

DIN EN 15316-5



ICS 91.140.10; 91.140.65

Einsprüche bis 2022-05-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15316-5:2017-09

Entwurf

**Energetische Bewertung von Gebäuden –
Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade
der Anlagen –
Teil 5: Raumheizung und Speichersysteme für erwärmtes Trinkwasser
(keine Kühlung), Module M3-7, M8-7;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15316-5:2022**

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 15316-5:2022

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 15316-5:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-04 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 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.

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 104 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15316-5:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN 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 Raumluftechnik 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.

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) die vorherigen Anhänge C und D wurden zurückgezogen;
- g) Miteinbeziehen eines Matrixansatzes zur Neuordnung der Schichttemperaturen in Verfahren A.

<i>Titel de:</i>	Energetische Bewertung von Gebäuden — Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen — Teil 5: Raumheizung und Speichersysteme für erwärmtes Trinkwasser (keine Kühlung), Module M3-7, M8-7
<i>Titel en:</i>	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
<i>Titel fr:</i>	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	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Symbole und Abkürzungen	11
4.1 Symbole	11
4.2 Indizes	11
5 Beschreibung der Verfahren	12
5.1 Ausgaben des Verfahrens	12
5.2 Erweiterung des Verfahrens	12
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	19
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)	22
6.4.4 Energieberechnung für ein Speichermodell mit nur einem Volumen - Verfahren B	33
6.4.5 Berechnung der Hilfsenergie	36
6.4.6 Rückgewinnbare Wärmeverluste	36
7 Qualitätskontrolle	37
8 Konformitätsprüfung	37
Anhang A (normativ) Vorlage für Eingabedaten und Auswahlmöglichkeiten	38
A.1 Allgemeines	38
A.2 Referenzen	38
A.3 Modellinformationen	39
A.4 Daten zur Produktbeschreibung	39
A.4.1 Art der Nutzung (Versorgungsarten)	39
A.4.2 Technische Daten zum Produkt	40
A.4.3 Priorität der Erhitzer	41
A.4.4 Faktoren für die Energierückgewinnung	41

A.5	Auslegungsdaten.....	42
A.5.1	Aufstellungsort des Speichers	42
A.5.2	Verbindung mehrerer Speichereinheiten.....	42
A.6	Betriebsbedingungen.....	42
Anhang B (informativ) Standardwerte.....		43
B.1	Allgemeines	43
B.2	Referenzen	43
B.3	Modellinformationen.....	44
B.4	Daten zur Produktbeschreibung	45
B.4.1	Art der Nutzung (Versorgungsarten).....	45
B.4.2	Technische Daten zum Produkt	45
B.4.3	Priorität des Erhitzerbetriebs	47
B.4.4	Faktoren für die Energierückgewinnung	47
B.5	Auslegungsdaten.....	48
B.5.1	Aufstellungsort des Speichers	48
B.5.2	Verbindung mehrerer Speichereinheiten.....	48
B.6	Betriebsbedingungen.....	48
Anhang C (informativ) Alternativer Ansatz für Schritt 7.....		49
Literaturhinweise.....		52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15316-5:2022) 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.

Gegenüber EN 15316-5:2017 wurden folgende wesentliche Änderungen vorgenommen:

- 1) Miteinbeziehen der gleichzeitigen Speicherheizung;
- 2) Miteinbeziehen der beliebigen Auswahl des Schichtvolumens;
- 3) Miteinbeziehen zusätzlicher Wärmeverluste aufgrund der Zirkulation des Thermosiphons;
- 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) die vorherigen Anhänge C und D wurden zurückgezogen;
- 7) Miteinbeziehen eines Matrixansatzes zur Neuordnung der Schichttemperaturen in Verfahren A.

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 produziert/produzieren oder eine unabhängige Energiezufuhr zum Speicher nutzt/nutzen. Dieses Dokument stellt zwei Verfahren vor, die sich auf die verschiedenen Technologien 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.

Dieses aktualisierte Dokument behandelt stündliche (oder kürzere) Berechnungsintervalle.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von wasserbasierten Speicher-Teilsystemen, 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 Tabellen A.1 und 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	Trink- warmwasser	Beleuchtung	Gebäude- automation	Stromerzeugung
sub 1		M1	sub 1	M2	sub 1		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									

Rahmennorm		Gebäude (als solches)		technische Gebäudeausrüstung											
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trink- warmwasser	Beleuchtung	Gebäude- automation	Stromerzeugung
sub 1		M1	sub 1	M2	sub 1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
5	Gebäude- funktio- nen und Gebäude- grenzen		5	Wärme- übertra- gung durch Trans- mission	5	Emis- sion und Rege- lung									
6	Gebäude- belegung und Betriebs- bedin- gungen		6	Wärme- übertra- gung durch Infiltra- tion und Lüftung	6	Vertei- lung und Rege- lung									
7	Kumula- tion von Energie- versor- gungs- arten und Energie- trägern		7	innere Wärme- gewinne	7	Speiche- rung und Rege- lung	15316-5					15316-5			
8	Gebäude- aufteilung		8	solare Wärme- gewinne	8	Erzeu- gung									
					8-1	Feue- rungs- kessel									
					8-2	Wärme- pumpen									
					8-3	Ther- mische Solar- anlagen Photo- voltaik									
					8-4	Kraft- Wärme- Kopp- lung vor Ort									

Rahmennorm		Gebäude (als solches)			technische Gebäudeausrüstung										
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trink- warmwasser	Beleuchtung	Gebäude- automation	Stromerzeugung
sub 1		M1	sub 1	M2	sub 1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
					8-5	Fern- wärme und Fern- kälte									
					8-6	elektri- scher Direkt- heizer									
					8-7	Wind- energie- anlagen									
					8-8	Heiz- strahler, Heizöfen									
9	berechnete Gesamt- energie- effizienz		9	Gebäude- dynamik (thermisch wirksame Masse)	9	Lastver- teilungs- und Betriebs- bedin- gungen									
10	gemessene Gesamt- energie- effizienz		10	gemessene Gesamt- energie- effizienz	10	gemes- sene Gesamt- energie- effizienz	15378-3					15378-3			
11	Inspektion		11	Inspektion	11	Inspek- tion	15378-1					15378-1			
12	Arten der Darstel- lung der Behaglich- keit in Innen- räumen		12	-	12	GMS (Ge- bäude- Mana- gement- System)									
13	äußere Umge- bungs- bedin- gungen														

Rahmennorm		Gebäude (als solches)		technische Gebäudeausrüstung											
	Beschreibungen			Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trink- warmwasser	Beleuchtung	Gebäude- automation	Stromerzeugung
sub 1		M1	sub 1	M2	sub 1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
14	wirt- schaftliche Berech- nungen	15459-1													
ANMERKUNG Die schattierten Module sind nicht anwendbar.															

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 7345:2018, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:2018)*

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 7345:2018 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 Umwälzkreislaufs)

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

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

3.9

Thermosiphon-Zirkulation

natürliche Zirkulation innerhalb von Verbindungsrohren aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen dem Speicher und der Flüssigkeit in den Rohren bei ausgeschalteter Umwälzpumpe

3.10

zusätzliche Wärmeverluste bei Verbindungen (Thermosiphon-Zirkulation berücksichtigt)

zusätzliche Wärmeverluste des Speichers, bei der das Vorliegen von Thermosiphon-Zirkulation innerhalb der Verbindungsrohre berücksichtigt wird

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

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

4.2 Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Indizes nach EN ISO 52000-1 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 gilt für die Berechnung der dem Speichersystem zugeführten Energie, der aus den Speichersystemen an das Verteilungssystem für Trinkwarmwasser und Raumheizung abgeführten Energie und der (rückgewinnbaren und nicht rückgewinnbaren) Wärmeverluste von Speichersystemen für die Raumheizung und/oder die Trinkwassererwärmung.

Dieses Verfahren ist nur bei stündlichen (oder kürzeren) Zeitintervallen anwendbar.

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:

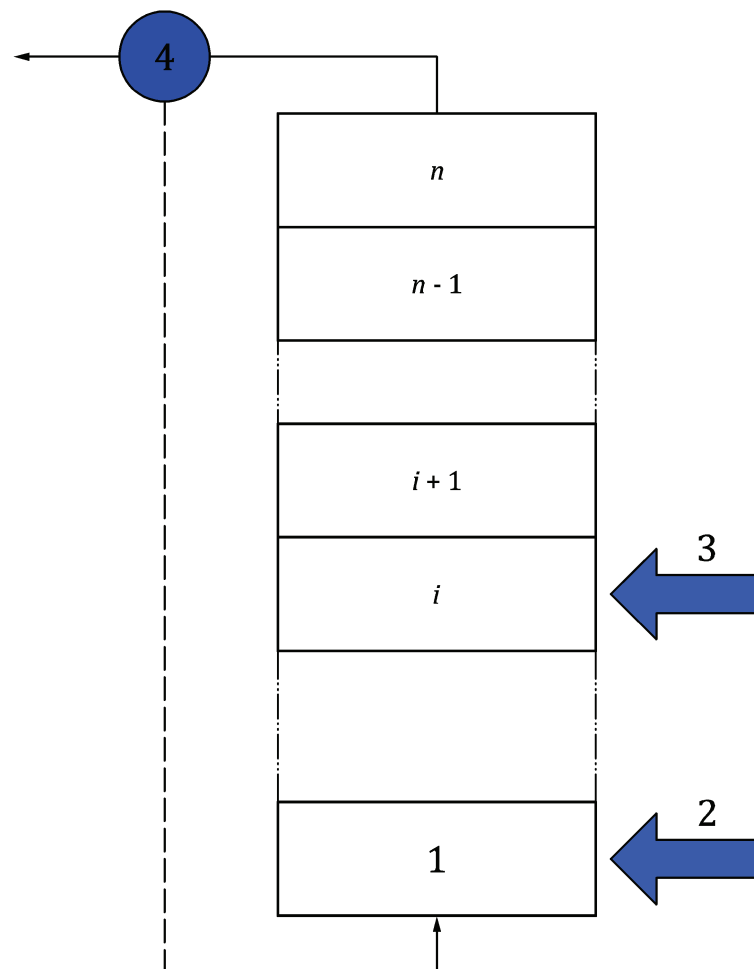
- Reihenverbindung – die Speicher sind hydraulisch miteinander verbunden, sodass die Abgabe des Speichers „n“ zur Eingabe des Speichers „n+1“ wird. Standardmäßig wird heißes Wasser von der Ausgabe der letzten Speichereinheit der Reihe an das Verteilsystem geliefert und die Priorität der Energieaufnahme an die jeweilige Einheit vom Steuersystem festgelegt (z. B. auf Grundlage der im vorherigen Schritt von den Speichereinheiten erreichten Temperatur des Wasserinhalts);
- Parallelverbindung – die Steuersysteme legen die Priorität (heißes Wasser/Energieabgabe/-aufnahme) für die Speicher fest, die als unabhängig voneinander angesehen werden.

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 (beheizte Schicht, nur bei 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.

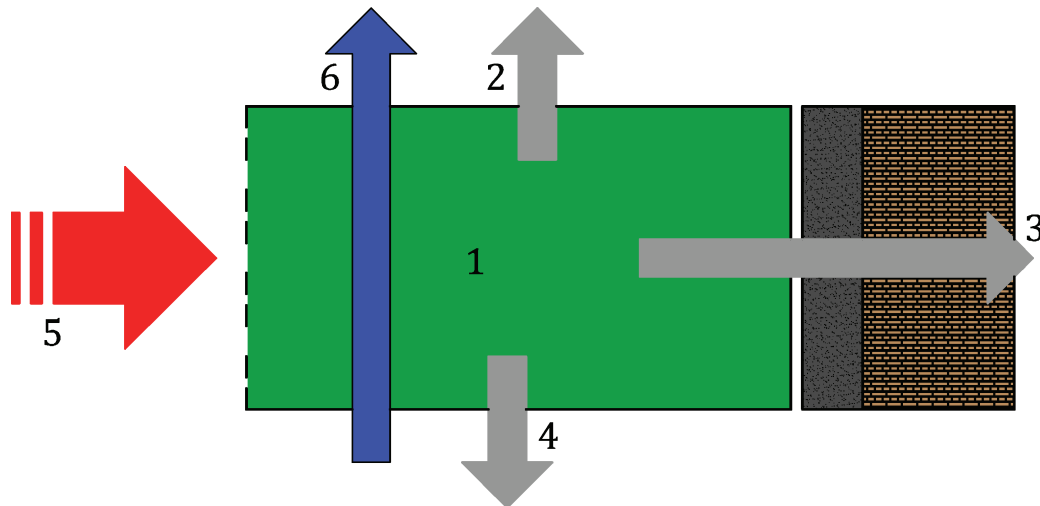
5.4 Grundlagen der Berechnung von Warmwasser-Speichersystemen nach Schichten



Legende

- | | | | |
|-----|-----------------|-------|-----------------------------------|
| 1 | Schicht 1 | $i+1$ | Schicht $i+1$ |
| 2 | Energieaufnahme | $n-1$ | Schicht $n-1$ |
| 3 | Energieaufnahme | n | Schicht n – Anzahl an Schichten |
| i | Schicht i | 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 Volumen i
- 6 Energieaustausch aufgrund des Massetransports

Bild 2 — Allgemeines Modell der Speichereinheit mit Schichten

Die Energiebilanz für Schicht i ist nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$\begin{aligned}
 m_i c_p (\vartheta_{t+1,i} - \vartheta_{t,i}) &= Q_{t+1,i} + \Delta m_t * c_{w,p} (\vartheta_{t,i-1} - \vartheta_{t,i}) + H_{TR,i+1} (\vartheta_{t,i+1} - \vartheta_{t,i}) - Q_{sto,ls}(i) \\
 &\quad - H_{TR,i} (\vartheta_{t,i} - \vartheta_{t,i-1})
 \end{aligned} \tag{1}$$

Dabei ist

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

ANMERKUNG H_{TR} wird in den genormten Prüfungen nicht beschrieben und in der Berechnung vernachlässigt. Als Folge, wenn die Wärmeleitung zwischen den Schichten vernachlässigt wird, wird die thermische Wechselwirkung zwischen den unterschiedlichen Schichten, die in Verfahren A verwendet werden, unterdrückt. Diese Wärmeleitungen haben Einfluss auf die Temperaturen, da die Temperaturschichtung verringert ist. Die Energiebilanz auf Ebene der Speicherung wird beachtet.

6 Berechnungsverfahren

6.1 Ausgabedaten

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

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
Energiezuführung vom Erzeugungssystem an den Speicher	$Q_{H;sto;X;in}$	$Q_{H_sto_X_in}$	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) des Speichervolumens bzw. der Speichervolumina	$\vartheta_{sto;vol,i}$	$\theta_{sto_vol_i}$	°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
Energiezuführung vom Erzeugungssystem an den Speicher	$Q_{H;sto;X;in}$	$Q_H_sto_X_in$	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
Temperatur(en) des Speichervolumens bzw. der Speichervolumina	ϑ_{sto}	theta_sto	°C	M3-7 M8-7
Temperatur an der Abgabe des Wärmetauschers der Heizung (Rücklauf an Erzeuger)	$\vartheta_{Hc;RT}$	Theta_Hc_RT	°C	M3-1 M8-1
Durchschnittstemperatur im Wärmetauscher des Erhitzers	$\vartheta_{Hc;mn}$	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 auszugleichender Energiemangel) in den Ausgabedaten angegeben. Diese Energie kann einfach angegeben oder im nächsten Berechnungsschritt der angeforderten Energie hinzugefügt werden. Falls die fehlende Energie in N_{ch} aufeinanderfolgenden Stunden angegeben wird, kann die Berechnung beendet werden (das System ist nicht korrekt ausgelegt). Der Standardwert für N_{ch} ist in Tabelle B.2 angegeben.

Die Energieabgaben $Q_{H;sto;out}$ und $Q_{W;sto;out}$ 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.3 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. Das in einem Zeitschritt aus dem Speicher entnommene Trinkwasservolumen sollte immer niedriger als das Speichervolumen sein. In anderen Fällen sollten die Berechnungszeitschritte kürzer sein. Bei Verfahren A wird zusätzlich empfohlen, dass die in einem Zeitschritt aus dem Speicher entnommene Trinkwassermenge immer niedriger als das Volumen der kleinsten Schicht ist (auch wenn das in Abschnitt 6 beschriebene Berechnungsverfahren auch auf Fälle angewendet werden kann, in denen diese Anforderung nicht erfüllt wird).

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.4	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	Gültigkeitsintervall	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...110	lokal	JA/NEIN
Temperatur Erhitzer EIN	$\vartheta_{\text{sto;set;on;bu}}$	°C	0...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 zwei (oder mehr) zusätzlichen Erhitzern (mit dem Heizsystem verbundener Wärmetauscher und elektrischer Zusatzheizer) ausgestattet sein. Standardprioritäten sind in Tabelle B.8 angegeben.

Standardwerte für die Anteile des Schichtvolumens sind in Tabelle B.5 angegeben.

Standarddaten zur Positionierung der Energieaufnahme(n)/-abgabe(n) sind in Tabelle B.6 angegeben.

ANMERKUNG 4 Der Temperatursollwert kann für jeden Zeitschritt festgelegt werden.

6.3.2 Datenquellen

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

Das Gesamtvolumen $V_{sto;tot}$ 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.

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

Dabei ist

$f_{vol,i}$	[-]	der Anteil des Schichtvolumens;
$V_{sto;tot}$	[L]	das Gesamtvolumen des Speichers.

Die 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 $H_{sto;ls}$ auf Grundlage eines Referenzwerts für die täglichen Wärmeverluste

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

Dabei ist

$Q_{stby;ls;ref}$	[kWh/24 h]	der Wärmeverlust im Bereitschaftszustand unter Normbedingungen;
$\vartheta_{sto;set;ref}$	[°C]	die Wassertemperatur im Speicher unter genormten Bedingungen;
$\vartheta_{amb;ref}$	[°C]	die Umgebungstemperatur für die genormten Bedingungen.

Sofern unbekannt, kann der entsprechende Wert in W/K gemäß den verschiedenen Speicherarten, auf Grundlage der in Tabelle B.7 angegebenen Daten, mithilfe von Gleichung (4) berechnet werden.

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

Für jede Schicht wird $H_{sto;ls,i}$ anhand der Gleichung (5) auf Grundlage der in Tabelle B.5 angegebenen Daten berechnet.

$$H_{sto,ls,i} = \begin{cases} \frac{D}{4} + f_{vol,i} \cdot H & \text{für die obersten Schichten} \\ \frac{D}{2} + H & \text{für alle anderen Schichten} \end{cases} \quad (5)$$

Dabei ist

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

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

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.12	JA
Verbindung mehrerer Speichereinheiten	STO_MCONN	Siehe Tabelle B.13	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	veränderlich
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 des Speichers	$\vartheta_{sto;amb}$	°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 (Thermosiphon-Zirkulation berücksichtigen)	$H_{sto;add;ls,i}$	W/K	[0: + ∞]	lokal	NEIN

ANMERKUNG $Q_{W;sto;out;req}$ 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.11 angegeben.

Standarddaten zum Korrekturfaktor für die Wärmeverluste an Verbindungsrohren $f_{sto;conn;ls,i}$ sind in Tabelle B.9 angegeben.

Sofern unbekannt, werden zusätzliche Wärmeverluste für Verbindungen unter Berücksichtigung der Thermosiphon-Zirkulation nach Gleichung (6), auf Grundlage der in Tabelle B.10 angegebenen Werte, berechnet.

$$H_{sto;add;ls} = \psi_{sto;add;ls} \cdot L \quad (6)$$

Dabei ist

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

L [m] Gesamtlänge der Rohre.

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 wird nach Modul M3-1 und M8-1 berechnet.

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, Verlusten der Verbindungsrohre und mit diesen verbundenem Zubehör sowie zusätzlichen Verlusten unter Berücksichtigung der Thermosiphon-Zirkulation (falls kein Siphon installiert ist).

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.

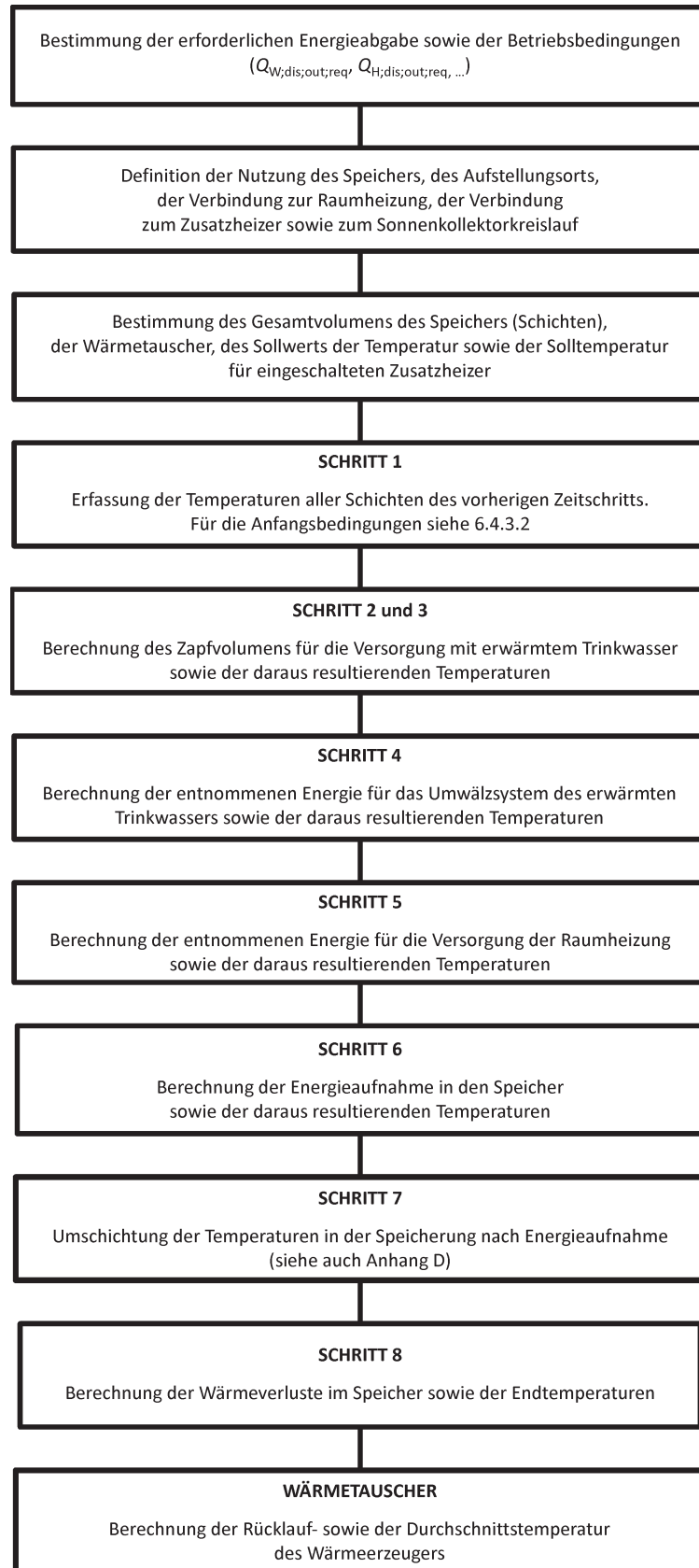


Bild 3 — Ablaufdiagramm des Berechnungsverfahrens- Verfahren A

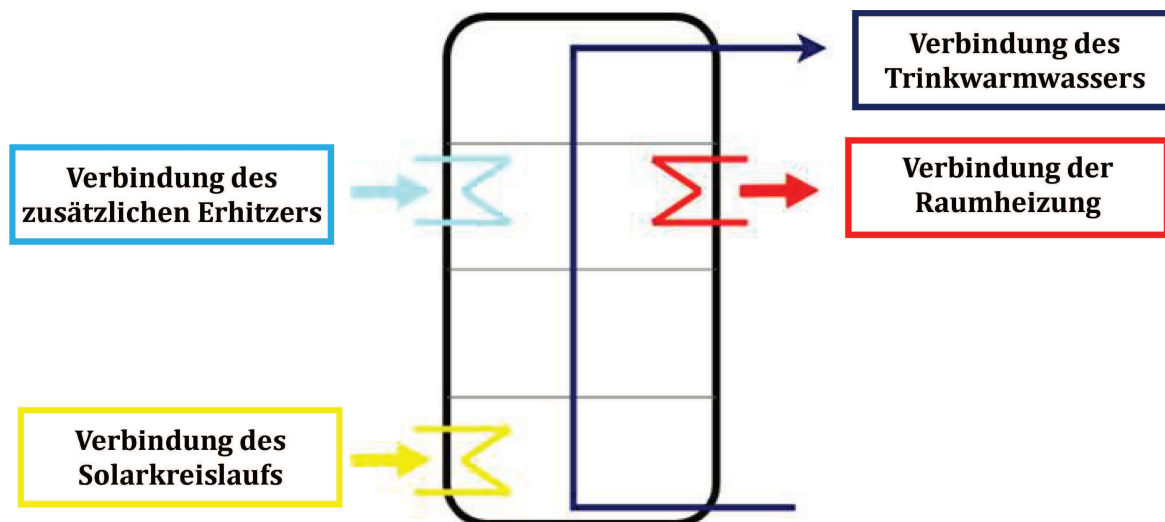


Bild 4 — Graphische Darstellung eines mathematischen Speichermodul-Modells (Verfahren A)

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 den Modulen M3-8-3 und 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.

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

ANMERKUNG 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 Volumina (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 1 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

$$Q_{sto;W;vol,i} = \frac{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{W;cold})}{1\,000\,000} \quad (7)$$

Dabei ist

ρ_w	[kg/m ³]	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

$$Q_{sto;W;vol,i;ubl} = \begin{cases} Q_{sto;W;vol,i} & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,i} \geq \vartheta_{W;out,min} \\ 0 & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,i} < \vartheta_{W;out,min} \end{cases} \quad (8)$$

Für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser gespeicherte nutzbare Gesamtenergie

$$Q_{sto;W;ubl} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} Q_{sto;W;vol,i;ubl} \quad (9)$$

An das Verteilsystem des erwärmten Trinkwassers gelieferte Energie

$$Q_{W;sto;out} = \min(Q_{W;sto;out;req}; Q_{sto;W;ubl}) \quad (10)$$

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

$$Q_{W;sto;out;vol,i,max} = \begin{cases} Q_{W;sto;out} & \text{wenn } i = N_{vol} \\ Q_{W;sto;out;vol,i+1,max} - Q_{W;sto;out;vol,i+1} & \text{wenn } i = [1, N_{vol} - 1] \end{cases} \quad (11)$$

Von jeder Schicht an das Verteilsystem des erwärmten Trinkwassers gelieferte Energie

$$Q_{W;sto;out;vol,i} = \min(Q_{W;sto;out;vol,i,max}; Q_{sto;W;vol,i;ubl}) \quad (12)$$

ANMERKUNG 2 Die Gleichungen (11 - 12) werden beginnend mit $i = N_{vol}$ Schicht für Schicht gelöst.

Entnommenes Volumen (Beitrag jeder Schicht)

$$V_{sto;use;W;vol,i} = \frac{Q_{W;sto;out;vol,i} \cdot 1\,000\,000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{W;cold})} \quad (13)$$

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

$$V_{sto;use;W} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} V_{sto;use;W;vol,i} \quad (14)$$

Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (sofern verfügbar)

$$Q_{W;sto;nsup} = Q_{W;sto;out;req} - Q_{W;sto;out} \quad (15)$$

ANMERKUNG 3 Im Falle von $Q_{W;sto;nsup} \leq \sum P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ wird die Verwendung eines kürzeren Berechnungszeitschritts empfohlen, um die gleichzeitige Energieaufnahme von dem/den Erhitzer(n) zu berücksichtigen. Ein anderer Ansatz besteht in der Anpassung des in Verfahren B beschriebenen Berechnungsverfahrens (siehe Gleichungen (45 - 48)).

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 ($j = [1, N_{vol}]$)

$$V_{sto;vol,j} = \begin{cases} V_{sto;use,W} & \text{wenn } j = 0 \\ V_{vol,j} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (16)$$

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

$$V_{sto;vol,k;nd,j} = \begin{cases} V_{sto;vol,k} & \text{wenn } j = 0 \\ V_{sto;vol,k;nd,j-1} - V_{vol,j;vol,k} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (17)$$

Volumens des Wassers, das durch die Schichtgrenzen kommt

$$V_{vol,j;vol,k} = \begin{cases} \min(V_{vol,j}; V_{sto;vol,k;nd,j}) & \text{wenn } k = 1 \\ \min\left(V_{vol,j} - \sum_{i=1}^{k-1} V_{vol,j;vol,i}; V_{sto;vol,k;nd,j}\right) & \text{wenn } k = [2, N_{vol}] \end{cases} \quad (18)$$

Temperatur jeder Schicht vor Verwendung des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_j = \begin{cases} \vartheta_{W;enter} & \text{wenn } j = 0 \\ \vartheta_{sto;vol,j} & \text{wenn } j = [1, N_{vol}] \end{cases} \quad (19)$$

Temperatur jeder Schicht nach Verwendung des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_{sto;vol,k} = \frac{\sum_{j=0}^{N_{vol}} V_{vol,j;vol,k} \cdot \vartheta_j}{V_{vol,j;vol,k}} \quad (20)$$

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 obersten 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.

Durch die Energieübertragung an den Umwälzkreislauf des Trinkwarmwassers ausgelöster Temperaturunterschied

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,i} = \begin{cases} \frac{Q_{W;dis;ncons} \cdot 1\,000\,000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i}} & \text{wenn } i = N_{vol} \\ 0 & \text{wenn } i \neq N_{vol} \end{cases} \quad (21)$$

Temperatur jeder Schicht nach Energieentnahme für das Umwälzsystem des Trinkwarmwassers

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (22)$$

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

$$Q_{sto;H;vol,i} = \max\left(\frac{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{H;out,min})}{1\,000\,000}; 0\right) \quad (23)$$

In jeder Schicht für die Raumheizung gespeicherte nutzbare Energie

$$Q_{sto;H;vol,i;ubl} = \begin{cases} Q_{sto;H;vol,i} & \text{wenn } i \leq N_{vol,sh} \\ 0 & \text{wenn } i > N_{vol,sh} \end{cases} \quad (24)$$

Für die Raumheizung gespeicherte nutzbare Gesamtenergie

$$Q_{sto;H;ubl} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} Q_{sto;H;vol,i;ubl} \quad (25)$$

An das Verteilsystem der Raumheizung gelieferte Energie

$$Q_{H;sto;out} = \min(Q_{H;sto;out;req}; Q_{sto;H;ubl} + P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}) \quad (26)$$

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 (26) steht $P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ für die Maximalenergie, die während des Berechnungszeitschritts 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).

ANMERKUNG 6 Falls die gleichzeitige Energieaufnahme mithilfe eines kürzeren Zeitschritts berücksichtigt wird, kann $P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}$ aus der Gleichung (26) ausgeschlossen werden.

Durch die Energieübertragung an das Verteilsystem der Raumheizung ausgelöster Temperaturunterschied

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,i} = \begin{cases} \frac{Q_{H;sto;out} \cdot 1\,000\,000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i}} & \text{wenn } i = N_{vol,sh} \\ 0 & \text{wenn } i \neq N_{vol,sh} \end{cases} \quad (27)$$

Temperatur jeder Lage nach der Energieentnahme für die Raumheizung

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (28)$$

Von anderen Systemen auszugleichende Energiemängel (sofern verfügbar)

$$Q_{H;sto;nsup} = Q_{H;sto;out} - Q_{H;sto;out} \quad (29)$$

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 entsprechend der Module M3-8-3 und 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

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,1} = \frac{Q_{H;sto;sol;in;vol,1} \cdot 1\,000\,000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,1}} \quad (30)$$

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

$$Q_{H;sto;nd;in;vol,i} = \begin{cases} \frac{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,i} \cdot (\vartheta_{sto;set,on} - \vartheta_{sto;vol,i})}{1\,000\,000} & \text{wenn } i \geq N_{vol,bu} \\ 0 & \text{wenn } i = [2, N_{vol,bu}] \end{cases} \quad (31)$$

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)

$$Q_{H;sto;bu;in;nd} = \begin{cases} \max\left(\sum_{i=2}^{N_{vol}} Q_{H;sto;nd;in;vol,i}; 0\right) & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,N_{vol,bu}} \leq \vartheta_{sto;set,on;bu} \\ 0 & \text{wenn } \vartheta_{sto;vol,N_{vol,bu}} > \vartheta_{sto;set,on;bu} \end{cases} \quad (32)$$

ANMERKUNG 4 Es wird davon ausgegangen, dass der/die Erhitzer im Modus „EIN/AUS“ arbeiten und nur nach der Energieübertragung auf EIN geschaltet wird/werden.

Energiezuführung von dem/den Erhitzer(n) an den Speicher

$$Q_{H;sto;bu;in;vol,N_{vol,bu}} = \min(Q_{H;sto;bu;in;nd}; P_{sto;H;bu,i} \cdot t_{ci}) \quad (33)$$

Temperaturanstieg nach der Energiezuführung durch den/die Erhitzer

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,N_{vol,bu}} = \frac{Q_{H;sto;bu;in;vol,N_{vol,bu}} \cdot 1\,000\,000}{\rho_w \cdot C_{p;w} \cdot V_{sto;vol,N_{vol,bu}}} \quad (34)$$

Temperatur jeder Schicht nach der Energiezuführung durch den/die Erhitzer

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (35)$$

ANMERKUNG 5 Falls die Erhitzer in unterschiedlichen Schichten angebracht sind, sollten die Gleichungen (30 - 35) für jeden Erhitzer einzeln berechnet werden, wobei zudem die Priorität des Erhitzerbetrieb zu berücksichtigen ist (Tabelle B.8).

6.4.3.8 Schritt 7 – Umschichtung der Temperaturen in der Speicherung nach Energieaufnahme

Ist die Temperatur des Volumens i höher als die des darüber liegenden Volumens, so werden beide Volumina zusammengeführt. Dieser iterative Prozess wird so lange fortgeführt, bis die Temperatur des Volumens i kleiner oder gleich der Temperatur des Volumens i+1 ist.

Wenn $\vartheta_{sto;vol,i} > \vartheta_{sto;vol,i+1}$, dann gilt:

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i+1} = \frac{\vartheta_{sto;vol,i} \cdot V_{sto;vol,i} + \vartheta_{sto;vol,i+1} \cdot V_{sto;vol,i+1}}{V_{sto;vol,i} + V_{sto;vol,i+1}} \quad (36)$$

ANMERKUNG 1 Ein alternativer Ansatz zur Vermeidung des iterativen Berechnungsverfahrens wird in Anhang C beschrieben.

ANMERKUNG 2 Um ein mögliches Überhitzen wenn der Solarkreislauf und der/die Erhitzer eingeschaltet sind zu vermeiden, sollten die Temperaturen nach jeder Energieaufnahme neu geordnet werden. Dies sollte auch beim Gebrauch mehrerer zusätzlicher Erhitzer übernommen werden (um die Priorität der Erhitzer angemessen zu berücksichtigen).

6.4.3.9 Schritt 8 – Wärmeverluste und Endtemperatur

Die Wärmeverluste jeder Schicht

$$Q_{sto;ls;vol,i} = (f_{sto;conn;ls,i} \cdot H_{sto;ls,i} + H_{sto;add;ls,i}) \cdot (\vartheta_{sto;vol,i} - \vartheta_{sto;amb}) \quad (37)$$

Dabei ist

$f_{sto;conn;ls}$	[-]	der Faktor zur Anpassung der Wärmeverluste aufgrund der Verbindungsrohre zum Speicher;
$H_{sto;add;ls,i}$	[W/K]	der zusätzliche Wärmeverlust, der das Vorhandensein von Thermosiphon-Zirkulation berücksichtigt.

ANMERKUNG 1 Im detaillierten Ansatz und sollte für jede Verbindung festgelegt werden.

Gesamtwärmeverluste

$$Q_{sto;ls} = \sum_{i=1}^{N_{vol}} Q_{sto;ls;vol,i}; \quad (38)$$

Der Endwert der Temperatur wird aufgrund der Wirkung der Wärmeverluste verringert.

Die durch die Wärmeverluste bedingte Temperaturschwankung in jeder Schicht

$$\Delta\vartheta_{sto;vol,i} = \frac{Q_{sto;ls;vol,i} \cdot 1\,000\,000}{P_w \cdot C_{p,w} \cdot V_{sto;vol,i}} \quad (39)$$

Endtemperatur jeder Schicht

$$\vartheta_{sto;vol,i} = \vartheta_{sto;vol,i} - \Delta\vartheta_{sto;vol,i} \quad (40)$$

6.4.3.10 Wärmetauscher

Die allgemeine Formel für die Berechnung des Wärmetauschers wird in Gleichung (41) angegeben

$$\Delta\vartheta_{exh} = \frac{Q_{exh} \cdot 1\,000}{H_{exh} \cdot t_{ci}} \quad (41)$$

Dabei ist

Q_{exh} die vom Wärmetauscher übertragene Wärme, in [kWh];

t_{ci} der Zeitschritt der Berechnung, in [h];

H_{exh} die Wärmeübertragungsrate des Wärmetauschers, in [W/K].

ANMERKUNG 1 Eine Wärmeübertragungsrate des Wärmetauschers gleich null ist nicht zulässig. Eine Wärmeübertragungsrate mit einem (relativ) hohen Wert beschreibt effektiv einen Zustand ohne Wärmetauscher (direkte Verbindung).

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren kann sowohl bei einem integrierten als auch bei einem externen Wärmetauscher eingesetzt werden.

In den folgenden Kapiteln werden spezifische Fälle für die Temperaturberechnung des Wärmetauschers beschrieben.

6.4.3.10.1 Wärmetauscher des Solarkreislaufs

Die Einlasstemperatur des Kollektorkreislaufs wird mit Gleichung (42) beschrieben