergie- effizienz	10	gemessene Gesamtenergieef- fizienz	15378-3					15378-3			
11	Inspektion		11	Inspektion	11	Inspektion	15378-1					15378-1			

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Rahmennorm			Gebäude (als solches)		technische Gebäudeausrüstung										
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation	Stromerzeugung
sub1		M1	sub1	M2	sub1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
12	Arten der Darstellung der Behaglichkeit in Innenräumen		12	—	12	GMS (Gebäude-Management-System)									
13	äußere Umgebungsbedingungen														
14	Wirtschaftliche Berechnungen	15459-1													
ANMERKUNG Die schattierten Module sind nicht anwendbar.															

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 ISO 7345:1995, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987)*

EN ISO 52000-1:2017, *Energieeffizienz von Gebäuden — Festlegungen zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden — Teil 1: Allgemeiner Rahmen und Verfahren (ISO 52000-1:2017)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 7345:1995 und EN ISO 52000-1:2017 und die folgenden Begriffe.

3.1

Schicht

Volumenteil des Gesamtspeichers, von dem ausgegangen wird, dass er eine homogene Temperatur aufweist

3.2

Mindesttemperatur des Trinkwarmwassers

für die Angabe, dass dieses nutzbar ist, erforderliche Mindesttemperatur (sofern die Wärmeverlust entlang des Rohrs bei der Entnahme nicht beachtet werden, die gleiche wie die Entnahmetemperatur)

3.3

erforderliche Speicherabgabe für Trinkwarmwasser

an das Trinkwarmwasserverteilsystem zu liefernde Energieabgabe aus dem Speicher (ohne die Wärmeverluste des Umwälzkreislaufts)

3.4

erforderliche Speicherabgabe für das Trinkwarmwasserverteilsystem

zur Abdeckung der Wärmeverluste im Umwälzkreislauf für Trinkwarmwasser erforderliche Energieabgabe aus dem Speicher

3.5

erforderliche Speicherabgabe für die Raumheizung

an das Verteilsystem der Raumheizung zu liefernde Energieabgabe aus dem Speicher

3.6

nutzbare Energie

gespeicherte Energie im Speicher/in der Schicht, die bei der Temperatur über oder entsprechend dem erforderlichen Mindestwert für die Versorgung mit Trinkwarmwasser oder die Raumheizung verfügbar ist

3.7

Energieaufnahme zum Speicher aus dem Erzeugungssystem

durch externe/interne Erhitzer und/oder den Solarkreislauf an den Speicher gelieferte Energie

3.8

durch andere Systeme aufzufangende Energiemängel (sofern verfügbar)

Energiemenge, die nicht von dem/den Erhitzer(n) plus der gespeicherten Energie zur Deckung des Bedarfs aufgebracht werden kann

3.9

Rohrinnenzirkulation im Speicheranschluss

durch natürliche Luftumwälzung induzierte Luftzirkulation in den Verbindungsrohren aufgrund des Temperaturunterschieds zwischen Speicher und Flüssigkeit in den Rohren in Zeitschritten ohne Entnahme und/oder bei abgeschalteter Pumpe des erwärmten Trinkwasser-Umwälzkreislaufs

3.10

zusätzlicher Wärmeverlust bei Verbindungen (berücksichtigt Rohrinnenzirkulation im Speicheranschluss)

zusätzliche Wärmeverluste des Speichers, bei der das Vorliegen von Rohrinnenzirkulation im Speicheranschluss berücksichtigt wird

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach EN ISO 52000-1:2017.

4.2 Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Indizes nach EN ISO 52000-1:2017 und die in Tabelle 2 aufgeführten speziellen Indizes.

Tabelle 2 — Indizes

Indizes	Begriff	Indizes	Begriff
bu	Heizung	ls	Verluste
stby	Stand-by	amb	Umgebung
ref	Referenz	mn	Durchschnitt
vol,i	Schichtindex	RT	Rücklauftemperatur
cold	Kaltwasser	Hc	Heizkreis
ubl	nutzbar	sol	solar
nsup	von anderen Systemen geliefert (sofern verfügbar)	exh	Wärmetauscher
use	verwendet	sh	Raumheizung
nd	benötigt	ch	aufeinanderfolgende Stunden
ncons	kein Verbrauch	avb	verfügbar

5 Beschreibung der Verfahren

5.1 Ausgaben des Verfahrens

Dieses Verfahren umfasst die Berechnung der Temperaturverteilung innerhalb der Speichereinheit, die Energieaufnahmen in den Speichersystemen aus den Erzeugungssystemen, der von den Speichersystemen an das Verteilungssystem für erwärmtes Trinkwasser und Raumheizung gelieferten Energie und der (rückgewinnbaren oder nicht rückgewinnbaren) Wärmeverluste der Speichersysteme.

5.2 Erweiterung des Verfahrens

Das in dieser Norm vorgestellte Verfahren kann auf Speichersysteme mit mehreren Speichern erweitert werden.

Die Anpassung hängt von dem bei Entwurf und Auslegung des Speichersystems angewendeten hydraulischen Schema ab:

- **Reihenverbindung** — die Speicher sind hydraulisch miteinander verbunden, sodass die Abgabe des Speichers „n“ zur Eingabe des Speichers „n+1“ wird. Standardmäßig wird heißes Wasser von der Ausgabe der letzten Speichereinheit der Reihe an das Verteilsystem geliefert. Das Steuersystem legt die Priorität der Energieaufnahme an die jeweilige Einheit fest (z. B. auf Grundlage der im vorherigen Schritt von den Speichereinheiten erreichten Temperatur des Wasserinhalts). Der vereinfachte Ansatz besteht darin, eine Reihe von Speichern in einen einzigen fiktiven Speicher mit übereinanderliegenden Schichten zu gießen (z. B. werden die Schichten der zweiten Speichereinheit über den Schichten der ersten Speichereinheit angeordnet). Die Schichten mit Energiezuführung können als von derselben Quelle (Generatorsystem) versorgt betrachtet werden. Der Koeffizient des Wärmeverlustes im Bereitschaftszustand jeder Schicht sollte entsprechend berechnet werden.

ANMERKUNG 1 Der Wärmeverlust von Übertragungskreisläufen zwischen Speichern kann nach dem Verfahren zur Berechnung des zusätzlichen Wärmeverlustes für Verteilerrohre mit offenen Stichleitungen, das in EN 15316-3 (M3-6, M4-6, M8-6) beschrieben ist, berechnet werden, indem die Temperatur des Wasserinhalts der Speichereinheiten des vorhergehenden Speichers aus dem vorherigen Zeitschritt verwendet wird. Dieser Wärmeverlust sollte dann bei der anschließenden Speicherung berücksichtigt werden. In Zeitschritten, in denen kein Durchfluss durch die Übertragungskreisläufe erfolgt, tritt kein Wärmeverlust auf.

ANMERKUNG 2 Bei isolierten Kreisläufen kann der Wärmeverlust der Übertragungskreisläufe zwischen den Speichern vernachlässigt werden.

- **Parallelverbindung** — das Steuersystem legt die Priorität (heißes Wasser/Energieabgabe/ Energieaufnahme) für die Speicher fest, die als unabhängig voneinander angesehen werden.

ANMERKUNG 3 Die Parallelverbindung wird aus hygienischen Gründen nur für Speichereinheiten mit Technikwasser empfohlen.

ANMERKUNG 4 Es wird davon ausgegangen, dass jede Speichereinheit an dieselbe ein- und ausgehende Verteilungsleitung angeschlossen ist.

ANMERKUNG 5 Der Wärmeverlust von Verbindungsrohren kann bei dem Gesamtwärmeverlust von Verteilerrohren nach EN 15316-3 (M3-6, M4-6, M8-6) berücksichtigt werden, indem die zusätzliche Länge zu den Verteilerrohren addiert wird.

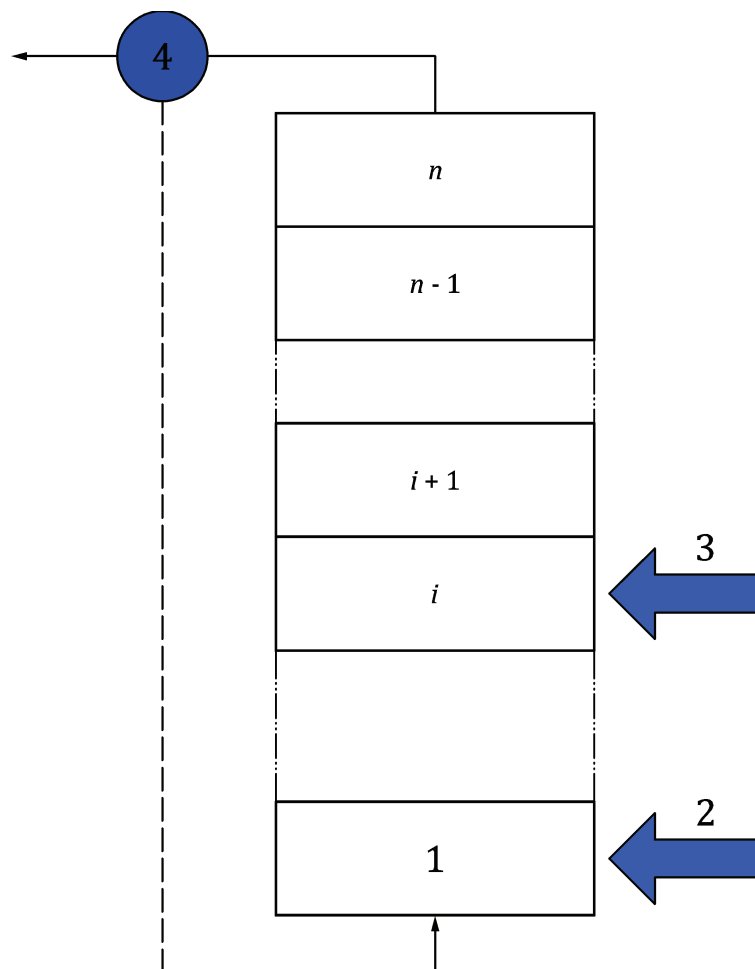
5.3 Eingeschlossene Technologien und schematische Darstellung des Warmwasserspeichersystems

Die folgenden Speicher und Regelungssysteme sind eingeschlossen:

- Art der Wärmequelle und Abgabeverbindung: Direktverbindung, Wärmetauscher;
- Art der Wärmeabgabe: Trinkwarmwasser oder Heizenergie;
- Position der Wärmequelle(n) und Wärmeabgabe(n) innerhalb der Speichereinheit (Verfahren A);
- Automationsstrategie der Speicherwassertemperatur;
- basierend auf der Verfügbarkeit der an den/die Speicher gelieferten Energie;

- Priorisierung der Trinkwassererwärmung gegenüber der Raumheizung (nach Vorgabe);
- Priorität für Solarheizung, dann zusätzliche(r) Erhitzer.

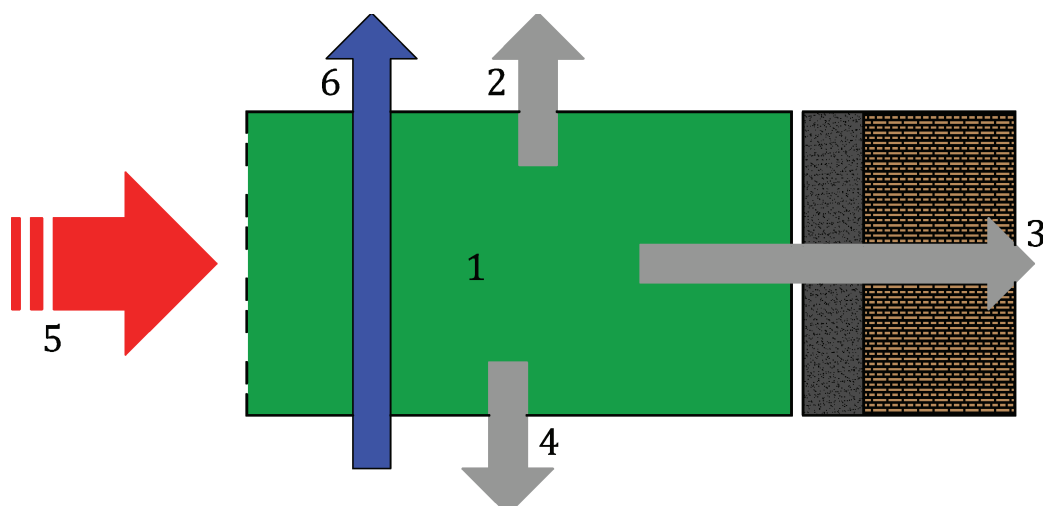
5.4 Grundlagen der Berechnung von Warmwasser-Speichersystemen nach Schichten



Legende

- 1 Schicht 1
- 2 Energieaufnahme
- 3 Energieaufnahme
- i Schicht i
- i+1 Schicht i+1
- n-1 Schicht n-1
- n Schicht n — Anzahl an Schichten
- 4 Mischventil

Bild 1 — Allgemeines Modell der Speichereinheit mit Schichten



Legende

- 1 Schicht i
- 2 Energieaustausch durch Wärmeleitung mit der oberen Schicht
- 3 Energieaustausch mit der Umgebung — Beitrag der Schicht i zu Wärmeverlusten
- 4 Energieaustausch durch Wärmeleitung mit der darunter liegenden Schicht i-1
- 5 Energieaufnahme in Schicht i
- 6 Energieaustausch aufgrund des Massetransports
- 7 Energieabgabe von Schicht i

Bild 2 — Energiebilanz für Schicht i

Die Energiebilanz für Schicht i ist in Gleichung (1) beschrieben:

$$m_i c_p (\vartheta_{t+1,i} - \vartheta_{t,i}) = Q_{in,i} + \Delta m_t \cdot c_{w,p} (\vartheta_{t,i-1} - \vartheta_i) + H_{TR,i+1} (\vartheta_{t,i+1} - \vartheta_{t,i}) - Q_{sto,ls(i)} - H_{TR,i} (\vartheta_{t,i} - \vartheta_{t,i-1}) - Q_{out,i} \quad (1)$$

Dabei ist

- Schlüssel 1 $m_i c_p (\vartheta_{t+1,i} - \vartheta_{t,i})$ die Enthalpieschwankung der Schicht i;
- Schlüssel 5 $Q_{t+1,i}$ die Energieaufnahme zu Schicht i;
- Schlüssel 6 $\Delta m_t \cdot c_p (\vartheta_{t,i-1} - \vartheta_{t,i})$ die Enthalpieschwankung aufgrund des Massetransports mit der Temperatur der darunter liegenden Schicht;
- Schlüssel 2 $H_{TR,i} (\vartheta_{t,i} - \vartheta_{t,i-1})$ der Energieaustausch durch Wärmeleitung mit der darunter liegenden Schicht;
- Schlüssel 4 $H_{TR,i+1} (\vartheta_{t,i+1} - \vartheta_{t,i})$ der Energieaustausch durch Wärmeleitung mit der oberen Schicht;
- Schlüssel 3 $Q_{sto,ls(i)}$ der Beitrag der Schicht i zu Wärmeverlusten des Speichers;
- Schlüssel 7 $Q_{out,i}$ die Energieabgabe von Schicht i.

ANMERKUNG 1 Die Gleichung (1) dient nur zur Veranschaulichung und wird nicht direkt für die Berechnung verwendet.

ANMERKUNG 2 H_{TR} wird in den genormten Prüfungen nicht festgelegt und in der Berechnung vernachlässigt. Die Vernachlässigung der Wärmeübertragung zwischen den Schichten bei Verfahren A hat zur Folge, dass die Temperaturschichtung reduziert wird. Die Energiebilanz auf Ebene der Speicherung wird beachtet.

6 Berechnungsverfahren

6.1 Ausgabedaten

Die Ausgabedaten dieses Verfahrens sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 3 — Ausgabedaten von Verfahren A

Name	Symbol	berechnetes Symbol	Einheit	Zielmodul
Vom Speicher an das Verteilsystem gelieferte Energie (ausgedrückt je Service X)	$Q_{X;sto;out}$	$Q_X_sto_out$	kWh	M3-1 M8-1
Energieaufnahme zum Speicher aus dem Erzeugungssystem	$Q_{H;sto;X;in}$	$Q_H_sto_X_in$	kWh	M3-1 M8-1
Wärmeverluste	$Q_{H;sto;ls}$	$Q_H_sto_ls$	kWh	M2-2
Lage der Wärmeverluste (Bezeichner für thermische Zone)	Z_{th}	Z_th	ID	M2-2
Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (sofern verfügbar)	$Q_{X;sto;nsup}$	$Q_X_sto_nsup$	kWh	M3-1 M8-1
Temperatur(en) der Schicht(en) innerhalb der Speichereinheit	$\vartheta_{sto;vol,i}$	$\theta_{sto_vol_i}$	°C	M3-7 M8-7
Temperatur am Auslass des Wärmetauschers des Solarkreislaufs (Einlass zum Solarkreislauf)	$\vartheta_{sol;loop;in}$	$\theta_{sol_loop_in}$	°C	M3-8-3 M8-8-3
Temperatur an der Abgabe des Wärmetauschers der Heizung (Rücklauf an Erzeuger)	$\vartheta_{Hc;RT}$	θ_{Hc_RT}	°C	M3-1 M8-1
Durchschnittstemperatur im Wärmetauscher des Erhitzers	$\vartheta_{Hc;mn}$	θ_{Hc_mn}	°C	M3-1 M8-1

Tabelle 4 — Ausgabedaten von Verfahren B

Name	Symbol	berechnetes Symbol	Einheit	Zielmodul
Vom Speicher an das Verteilsystem gelieferte Energie (ausgedrückt je Service X)	$Q_{X;sto;out}$	$Q_X_sto_out$	kWh	M3-1 M8-1
Energieaufnahme zum Speicher aus dem Erzeugungssystem	$Q_{H;sto;X;in}$	$Q_H_sto_X_in$	kWh	M3-1 M8-1
Lage der Wärmeverluste (Bezeichner für thermische Zone)	Z_{th}	Z_th	ID	M2-2
Wärmeverluste	$Q_{H;sto;ls}$	$Q_H_sto_ls$	kWh	M2-2
Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (sofern verfügbar)	$Q_{X;sto;nsup}$	$Q_X_sto_nsup$	kWh	M3-1 M8-1

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Name	Symbol	berechnetes Symbol	Einheit	Zielmodul
Temperatur(en) der Speichereinheit	ϑ_{sto}	theta_sto	°C	M3-7 M8-7
Temperatur an der Abgabe des Wärmetauschers der Heizung (Rücklauf an Erzeuger)	$\vartheta_{\text{Hc;RT}}$	Theta_Hc_RT	°C	M3-1 M8-1
Durchschnittstemperatur im Wärmetauscher des Erhitzers	$\vartheta_{\text{Hc;mn}}$	Theta_Hc_mn	°C	M3-1 M8-1

Falls die Generatoren die angeforderte Energie nicht aufbringen können, wird die fehlende Energie (als von anderen Systemen auszugleicher Energiemangel) in den Ausgabedaten angegeben.

Die Energieabgaben $Q_{\text{H;sto;out}}$ und $Q_{\text{W;sto;out}}$ sind die im Berechnungszeitraum vom Speicher an die Raumheizung oder das Verteilungssystem für erwärmtes Trinkwasser gelieferten thermischen Energien.

6.2 Verfahrensauswahl und Anpassung des Berechnungsintervalls

In Tabelle B.2 sind genaue Richtlinien zur Auswahl des geeigneten Verfahrens (Verfahren A oder Verfahren B) enthalten.

Die in Abschnitt 6 beschriebenen Verfahren sind für stündliche (oder kürzere) Zeitintervalle geeignet. In den meisten Fällen sollte das in einem Zeitschritt aus dem Speicher entnommene Trinkwasservolumen immer niedriger sein als das Speichervolumen der Speichereinheit, das von der Heizung/dem Zusatzheizer beeinflusst wird. In anderen Fällen sollten die Berechnungszeitschritte angewendet werden. Weitere Einzelheiten dazu sind im beiliegenden technischen Bericht zu finden.

6.3 Eingabedaten

6.3.1 Produktdaten

6.3.1.1 Produktbeschreibungsdaten (qualitativ)

Die Produktbeschreibungsdaten des Speichers sind in Tabelle 5 beschrieben.

Tabelle 5 — Liste der Produktbeschreibungsdaten

Beschreibung	Bezeichner	Gültigkeitsintervall	veränderlich
Art der Nutzung (Versorgungsarten)	STO_USE	Siehe Tabelle B.3	NEIN

6.3.1.2 Technische Daten zum Produkt

Die für dieses Berechnungsverfahren erforderlichen technischen Daten sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 — Liste der technischen Eingabedaten für die Produkte

Eigenschaften	Symbol	Katalog-einheit	Gültig-keits-intervall	Ref.	Veränderlich
Gesamtvolumen	$V_{\text{sto;tot}}$	L	$[0;+\infty]$	lokal	NEIN
Anteil des Schichtvolumens	$f_{\text{vol},i}$	—	$[0;1]$	lokal	NEIN
Koeffizient der Bereitschaftsverluste	$H_{\text{sto;ls}}$	W/K	$[0;+\infty]$	lokal	NEIN
Energieaufnahme (z. B. Solarkreislauf)					
Position im Speicher (Schicht)	i	Ganzzahl	$[1:N_{\text{vol}}]$	lokal	NEIN
Wärmetauscher-Koeffizient des Wärmetauschers des Solarkreislaufs	$H_{\text{exh;sol}}$	W/K	$[0;+\infty]$	lokal	NEIN
Energieaufnahme (z. B. externer/interner Erhitzer) Anmerkung: Der Speicher kann über mehr als einen Erhitzer verfügen.				—	
Temperatursollwert (Temperatur Erhitzer AUS)	$\vartheta_{\text{sto;set,on}}$	°C	0 bis 110	lokal	JA/NEIN
Temperatur Erhitzer EIN	$\vartheta_{\text{sto;set,on;bu}}$	°C	0 bis 110	lokal	JA/NEIN
Position im Speicher (Schicht)	i	Ganzzahl	$[1:N_{\text{vol}}]$	lokal	NEIN
Erhitzerleistung	$P_{\text{sto,H,bu},i}$	kW	$[0;+\infty]$	lokal	NEIN
Wärmetauscher-Koeffizient des Wärmetauschers des Erhitzers	$H_{\text{exh;bu}}$	W/K	$[0;+\infty]$	lokal	NEIN
Energieabgabe (z. B. Verteilsystem der Heizung)					
Position der Abgabe (Schicht)	i	Ganzzahl	$[1:N_{\text{vol}}]$	lokal	NEIN

ANMERKUNG 1 Der Solarkreislauf ist standardmäßig mit der niedrigsten Schicht (Schicht 1) verbunden.

ANMERKUNG 2 Der Temperatursollwert kann für jeden Zeitschritt festgelegt werden.

ANMERKUNG 3 Typischerweise kann der Speicher mit einem Wärmetauscher des Solarkreislaufs und zusätzlichen Erhitzern (z. B. mit dem Heizsystem verbundener Wärmetauscher und elektrischer Zusatzheizer) ausgestattet sein. Standardprioritäten sind in Tabelle B.7 angegeben.

Standardwerte für die Anteile des Schichtvolumens sind in Tabelle B.4 angegeben.

Standarddaten zur Positionierung der Energieaufnahme(n)/-abgabe(n) sind in Tabelle B.5 angegeben.

6.3.2 Datenquellen

Die den physikalischen Eigenschaften (Volumen, Art der Energieaufnahme, Heizleistung und Eigenschaften des Wärmetauschers) des Speichers entsprechenden Eingabedaten sind der Produktdatenbeschreibung des Herstellers zu entnehmen.

Das Gesamtvolumen $V_{\text{sto;tot}}$ entspricht dem vom Hersteller angegebenen Wert.

Sofern nicht bekannt, wird bei Verfahren A jedes Schichtvolumen nach Gleichung (2) auf Grundlage der in Tabelle B.4 angegebenen Daten berechnet.

$$V_{\text{sto};\text{vol};i} = f_{\text{vol};i} \cdot V_{\text{sto};\text{tot}} \quad (2)$$

Dabei ist

$f_{\text{vol};i}$ [-] der Anteil des Schichtvolumens;

$V_{\text{sto};\text{tot}}$ [L] das Gesamtvolumen des Speichers.

Der Koeffizient der Bereitschaftswärmeverluste werden im vorliegenden Dokument in der Regel in W/K angegeben. Bereitschaftswärmeverluste werden gewöhnlich als Energieverluste in einem 24-Stunden-Zeitraum bestimmt. Gleichung (3) ermöglicht die Berechnung von $H_{\text{sto};\text{ls}}$ auf Grundlage eines Referenzwerts für die täglichen Wärmeverluste

$$H_{\text{sto};\text{ls}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{stby};\text{ls};\text{ref}}}{24 \cdot (\vartheta_{\text{sto};\text{set};\text{ref}} - \vartheta_{\text{amb};\text{ref}})} \quad (3)$$

Dabei ist

$Q_{\text{stby};\text{ls};\text{ref}}$ [kWh/24 h] der Wärmeverlust im Bereitschaftszustand unter Normbedingungen;

$\vartheta_{\text{sto};\text{set};\text{ref}}$ [°C] die Wassertemperatur im Speicher unter genormten Bedingungen;

$\vartheta_{\text{amb};\text{ref}}$ [°C] die Umgebungstemperatur für die genormten Bedingungen.

Sofern unbekannt, kann der entsprechende Wert $H_{\text{sto};\text{ls}}$ gemäß den verschiedenen Speicherarten, auf Grundlage der in Tabelle B.6 angegebenen Daten, mithilfe von Gleichung (4) berechnet werden.

$$H_{\text{sto};\text{ls}} = \frac{1000}{C_4 \cdot C_5} \cdot (C_1 + C_2 \cdot V_{\text{sto};\text{tot}}^{C_3}) \quad (4)$$

Dann können für jede Schicht $H_{\text{sto};\text{ls};i}$ je nach den verfügbaren Eingabedaten zwei Ansätze berechnet werden.

$H_{\text{sto};\text{ls};i}$ kann anhand der Gleichung (5) auf Grundlage der in Tabelle B.4 angegebenen Daten berechnet werden.

$$H_{\text{sto};\text{ls};i} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\frac{D}{4} + f_{\text{vol};i} \cdot H}{\frac{D}{2} + H} \cdot H_{\text{sto};\text{ls}} \text{ im Fall der obersten und untersten Schicht} \\ \frac{f_{\text{vol};i} \cdot H}{\frac{D}{2} + H} \cdot H_{\text{sto};\text{ls}} \text{ im Fall aller anderen Schichten} \end{array} \right\} \quad (5)$$

Dabei ist

D [m] der Durchmesser der Speichereinheit (einschließlich Isolierung);

H [m] die Höhe der Speichereinheit (einschließlich Isolierung).

ANMERKUNG 1 Gleichung (5) geht von einem senkrecht angeordneten, zylindrisch geformten Speicher aus.

In einem anderen Ansatz ermöglicht Gleichung (6) die Berechnung von $H_{\text{sto};\text{ls};i}$ auf der Grundlage der durchschnittlichen Übertragung der Speicherisolierung U_{sto} .

$$H_{\text{sto};\text{ls};i} = U_{\text{sto}} \cdot A_i \quad (6)$$

Dabei ist

U_{sto} [W/m²K] die durchschnittliche Übertragung der Speicherisolierung;

A_i [m] die äußere Oberfläche der Schicht (einschließlich Isolierung).

Die durchschnittliche Übertragung der Speicherisolierung U_{sto} kann mit Gleichung (7) abgeschätzt werden.

$$U_{sto} = \frac{1}{\frac{d_a}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_a - 2 \cdot s} + \frac{1}{h_a}} \quad (7)$$

Dabei ist

d_a [m] der Außendurchmesser der Speichereinheit (einschließlich Isolierung);

s [m] die Dicke der Isolierung;

λ_D [W/mK] die Wärmeleitfähigkeit Isolation der Isolierung;

h_a [W/m²K] der gesamte Wärmeübergangskoeffizient der Außenfläche (Konvektion und Strahlung) (siehe B.4.2).

6.3.3 Systemauslegungsdaten

Die Prozessauslegungsdaten werden in Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7 — Prozessauslegungsdaten

Beschreibung	Bezeichner	Gültigkeitsintervall	veränderlich
Aufstellungsort des oder der Speicher(s) (beheizter Raum, Kesselraum, außerhalb)	STO_LOC	Siehe Tabelle B.11	JA
Verbindung mehrerer Speichereinheiten	STO_MCONN	Siehe Tabelle B.10	NEIN
Anzahl der Speicher	STO_N	[1: +∞]	NEIN

6.3.4 Steuerung und Regelung

Die Prozessregelungsoptionen sind in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8 — Prozessregelungsoptionen

Beschreibung	Bezeichner	Gültigkeitsintervall	veränderlich
Reihenfolge der Prioritäten im Falle mehrerer Speicher	GEN_CTRL_PRIO	[1...STO_N]	NEIN
Überprüfung der Berechtigung zum Betrieb des internen Heizelements aufgrund eines von außen kommenden Signals	GEN_CRTL	JA/NEIN	JA

6.3.5 Betriebsbedingungen

Die für dieses Berechnungsverfahren erforderlichen Betriebsbedingungsdaten sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9 — Liste der Betriebsbedingungsdaten

Name	Symbol	Einheit	Bereich	Ursprungs- modul	Veränder- lich
Daten zu den Betriebsbedingungen					
Energienutzung (Speicherung, Nutzung für Raumheizung/Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser)	—	Liste	—	M3-1 M8-1	JA
Berechnungszeitraum	t_{ci}	h	0 bis 8 760	M1-9	NEIN
Erforderliche Speicherabgabe für die Raumheizung	$Q_{H;sto;out;req}$	kWh	0 bis ∞	M3-6	JA
Heiztemperaturbedarf	$\vartheta_{H;out;min}$	°C	0 bis 100	M3-1	JA
Erforderliche Speicherabgabe für erwärmtes Trinkwasser (ohne Verluste des Umwälzsystems)	$Q_{W;sto;out;req}$	kWh	0 bis ∞	M8-1 M8-6	JA
Erforderliche Speicherabgabe für das Umwälzsystem des erwärmten Trinkwassers	$Q_{W;dis;ncons}$	kWh	0 bis ∞	M8-1 M8-6	JA
Mindesttemperatur des erwärmten Trinkwassers	$\vartheta_{W;out;min}$	°C	0-100	M8-1	NEIN
Umgebungstemperatur der Speichereinheit	$\vartheta_{sto;amb}$	°C	0-100	M2-1 lokal	NEIN
Energieabgabe des Solarkreislaufs (Aufnahme in den Speicher)	$Q_{sol;loop;out}$	kWh	0 bis ∞	M3-8-3 M8-8-3	JA
Temperatur des einfließenden Trinkwassers ANMERKUNG Wenn es sich um den einzigen oder den ersten Speicher einer Reihe oder um die Abgabe des vorherigen Speichers einer Reihenverbindung handelt, kann dies die kalte Trinkwassertemperatur $\vartheta_{W;cold}$ sein.	$\vartheta_{W;enter}$	°C	0-100	M8-2 lokal	NEIN
Anzahl der Schichten	N_{vol}	—	1-10	lokal	NEIN
Temperatur der Schicht i	$\vartheta_{sto;vol,i}$	°C	0-110	lokal	JA
Teil der Wärmeverluste, der an den Raum übergeben wird	$f_{sto;m}$	—	[0-1]	lokal	NEIN
Korrekturfaktor für Wärmeverluste bei Verbindungsrohren	$f_{sto;conn;ls,i}$	—	[1-5]	lokal	NEIN
Zusätzlicher Wärmeverlust bei Verbindungen (berücksichtigt die Rohrinnenzirkulation bei Speicheranschlüssen)	$H_{sto;add;ls,i}$	W/K	[0: + ∞]	lokal	NEIN

ANMERKUNG 1 $Q_{W;sto;out;req}$ steht für den Energiebedarf für Trinkwassererwärmung ohne die Wärmeverluste des Umwälzsystems des erwärmten Trinkwassers. Die Wärmeverluste des Umwälzsystems des erwärmten Trinkwassers werden durch $Q_{W;dis;nocons}$ berücksichtigt.

Standarddaten zu den Faktoren für die Energierückgewinnung sind in Tabelle B.10 angegeben.

Standarddaten zum Korrekturfaktor für die Wärmeverluste an Verbindungsrohren, die die Rohrinnenzirkulation in Speicheranschlüssen $f_{\text{sto;conn;ls,i}}$ berücksichtigt, sind in Tabelle B.8 angegeben.

Im detaillierten Ansatz wird der zusätzliche Wärmeverlustkoeffizient aufgrund der Rohrinnenzirkulation in den Speicheranschlüssen nach Gleichung (8) berechnet, basierend auf den in Tabelle B.9 angegebenen Daten.

$$H_{\text{sto;add;ls}} = \psi_{\text{sto;add;ls}} \cdot L \quad (8)$$

Dabei ist

$\psi_{\text{sto;add;ls}}$ [W/mK] der Koeffizient für die lineare Übertragung des Rohrs;

L [m] die Gesamtlänge der Rohre zum Wärmesiphon.

ANMERKUNG 2 Dieser detaillierte Ansatz ist eine Alternative zur Anwendung von $f_{\text{sto;dis;ls}}$.

ANMERKUNG 3 Im Falle des detaillierten Ansatzes ist $f_{\text{sto;conn;ls,i}}$ gleich 1.

ANMERKUNG 4 Die zusätzlichen Wärmeverluste durch die Rohrinnenzirkulation in den Speicheranschlüssen werden nur in den Zeitschritten berechnet, in denen keine Warmwasserentnahme stattfindet und/oder bei abgeschalteter Pumpe des erwärmten Trinkwasser-Umwälzkreislaufs.

ANMERKUNG 5 Die Rohrinnenzirkulation ist von der Zirkulation in den Umwälzkreisläufen des erwärmten Trinkwassers zu unterscheiden. Die Wärmeverluste in Umwälzkreisläufen des erwärmten Trinkwassers (aufgrund der Flüssigkeitszirkulation) werden in der separaten Norm, die sich mit dem Verteilungsteilsystem befasst (EN 15316-3), berechnet.

6.3.6 Konstanten und physikalische Daten

Tabelle 10 — Konstanten und physikalische Daten

Name	Symbol	Einheit	Wert
spezifische Wärme von Wasser	$C_{p,w}$	Wh/(kg · K)	1,16

6.4 Berechnungsverfahren

6.4.1 Anzuwendender Zeitschritt

Dieses Verfahren muss mit stündlichen (oder kürzeren) Zeitschritten angewendet werden. Zur Anpassung an die Zapfprofile und zur Anpassung des in einem Berechnungszeitschritt entnommenen Trinkwarmwasservolumens an die unter 6.2 beschriebenen Berechnungsanforderungen können kürzere Zeitschritte angewendet werden.

6.4.2 Berechnung der Betriebsbedingungen

Die Wärmeabgabe an das erwärmte Trinkwasser und das Verteilsystem der Raumheizung ist in EN 15316-1 (M3-1, M8-1) angegeben.

Die vom Regelungssystem erhaltenen Informationen legen die Priorität für Energiespeicherung, Energielieferung oder eine Kombination aus beiden fest.

Die Berechnung basiert allein auf den Wärmeübertragungen aufgrund identifizierter Energieaufnahmen und -abgaben im Speicher sowie den Energieverlusten durch die Wärmedämmung des Speichers unter Berücksich-

tigung zusätzlicher Verluste der Verbindungsleitungen, die die Rohrrinnenzirkulation in den Speicheranschlüssen berücksichtigen.

6.4.3 Energieberechnung (Speicherung nach einem Modell mit mehreren Volumina — Verfahren A)

6.4.3.1 Allgemeines

Das Ablaufdiagramm zum Berechnungsverfahren wird in Bild 3 aufgeführt. Bild 4 zeigt eine graphische Darstellung eines mathematischen Speichermodul-Modells für Verfahren A.

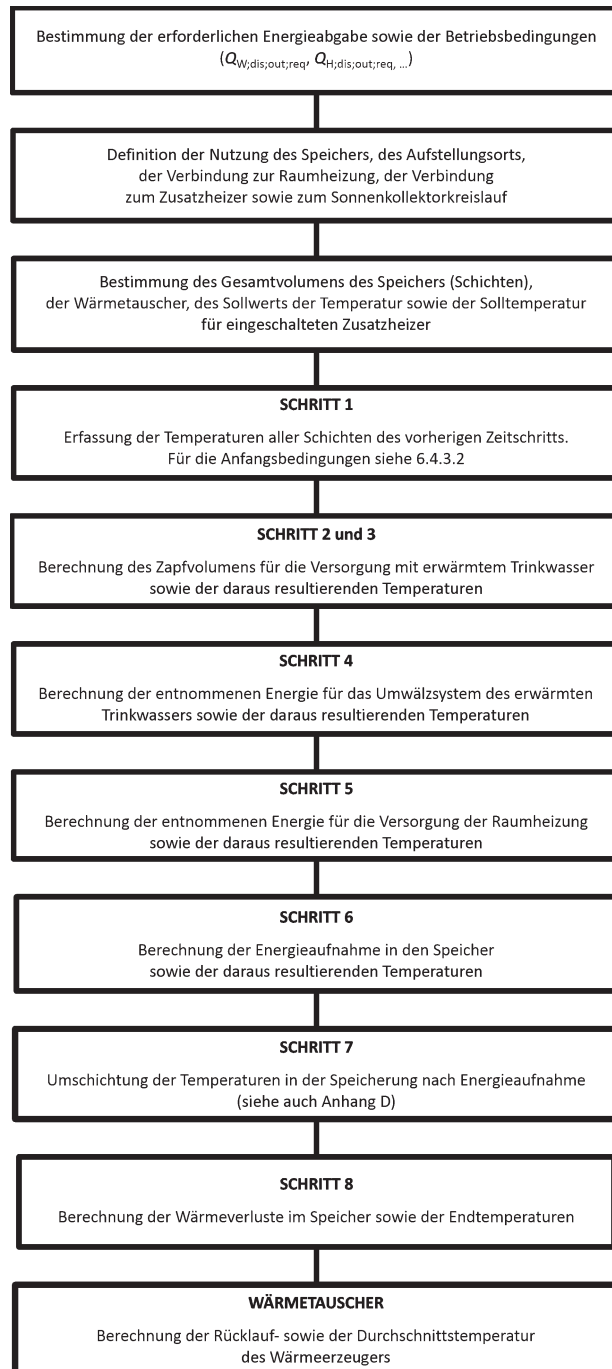


Bild 3 — Ablaufdiagramm des Berechnungsverfahrens– Verfahren A

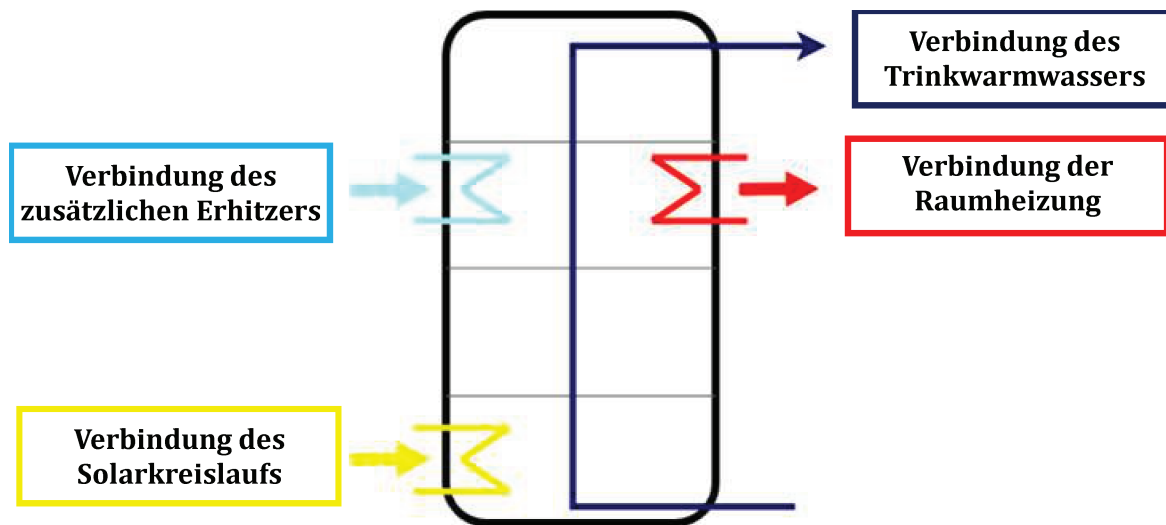


Bild 4 — Graphische Darstellung eines mathematischen Speichermodule-Modells (Verfahren A)

In einigen Fällen beeinflusst die Temperatur im Speicher die Berechnung der Eingabe (z. B. Wärmeerzeugung aus der thermischen Solaranlage). Die Folge ist die Notwendigkeit, mit einer iterativen Berechnung fortzufahren, um die Konvergenz der Lösung für den betrachteten Zeitschritt sicherzustellen. Die Konvergenzbedingungen sind in EN 15316-4-3 (M3-8-3, M8-8-3) ausgedrückt.

6.4.3.2 Schritt 1 — Initialisierung und Temperaturerfassung

Unter Anfangsbedingungen entspricht die Temperatur in allen Schichten des Wärmespeichers, die vom Erhitzer beeinflusst werden, dem Temperatursollwert, während die der übrigen Schichten der Kaltwassertemperatur entspricht. In anderen Zeitschritten werden von allen Speichereinheitmodulen, gleich den in Schritt 8 des vorherigen Zeitschritts erfassten Temperaturen, die Temperaturen der Speicherschicht(en) erfasst.

6.4.3.3 Schritt 2 — Zapfvolumen (Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser)

Die Berechnung des Zapfvolumens erfolgt entsprechend der an das Verteilungssystem zu liefernden Energie mit einem den Szenarien der Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser entsprechenden Schwellenwert für die mindestens verfügbare Temperatur. Das Volumen, das in jedem Zeitschritt entnommen wird, sollte kleiner sein als das Volumen der Speichereinheit, die vom Zusatzheizer betroffen ist. Andernfalls sollte ein kürzerer Zeitschritt verwendet werden.

Die vom Regelungssystem erhaltenen Informationen geben an, ob der Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser Priorität gegenüber der Raumheizung zu geben ist.

ANMERKUNG 1 Im Falle der Betrachtung von Warmwasserspeichern für zwei Versorgungsarten wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser Priorität hat.

Das Zapfvolumen basiert auf dem Beitrag aller Schichten (N_{vol} Schichten beliebigen Volumens) des Speichers, aus dem Volumen, das an die Wasserabgabe zu dem an den Wasserzulauf angeschlossenen Volumen angeschlossen ist, abhängig von deren jeweiliger Temperatur.

ANMERKUNG 2 Das liegt daran, dass bei der Umwertung von Energie zu Volumen verschiedene Mischeinflüsse herrschen.

Für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser in jeder Schicht gespeicherte Energie

$$Q_{sto;W;vol,i} = \frac{\rho_W \cdot c_{p;W} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{W;cold})}{1000000} \quad (9)$$

Dabei ist

- ρ_w [kg/m³] die Wasserdichte;
- $C_{p;w}$ [Wh/(kg · K)] die spezifische Wärme von Wasser;
- $V_{sto;vol,i}$ [L] das Volumen der Speicherschicht;
- $\vartheta_{sto;vol,i}$ [°C] die Temperatur der Speicherschicht;
- $\vartheta_{W;cold}$ [°C] die Kaltwassertemperatur.

Für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser in jeder Schicht gespeicherte nutzbare Energie

$$Q_{sto;W;vol,i;ubl} = \begin{cases} Q_{sto;W;vol,i} & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,i} \geq \vartheta_{W;out,min} \\ 0 & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,i} < \vartheta_{W;out,min} \end{cases} \quad (10)$$

Für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser gespeicherte nutzbare Gesamtenergie

$$Q_{sto;W;ubl} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} Q_{sto;W;vol,i;ubl} \quad (11)$$

An das Verteilsystem des erwärmten Trinkwassers gelieferte Energie

$$Q_{W;sto;out} = \min(Q_{W;sto;out;req}; Q_{sto;W;ubl}) \quad (12)$$

Von jeder Schicht an das Verteilsystem des erwärmten Trinkwassers zu liefernde Maximalenergie

$$Q_{W;sto;out;vol,i,max} = \begin{cases} Q_{W;sto;out} & \text{wenn } i = N_{vol} \\ Q_{W;sto;out;vol,i+1,max} - Q_{W;sto;out;vol,i+1} & \text{wenn } i = [1, N_{vol} - 1] \end{cases} \quad (13)$$

Von jeder Schicht an das Verteilsystem des erwärmten Trinkwassers gelieferte Energie

$$Q_{W;sto;out;vol,i} = \min(Q_{W;sto;out;vol,i,max}; Q_{sto;W;vol,i;ubl}) \quad (14)$$

ANMERKUNG 3 Gleichung (13) und Gleichung (14) werden beginnend mit $i = N_{vol}$ Schicht für Schicht gelöst.

Entnommenes Volumen (Beitrag jeder Schicht)

$$V_{sto;use;W;vol,i} = \frac{Q_{W;sto;out;vol,i} \cdot 1000000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{W;cold})} \quad (15)$$

ANMERKUNG 4 Im Falle von $\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{W;cold} \leq 0$ gilt $V_{sto;use;W;vol,i} = 0$.

Entnommenes Gesamtvolumen zur Lieferung $Q_{W;sto;out}$

$$V_{sto;use;W} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} V_{sto;use;W;vol,i} \quad (16)$$

Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (im Falle von zu kleinen Erhitzern)

$$Q_{W;sto;nsup} = Q_{W;sto;out;req} - Q_{W;sto;out} \quad (17)$$

ANMERKUNG 5 Im Falle von $0 < Q_{W;sto;nsup} \leq \sum P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ ist die Verwendung eines kürzeren Berechnungszeitschritts erforderlich, um die gleichzeitige Energieaufnahme von dem/den Erhitzer(n) zu berücksichtigen. Ein alternativer Ansatz besteht in der Anpassung des in Verfahren B beschriebenen Berechnungsverfahrens [siehe Gleichung (47) bis Gleichung (50)].

ANMERKUNG 6 Wenn der Berechnungszeitschritt nicht verringert oder ein alternativer Ansatz gewählt wird, wie in ANMERKUNG 5 empfohlen, entspricht die Temperaturverteilung innerhalb der Speichereinheit der dann erforderlichen geringeren Energiezufuhr zum Verteilersystem ($Q_{W;sto;out;req}$), was im Falle von $0 < Q_{W;sto;nsup} \leq \sum P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ nicht korrekt ist, wenn z. B. der Erhitzer genügend Heizkapazität hat, um den Energiebedarf innerhalb einer Stunde zu decken. In diesem Fall ist der Gesamtverbrauch des zusätzlichen Erhitzers höher als durch dieses Verfahren ermittelt. Dies kann optional korrigiert werden, indem unabhängig von diesem Verfahren $Q_{W;sto;nsup}$ zu $Q_{H;sto;bu;in;vol,N_{vol, bu}}$ aus Schritt 6 addiert wird.

6.4.3.4 Schritt 3 — Temperatur im Speicher nach Entnahme des Zapfvolumens für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser

Das entnommene Gesamtvolumen wird durch eine gleiche Wassermenge ersetzt, die am Zulauf des Warmwasserspeichers (Boden) bereitgestellt wird. Das Wasser des oberen Volumens wird mit einem der entnommenen Menge entsprechenden Volumen bei der Temperatur der unteren Schicht zusammengeführt.

ANMERKUNG Im folgenden Index steht j für die Art des Wassers. Index k steht für die gefüllte Schicht.

Volumen des in den Speicher einströmenden Wassers ($j = 0$) und in jeder Schicht ($j = [1, N_{vol}]$).

$$V_{vol,j} = \begin{cases} V_{sto;use;W} & \text{wenn } j = 0 \\ V_{sto;vol,j} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (18)$$

Restvolumen zum Auffüllen der Schicht (nach Bestimmung des Volumens des Wassers, das von den unteren Schichten aus durch die Schichtgrenzen kommt)

$$V_{sto;vol,k;nd,j} = \begin{cases} V_{sto;vol,k} & \text{wenn } j = 0 \\ V_{sto;vol,k;nd,j-1} - V_{vol,j-1;vol,k} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (19)$$

Volumens des Wassers, das durch die Schichtgrenzen kommt

$$V_{vol,j;vol,k} = \begin{cases} \min(V_{vol,j}; V_{sto;vol,k;nd,j}) & \text{wenn } k = 1 \\ \min\left(V_{vol,j} - \sum_{i=1}^{k-1} V_{vol,j;vol,i}; V_{sto;vol,k;nd,j}\right) & \text{wenn } k = [2, N_{vol}] \end{cases} \quad (20)$$

Temperatur jeder Schicht vor Verwendung des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_j = \begin{cases} \vartheta_{W;enter} & \text{wenn } j = 0 \\ \vartheta_{sto;vol,j} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (21)$$

Temperatur jeder Schicht nach Verwendung des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_{sto;vol,k} = \frac{\sum_{j=0}^{N_{vol}} V_{vol,j;vol,k} \cdot \vartheta_j}{V_{sto;vol,k}} \quad (22)$$

6.4.3.5 Schritt 4 — Temperatur im Speicher nach Energieentnahme für das Umwälzsystem des Trinkwarmwassers

Die Wärmeverluste des Umwälzsystems des Trinkwarmwassers werden in diesem Schritt berücksichtigt.

ANMERKUNG 1 Im folgenden Umwälzkreislauf ist das Rücklaufrohr mit der obersten Schicht N_{vol} verbunden. Dieser Ansatz gilt auch als präzise genug für die Beschreibung von Situationen, in denen das Rücklaufrohr des Umwälzsystems mit den niederen Schichten verbunden ist, da das Abkühlen der oberen Schicht in Schritt 7 eine Ausbreitung der Wärme nach oben nach sich zieht.

ANMERKUNG 2 Für den Umwälzkreislauf des Trinkwarmwassers und Heizsysteme kann der Abfall der Speicherwassertemperatur auf vereinfachte Weise, unter Verwendung einer Schicht für Energie und Massenbilanz, berechnet werden.

ANMERKUNG 3 Wenn $Q_{W;dis;out} > 0$, dann gilt $Q_{W;dis;ncons} = 0$.

Durch die Energieübertragung an den Umwälzkreislauf des Trinkwarmwassers ausgelöster Temperaturunterschied

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,i} = \begin{cases} \frac{Q_{W;dis;ncons} \cdot 1000000}{\rho_W \cdot C_{p;W} \cdot V_{sto;vol,i}} & \text{wenn } i = N_{vol} \\ 0 & \text{wenn } i \neq N_{vol} \end{cases} \quad (23)$$

Temperatur jeder Schicht nach Energieentnahme für das Umwälzsystem des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (24)$$

6.4.3.6 Schritt 5 — Temperatur des Speichers nach Energieabgabe für die Raumheizung

Die Raumheizung wird in diesem Schritt berechnet. Die Raumheizung ist mit Schicht $N_{vol,sh}$ verbunden.

ANMERKUNG 1 Der Standardwert für $N_{vol,sh}$ ist 3 (im Falle von $N_{vol} = 4$).

ANMERKUNG 2 Für die Aufnahme und Abgabe der für die Raumheizung gespeicherten Energie werden üblicherweise Wärmetauscher verwendet. Bei diesen gibt es keinen Massentransfer, und der thermische Zustand des Speichers wird direkt berechnet.

ANMERKUNG 3 Für die Umwälzsysteme des Trinkwarmwassers und Heizsysteme kann der Abfall der Speicherwassertemperatur auf vereinfachte Weise, unter Verwendung einer Schicht für Energie und Massenbilanz, berechnet werden.

In jeder Schicht für die Raumheizung gespeicherte Energie

$$Q_{sto;H;vol,i} = \max\left(\frac{\rho_W \cdot C_{p;W} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{H;out,min})}{1000000}; 0\right) \quad (25)$$

In jeder Schicht für die Raumheizung gespeicherte nutzbare Energie

$$Q_{sto;H;vol,i;ubl} = \begin{cases} Q_{sto;H;vol,i} & \text{wenn } i \leq N_{vol,sh} \\ 0 & \text{wenn } i > N_{vol,sh} \end{cases} \quad (26)$$

Für die Raumheizung gespeicherte nutzbare Gesamtenergie

$$Q_{sto;H;ubl} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} Q_{sto;H;vol,i;ubl} \quad (27)$$

An das Verteilsystem der Raumheizung gelieferte Energie

$$Q_{H;sto;out} = \min(Q_{H;sto;out;req}; Q_{sto;H;ubl} + P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}) \quad (28)$$

ANMERKUNG 4 Dieser Ansatz kann verwendet werden, um Fälle zu berücksichtigen, in denen der Rücklauf von Raumheizungsanlagen mit den unteren Ebenen der Speichereinheit verbunden ist (niedriger als $N_{vol,sh}$).

ANMERKUNG 5 In Gleichung (28) steht $P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ für die Maximalenergie, die während des Berechnungszeit-schritts von dem/den Erhitzer(n) bezogen werden kann. Dies ermöglicht die Entnahme von Energie aus dem Speicher, die $Q_{sto;H;ubl}$ übersteigt, indem die Energieaufnahme aus dem/den Erhitzer(n) berücksichtigt wird (die in Schritt 6 eingehender betrachtet wird).

Durch die Energieübertragung an das Verteilsystem der Raumheizung ausgelöster Temperaturunterschied

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,i} = \begin{cases} \frac{Q_{H;sto;out} \cdot 1000000}{\rho_W \cdot c_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i}} & \text{wenn } i = N_{vol,sh} \\ 0 & \text{wenn } i \neq N_{vol,sh} \end{cases} \quad (29)$$

Temperatur jeder Lage nach der Energieentnahme für die Raumheizung

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (30)$$

Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (im Falle von zu kleinen Erhitzern)

$$Q_{H;sto;nsup} = Q_{H;sto;out;req} - Q_{H;sto;out} \quad (31)$$

6.4.3.7 Schritt 6 — Temperatur des Speichers nach Energieaufnahme an die Speichereinheit

Die Energieaufnahme(n) wird/werden den dafür festgelegten Positionen entsprechend zugeordnet.

Der Solarkreislauf ist standardmäßig mit Schicht 1 (der niedrigsten) verbunden und die Energieaufnahme wird in Übereinstimmung mit EN 15316-4-3 (M3-8-3, M8-8-3) berechnet. Dies verlangt nach einem iterativen Verfahren, beschrieben in der entsprechenden Solarnorm, zur Bestimmung der endgültigen Berechnungsbedingungen.

Durch die von den Sonnenkollektoren zugeführte Energie ausgelöster Temperaturanstieg

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,1} = \frac{Q_{H;sto;sol;in;vol,1} \cdot 1000000}{\rho_W \cdot c_{p;w} \cdot V_{sto;vol,1}} \quad (32)$$

ANMERKUNG 1 $Q_{H;sto;sol;in;vol,1} = Q_{sol;loop;out}$

ANMERKUNG 2 Der/Die zusätzliche(n) Erhitzer ist/sind mit Schicht $N_{vol,bu}$ verbunden.

Erforderliche Energieaufnahme, um jede Schicht auf $\vartheta_{sto;set,on}$ zu bringen

$$Q_{H;sto;nd;in;vol,i} = \begin{cases} \frac{\rho_W \cdot c_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;set,on} - \vartheta_{sto;vol,i})}{1000000} & \text{wenn } i \geq N_{vol,bu} \\ 0 & \text{wenn } i = [2, N_{vol,bu}] \end{cases} \quad (33)$$

ANMERKUNG 3 Der/Die Erhitzer beeinflusst/beeinflussen nur Schicht $N_{vol,BU}$ und darüber. Schichten unter $N_{vol,BU}$ gelten als nicht beeinflusst.

Gesamte Energieaufnahme, um die Speicherwassertemperatur auf den Sollwert zu bringen (Trinkwarmwasser und Raumheizung)