

Warmwasser im Gewerbe

Handbuch zu Warmwasserbereitungssystemen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Grundlagen der Warmwasserversorgung im Gewerbe	4
2.1 Energierechtliche Anforderungen	4
2.2 Energetische Bewertung: Berechnungsverfahren DIN V 18599	8
2.3 Auslegung von Warmwasserbereitungssystemen	11
2.4 Hygieneanforderungen	13
3. Trinkwassererwärmung im Nichtwohngebäude	15
3.1 Einteilung Trinkwassererwärmungssysteme	15
3.2 Indirekt beheizte Trinkwasserspeicher	16
3.3 Trinkwassererwärmung mit Pufferspeicher und Durchlauf-Wärmeübertrager	17
3.4 Solarthermische Trinkwassererwärmung	18
3.5 Direkt gasbeheizte Erwärmungssysteme: Speicher und Durchlauferhitzer	20
3.6 Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser	21
3.7 Warmwasserverteilung	22
4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	24
5. Planungsvorbereitung	27
Anhang 1 Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl)	29
Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)	30
Anhang 3 Literaturverzeichnis	32
Anhang 4 Bildnachweis	34

1. Einleitung

Der Warmwasserbedarf und die Trinkwassererwärmung in Nichtwohngebäuden sind von der Gebäudeart und insbesondere von der Nutzung abhängig. Auf Grund der verschiedenen Nutzungsarten und des damit verbundenen unterschiedlichen Warmwasserbedarfs gewerblicher Bauten kommen verschiedenste Warmwasserbereitungssysteme zum Einsatz. Energetische Anforderungen an Heizungs- und Warmwassersysteme in Nichtwohngebäuden stellen die Energieeinsparverordnung [1] und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz [2]. Weiterhin bedingen Hygieneanforderungen eine genaue Planung des Warmwasserbereitungssystems.

Anlagensysteme zur Heizung, Kühlung und Warmwasserbereitung mit Erdgas als Energieträger sind im Gewerbe weit verbreitet. Beschreibungen typischer Heizungssysteme sind beispielsweise in den Broschüren „Heizung im Gewerbe“, „Strahlungsheizung, Erdgas-Infrartheizsysteme“ und „Warmluftheizung“ zu finden. Im vorliegenden Handbuch werden Trinkwassererwärmungssysteme mit Erdgas als Energieträger für Gewerbebauten näher beschrieben.

2. Grundlagen der Warmwasserversorgung im Gewerbe

2.1 Energierechtliche Anforderungen

Anforderungen an die energetische Qualität und die Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs in Wohn- und Nichtwohngebäuden werden in der Energieeinsparverordnung und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz formuliert. Das EE-WärmeG verweist auf die technischen Regeln, die auch für den EnEV-Nachweis anzuwenden sind, d. h., die Anteile am Wärmeenergiebedarf werden mit den gleichen Normen berechnet wie der Primärenergiebedarf nach EnEV.

verordnung werden konkrete Anforderungen an die energetische Qualität von Wohn- und Nichtwohngebäuden formuliert, welche errichtet, erweitert oder modernisiert werden. Die aktuelle Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) trat am 01.05.2014 in Kraft. Gewerblich genutzte Gebäude fallen unter die Kategorie Nichtwohngebäude. § 1 EnEV formuliert den Geltungsbereich bzw. Ausnahmen davon, welche beispielsweise für gewerbliche Gebäude zur Aufzucht und Haltung von Tieren, für kirchliche Gebäude oder für gewerbliche Gebäude mit Innentemperaturen kleiner 12 °C gelten.

Energieeinsparverordnung - EnEV [1]

Die Energieeinsparverordnung - EnEV - ist die Umsetzung der EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [3] in nationales Recht. Durch die Energieeinspar-

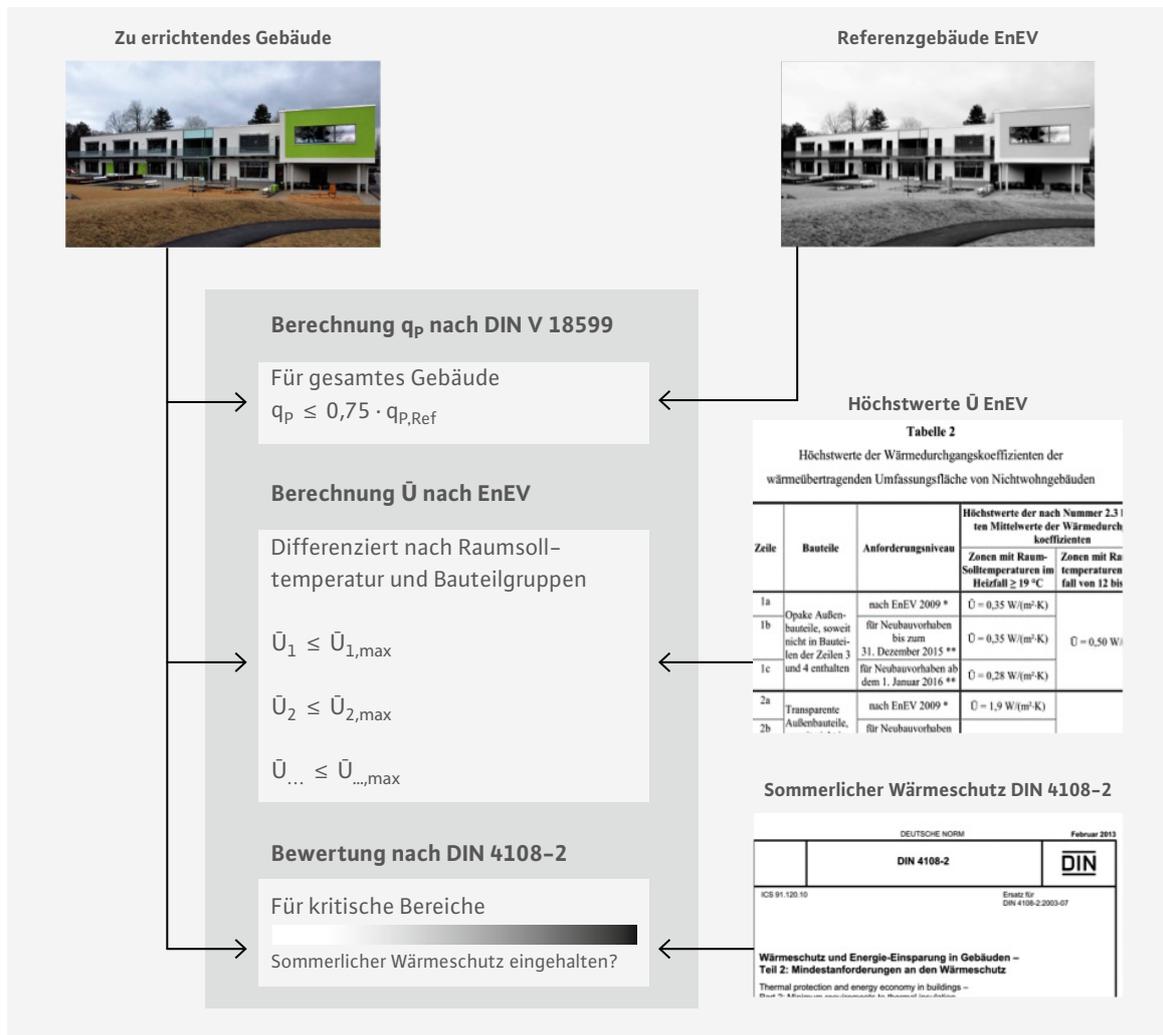


Abbildung 1: Wesentliche EnEV-Anforderungen für Nichtwohngebäude (Neubau)

Hauptanforderungsgröße ist der Jahres-Primärenergiebedarf q_p für Heizung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung, Lüftung und Kühlung sowie für den baulichen Wärmeschutz. Der Primärenergiebedarfsanforderungswert wird auf dem Wege des Referenzgebäude-Verfahrens (§ 4 Nr. 1 EnEV 2014) individuell für das zu beurteilende Gebäude bestimmt. Bauvorhaben ab 01.01.2016 müssen den Referenzwert um mindestens 25 % unterschreiten. Für die wärmeübertragende Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden gelten Höchstwerte für den Mittelwert der Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U} je Bauteilgruppe. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs von Nichtwohngebäuden erfolgt nach DIN V 18599: 2011-12 [4].

Weitere technische Nebenanforderungen gelten bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes, der Vermeidung

von Wärmebrücken, der Gebäudedichtheit und technischer Details der Anlagentechnik sowie der Wartung von Anlagenkomponenten.

Weiterhin stellt die EnEV Anforderungen an die Modernisierung von Nichtwohngebäuden. Änderungen sind so auszuführen, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der betroffenen Flächen für die Außenbauteile festgelegte Höchstwerte nicht überschreiten. Alternativ gilt die Anforderung als erfüllt, wenn das geänderte Nichtwohngebäude den Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes und die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche um nicht mehr als 40 % überschreitet. Im Modernisierungsfall erfolgt keine Verminderung des Referenzwertes um 25 %.

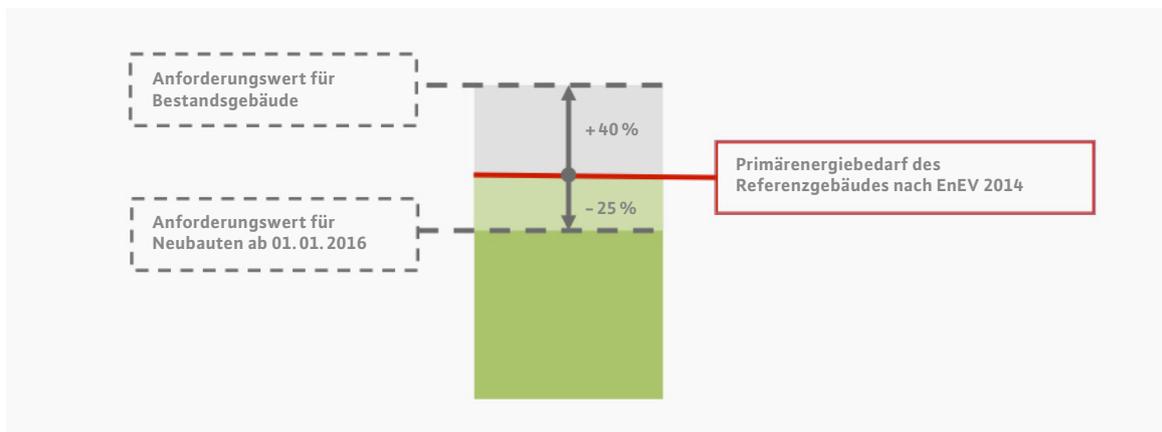


Abbildung 2: EnEV-Anforderungswert Primärenergiebedarf für Neubau und Bestand

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (2011) [2]

Das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) ist die nationale Umsetzung der Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen [5]. Es regelt die praktische Anwendung der Pflicht zum Einsatz Erneuerbarer Energien (EE) bei der Errichtung von Gebäuden und der grundlegenden Modernisierung öffentlicher Gebäude in Deutschland. Hierbei formuliert es notwendige Deckungsanteile Erneuerbarer Energien am Wärme- und Kältebedarf¹ der Gebäude und die Form ihrer Erfüllung.

Erfüllungsmöglichkeiten des EEWärmeG beim Neubau von Nichtwohngebäuden enthält Tabelle 1.

Öffentliche Gebäude

Nach Vorgabe der EU-Richtlinie kommt öffentlichen Gebäuden eine besondere Vorbildfunktion im Rahmen des Klimaschutzes und der Förderung von Technologien zur

Erzeugung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien zu. Mit dem EEWärmeG werden daher auch Anforderungen an öffentliche Gebäude bei einer grundlegenden Renovierung gestellt. Als öffentliche Gebäude gelten alle Nichtwohngebäude, welche sich im Eigentum oder Besitz² der öffentlichen Hand (Bund, Länder und Gemeinden) befinden. Eine grundlegende Renovierung liegt vor, wenn an einem Gebäude in einem zeitlichen Zusammenhang von höchstens zwei Jahren:

- » der Heizkessel ausgetauscht oder die Heizungsanlage auf einen anderen fossilen Energieträger umgestellt wird **und**
- » mehr als 20 % der Gebäudeoberfläche renoviert werden.

Optionen zur Erfüllung des EEWärmeG bei einer grundsätzlichen Renovierung öffentlicher Gebäude sind in Tabelle 2 angegeben.

¹ Wärme- und Kälteenergiebedarf: Erzeugernutzwärmeabgabe (Summe aus Nutzenergie, Übergabe-, Verteil- und Speicherlusten).

² Besitz: gemietete oder gepachtete Gebäude.

EEWärmeG-Erfüllungsoptionen beim Neubau von Nichtwohngebäuden		
Erfüllung EEWärmeG zu 100 %	Einschränkungen / zusätzliche Anforderungen	
Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs		
Solare Strahlungsenergie	15 %	Zertifizierung der Kollektoren: „Solar Keymark“
Feste Biomasse	50 %	Einhaltung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen und Mindestwert Kesselwirkungsgrad
Flüssige Biomasse	50 %	Erfüllung Nachhaltigkeitsverordnung und Einsatz mit Brennwertkessel
Gasförmige Biomasse	30 %	Nutzung nur in KWK-Anlagen (+ Anforderungen KWK) und Einhaltung von Nachhaltigkeitsforderungen
Geothermie und Umweltwärme	50 %	Wärmemengen- und „Stromzähler“ und Mindestwerte JAZ
Kälte aus Erneuerbaren Energien	entsprechend der Anteile EE	<ul style="list-style-type: none"> · Technisch nutzbar gemachte Kälte · Deckung des Kältebedarfs für Raumkühlung · Erzeugung der Kälte, Rückkühlung und Verteilung mit bester verfügbarer Technik
Ersatzmaßnahmen zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs		
Anlagen zur Nutzung von Abwärme	50 %	<ul style="list-style-type: none"> · Bei Nutzung mit Wärmepumpen: Anforderungen wie bei Geothermie und Umweltwärme · Bei Nutzung mit Wärmeübertrager in zentraler Lüftungsanlage: Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) $\geq 70\%$ und Leistungszahl ≥ 10 (Begriffsdefinition: Die Leistungszahl ist das Verhältnis zwischen Abwärmenutzung [kW] und Stromeinsatz bei der WRG [kW].) · Sonstige Nutzung: nach Stand der Technik
KWK-Anlagen	50 %	Nutzung hocheffizienter Anlagen: Primärenergieeinsparung gegenüber getrennter Erzeugung von Wärme und Elektroenergie
Maßnahmen zur Einsparung von Energie	-15 %	bezogen auf Anforderungen der EnEV $q_p \leq 0,85 \cdot q_{p,Ref}$ und $\dot{U} \leq 0,85 \cdot \dot{U}_{max}$
	-15 % / -30 %	Öffentliche Gebäude: $q_p \leq 0,85 \cdot q_{p,Ref}$ und $\dot{U} \leq 0,70 \cdot \dot{U}_{max}$
Nah-/Fernwärme, anteilig aus Erneuerbaren Energien		Nah-/Fernwärmeerzeugung gemäß oben stehenden Maßnahmen und Anforderungen

Tabelle 1: Erfüllungsoptionen EEWärmeG Nichtwohngebäude: Neubau [2]

EEWärmeG-Erfüllungsoptionen bei der Renovierung öffentlicher Gebäude		
Erfüllung EEWärmeG zu 100 %	Einschränkungen / zusätzliche Anforderungen	
Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs		
Solare Strahlungsenergie	15 %	Zertifizierung der Kollektoren: „Solar Keymark“ Alternativ bei öffentlichen Gebäuden: Bereitstellung der Dachfläche für Dritte, Mindest-Kollektorfläche 0,06 m ² je m ² Nutzfläche des versorgten Gebäudes, keine Nutzung zur Pflichterfüllung EEWärmeG durch versorgten Dritten
Feste Biomasse	15 %	Einhaltung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen und Mindestwert Kesselwirkungsgrad
Flüssige Biomasse	15 %	Erfüllung Nachhaltigkeitsverordnung und Einsatz mit Brennwertkessel
Gasförmige Biomasse mit KWK	15 %	Nutzung nur in KWK-Anlagen (+ Anforderungen KWK) und Einhaltung von Nachhaltigkeitsforderungen
Gasförmige Biomasse mit Brennwertkesseln	25 %	Nutzung in einem Heizkessel mit bester verfügbarer Technik
Geothermie und Umweltwärme	15 %	Wärmemengen- und „Stromzähler“ und Mindestwerte JAZ (um 0,2 vermindert gegenüber Neubauanforderungen)
Kälte aus Erneuerbaren Energien	entsprechend der Anteile EE	<ul style="list-style-type: none"> · Technisch nutzbar gemachte Kälte · Deckung des Kältebedarfs für Raumkühlung · Erzeugung der Kälte, Rückkühlung und Verteilung mit bester verfügbarer Technik
Ersatzmaßnahmen zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs		
Anlagen zur Nutzung	50 %	<ul style="list-style-type: none"> · Bei Nutzung mit Wärmepumpen: Anforderungen wie bei Geothermie und Umweltwärme Mindestwerte JAZ (um 0,2 vermindert gegenüber Neubauanforderungen) · Bei Nutzung mit Wärmeübertrager in zentraler Lüftungsanlage: Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) $\geq 70\%$ und Leistungszahl ≥ 10 (Begriffsdefinition: Die Leistungszahl ist das Verhältnis zwischen Abwärmennutzung [kW] und Stromeinsatz bei der WRG [kW].) · Sonstige Nutzung: nach Stand der Technik
KWK-Anlagen	50 %	Nutzung hocheffizienter Anlagen: Primärenergieeinsparung gegenüber getrennter Erzeugung von Wärme und Elektroenergie
Maßnahmen zur Einsparung von Energie	-20 %	bezogen auf Anforderungen der EnEV bei Modernisierung an die Dämmung der Gebäudehülle $\bar{U} \leq 0,80 \cdot 1,40 \cdot \bar{U}_{\max}$ Alternativ: Erfüllung der Anforderungen der EnEV an den Neubau
Nah-/Fernwärme, anteilig aus Erneuerbaren Energien		Nah-/Fernwärmeerzeugung gemäß oben stehenden Maßnahmen und Anforderungen

Tabelle 2: Erfüllungsoptionen EEWärmeG Nichtwohngebäude: Renovierung öffentlicher Gebäude

Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können untereinander und miteinander kombiniert werden. Dabei müssen die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen Erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen im Verhältnis zu der vorgesehenen Nutzung in der Summe einen Erfüllungsgrad von ≥ 1 bzw. $\geq 100\%$ ergeben.

$$\text{Erfüllungsgrad} = \sum_{\text{alle genutzten Optionen } i} \frac{\text{Deckungsanteil}_{i,IST}}{\text{Deckungsanteil}_{i,100\%}}$$

Für die Einhaltung des EEWärmeG gelten je nach gewählter Option zur Erfüllung der Nutzungspflicht unterschiedliche Nachweise.

Folgende Erfüllungsmöglichkeiten bei einer Warmwasserbereitung in Verbindung mit Gas-Wärmeerzeugern in gewerblichen Objekten sind beispielsweise denkbar:

- » Gaskessel in Verbindung mit solarer Trinkwassererwärmung und ggf. Heizungsunterstützung
- » Gaswärmepumpen mit indirekt beheiztem Speicher
- » Kraft-Wärmekopplungsanlagen mit indirekt beheiztem Speicher.

2.2 Energetische Bewertung:

Berechnungsverfahren DIN V 18599

Die Vornormenreihe DIN V 18599 [4] beschreibt ein Verfahren zur energetischen Bewertung des Energiebedarfs von Gebäuden für Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnische Konditionierung und Beleuchtung unter definierten Nutzungsbedingungen. Das Verfahren berücksichtigt die wesentlichen

- » bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes,
- » energetisch relevanten Parameter der Anlagentechnik zur Konditionierung des Gebäudes
- » Randbedingungen der Nutzung und
- » solaren und internen Gewinne.

Mit dem universellen Verfahren können

- » Wohn- und Nichtwohngebäude jeweils als
- » Neubauten oder auch Bestandsgebäude
- » mit marktüblichen Konditionierungssystemen abgebildet werden.

Bei Energiebedarfsberechnungen für Nichtwohngebäude im Rahmen der Energieausweiserstellung nach EnEV muss das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 angewendet werden. Da der Nachweis der Einhaltung des EEWärmeG sich wesentlich auf Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung nach EnEV stützt, ist die DIN V 18599 auch für diesen Nachweis bei Nichtwohngebäuden i. d. R. unabdingbar.

Im Rahmen des Nachweisverfahrens nach EnEV ist für eine Vergleichbarkeit der Energiebedarfswerte ein fest definiertes Referenzklima anzusetzen. Im Zuge von

Energieberatungen, welche nicht zwingend an sämtliche Vorgaben der EnEV gebunden sind, können individuelle Klimadaten herangezogen werden.

Die Normenreihe umfasst 11 Normenteile:

- Teil 1 Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3 Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
- Teil 4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5 Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6 Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau
- Teil 7 Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- Teil 8 Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9 End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
- Teil 10 Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- Teil 11 Gebäudeautomation

Die Energiebilanzierung nach DIN V 18599 beginnt auf der Nutzenseite mit der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für Heizung, Kühlung Lüftung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. In der weiteren Berechnung werden diesem jeweils Energieverluste durch die Anlagentechnik in den Teilbereichen Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung aufgeschlagen. Im Ergebnis erhält man den Endenergiebedarf und den Hilfsenergieaufwand des Gebäudes. Mittels Primärenergiefaktoren erfolgt die Bewertung der Bereitstellung der Energieträger bis zur Gebäudegrenze.

Das Verfahren berücksichtigt durch einen iterativen Ansatz auch, dass sich Energieverluste der Anlagentechnik als unregelmäßige Energieeinträge in der Nutzenergiebilanz bemerkbar machen können, z. B. wenn Wärmeverteilungen im zu beheizenden Bereich verlegt sind und diesen somit anteilig beheizen.

Energiefluss und Berechnungsgang zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599 für Heizung sind in Abbildung 3 dargestellt.

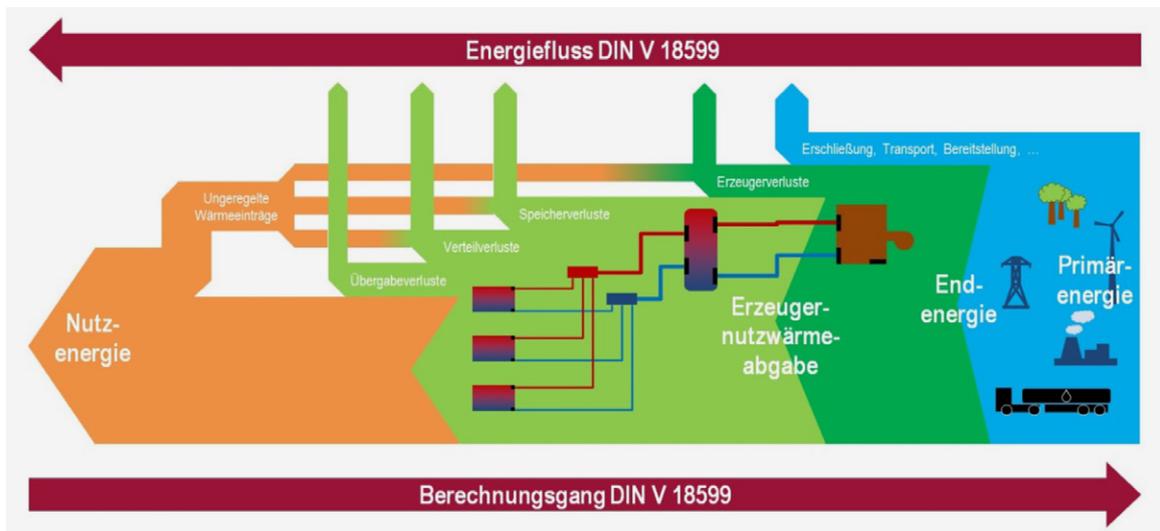


Abbildung 3: Energiefluss zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599

Nichtwohngebäude bzw. Teile des Gebäudes unterscheiden sich bezüglich der Nutzungs- und Betriebszeiten, der Beleuchtung, des Raumklimas und der Wärmequellen. Bei der Berechnung des Energiebedarfs von Nichtwohngebäuden erfolgt daher i. d. R. eine Unterteilung des Gebäudes in mehrere Zonen. Ziel der Zonierung ist, Gebäudebereiche zusammenzufassen, für die sich ähnliche Nutzenergiemengen bzw. ähnliche Wärmequellen/Wärmesenken ergeben. Die Zonierung erfolgt nach folgenden Merkmalen in der angegebenen Reihenfolge:

1. Nutzung
2. Art der technischen Konditionierung
3. weitere zusätzliche Zonenteilungskriterien, insbesondere bei gekühlten Räumen.

Die im Gewerbe benötigten Warmwassermengen (Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser) sind in Abhängigkeit von der Nutzungsart, der Nutzungsdauer und dem Ausstattungsgrad sehr unterschiedlich. Weiterhin ist der Wasserverbrauch zeitlichen Schwankungen unterworfen, so bedingen Stoßzeiten einen hohen Spitzenverbrauch in kurzen Zeitabschnitten. Deshalb werden beispielsweise in Fabriken am Ende der Arbeitszeit kurzfristig hohe Warmwassermengen benötigt. Wie oft pro Tag ein Spitzenverbrauch auftritt, wird mit der Anzahl der Spitzenzapfungen angegeben. Richtwerte für den Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser in kWh je Bezugsgröße für Nichtwohngebäude entsprechend DIN V 18599 enthält Tabelle 3.

Nutzung	jährliche Nutzungstage	Anzahl Spitzenzapfungen/Tag	Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser	Bezug	
Bürogebäude	250 d	1	0,4 kWh	je Person und Tag	
Krankenhaus/Bettzimmer	365 d	1	6,0 kWh	je Bett und Tag	
Schule	ohne Dusche	200 d	1	0,4 kWh	je Schüler und Tag
	mit Dusche	200 d	2	1,5 kWh	je Schüler und Tag
Sportanlage mit Duschanlage	250 d	1	1,8 kWh	je Sportler und Tag	
Einzelhandel/Kaufhaus	300 d	1	1,0 kWh	je Beschäftigten und Tag	
Restaurant/Gaststätte	300 d	1	1,1 kWh	je Person und Tag	
Kaserne	365 d	2	1,8 kWh	je Person und Tag	
Bäckerei	230 d	1	5,0 kWh	je Beschäftigten und Tag	
Friseur	300 d	1	6,0 kWh	je Beschäftigten und Tag	
Fleischerei mit Produktion	230 d	1	18,0 kWh	je Beschäftigten und Tag	
Wäscherei	230 d	1	20,0 kWh	je 100 kg Wäsche	
Molkerei	230 d	1	10,0 kWh	je 100 Liter Milch	
Brauerei	230 d	1	15,0 kWh	je 100 Liter Bier	
Hotel	einfach	2	1,9 kWh	je Bett und Tag	
	mittel	365 d	2	3,5 kWh	je Bett und Tag
	Luxus	2	5,5 kWh	je Bett und Tag	
Werkstatt, Industriebetrieb für Waschen und Duschen	230 d	2	1,8 kWh	je Beschäftigten und Tag	

Tabelle 3: Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser in Abhängigkeit von der gewerblichen Nutzung [4]

2.3 Auslegung von Warmwasserbereitungssystemen

Die Auslegung von Warmwasserbereitungssystemen erfolgt nach der europäischen Norm prEN 12831-3:2014 [6]. Diese Norm beschreibt ein Verfahren zur Berechnung der Leistung und des Speichervolumens für die Bemessung von Anlagen zur Trinkwassererwärmung. Der Anwendungsbereich erstreckt sich auf direkte Trinkwassererwärmer (kein Speichervolumen) und Speicheranlagen. Die Norm liegt bisher als Entwurf vor, ein Erscheinen als DIN EN ist für Mitte 2017 angekündigt.

Verfahren zur Ermittlung der Leistung und des Speichervolumens zur Trinkwassererwärmung

Es werden die kumulierten Kennlinien für den Energiebedarf (Bedarfskennlinie) über einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 24 h) sowie für die Energieversorgung durch die Anlage (Versorgungskennlinie) zur Trinkwassererwärmung gegenübergestellt. Der Zeitschritt für beide Kennlinien beträgt nach Norm 1 Minute, es können jedoch auch andere Zeitschritte verwendet werden (z. B.: 1 Stunde). Das graphische Verfahren wird als Summenkennlinien-Verfahren bezeichnet. Durch den Vergleich beider Kennlinien werden die Größe des Warmwasserspeichers und die erforderliche Leistung ermittelt. Die Norm gestattet eine Dimensionierung für:

- » Speicher mit minimiertem Mischbereich (Schichtladespeicher oder Speicher mit externem Wärmeübertrager)
 - » kein Schnittpunkt von Versorgungskennlinie und Bedarfskennlinie
 - » Versorgungskennlinie oberhalb der Bedarfskennlinie
- » Speicher mit abgegrenztem Mischbereich (Speicher mit internem Wärmeübertrager)
 - » Versorgungskennlinie oberhalb der Bedarfskennlinie
 - » Einhaltung eines Mindestabstandes zur Bedarfskennlinie

Die notwendigen Auslegungsschritte zur Bemessung von Trinkwassererwärmungsanlagen sind in Abbildung 4 enthalten.

Auslegungsschritte zur Bemessung von Trinkwassererwärmungsanlagen

Ermittlung

- Bedarf an erwärmtem Trinkwasser für die Gebäudenutzung, in l/Tag oder in kWh/Tag
- mittlere Temperaturen für Kaltwasser und Warmwasser bei Zapfung

Erstellung Bedarfsprofil für erwärmtes Wasser mit

- nationalem Anhang zur Norm
- Durchflussmessungen oder
- statistischen Werten

Berechnung der Energiebedarfskennlinie für das erwärmte Trinkwasser ausgehend vom Bedarfsprofil; optional: graphische Darstellung im Summenkennliniendiagramm

Ermittlung spezifischer Werte der Trinkwassererwärmungsanlage

- effektive Wärmeleistung und die Zeitverzögerung des Wärmeerzeugers
- Art und Volumen der Zwischenspeicherung
- relative Position des Temperaturfühlers im Speicher
- spezifische Wärmeverluste des Trinkwasserspeichers und der Verteilerrohre

Berechnung der Energieversorgungskennlinie der Trinkwassererwärmungsanlage; optional: graphische Darstellung im Summenkennliniendiagramm

Vergleich beider Kennlinien und ggf. Anpassung/Optimierung der spezifischen Werte der Trinkwassererwärmungsanlage

Abbildung 4: Auslegungsschritte zur Bemessung von Trinkwassererwärmungsanlagen

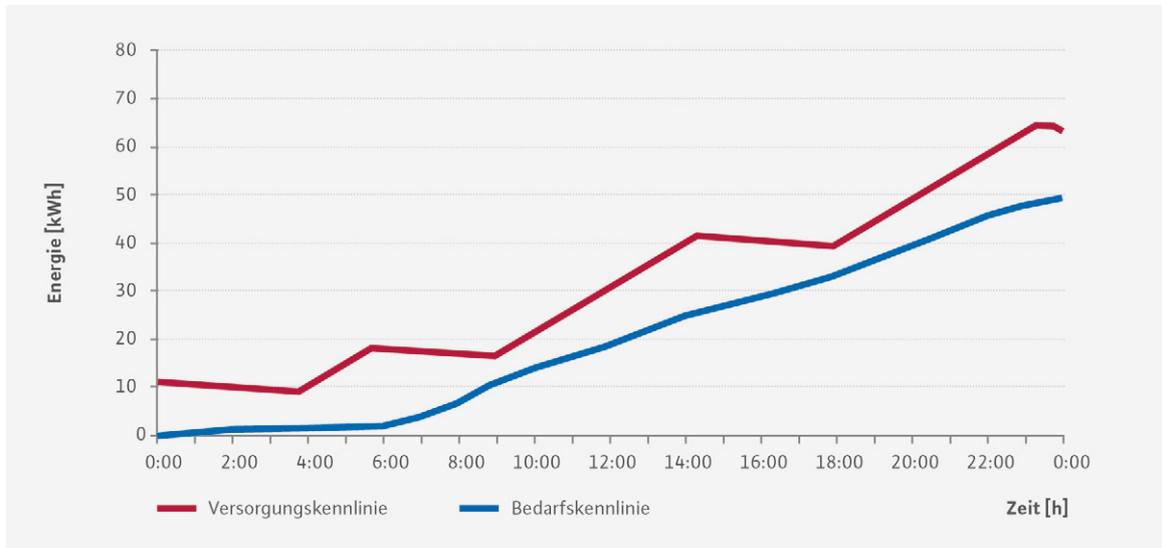


Abbildung 5: Beispiel Summenliniendiagramm: Bedarfs- und Versorgungskennlinie nach [6]

Alternativ zum neuen Verfahren nach DIN EN 12831-3 kann die Bemessung von Warmwasserspeichern für Wohngebäude über die Bedarfskennzahl N und die entsprechende Auswahl über die Leistungskennzahl NL des Speichers nach DIN 4708 [7] erfolgen. Die Bedarfskennzahl bezieht sich dabei auf eine definierte Einheitswohnung. Diese Bemessungsgrundlage gilt nicht für zu versorgende Gebäude, bei denen in der Benutzung eine überdurchschnittliche Gleichzeitigkeit zu erwarten ist (z. B.: Hotels), sowie für andere Nichtwohngebäude.

Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs für die TWE in unterschiedlichen Anlagen

Für die Berechnung des Energiebedarfs des erwärmten Trinkwassers werden Verfahren mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad beschrieben:

- » Energiebedarf beruhend auf Zapfprogrammen: 24-Stunden-Zapfprofile, welche eine Anzahl von Entnahmeanforderungen für erwärmtes Trinkwasser beschreiben
- » Energiebedarf beruhend auf dem täglich bereitgestellten Volumen und den Wassertemperaturen
- » Flächenbezogener Energiebedarf entsprechend Nutzung bzw. Ausstattung
- » tabellierter Energiebedarf in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Nutzung.

Die Berechnungen des Energiebedarfs für Trinkwassererwärmung für den EnEV-Nachweis erfolgt mit DIN V 18599 [4], vgl. Abschnitt 2.2.

2.4 Hygieneanforderungen

Die Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (**Trinkwasserverordnung – TrinkwV**) [8] regelt die Qualität von Trinkwasser und damit auch die Untersuchungspflichten zur Trinkwassererwärmung für festgelegte Parameter.

Legionellen sind stäbchenförmige Bakterien, welche im Wasser vorkommen und durch Inhalation kontaminierter Aerosole, die zum Beispiel beim Duschen entstehen, zu Infektionen führen können.

Entsprechend Trinkwasserverordnung besteht daher in Mehrfamilienhäusern (ab 3 Wohneinheiten) eine Überprüfungspflicht auf Legionellen mindestens alle drei Jahre, wenn das Speichervolumen der zentralen Trinkwassererwärmung größer 400 l ist und/oder der Inhalt der Anlage in mindestens einer Rohrleitung zwischen Abgang des Trinkwassererwärmers und der letzten Entnahmestelle mehr als 3 Liter beträgt.

Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums mit Auswirkungen auf den Energiebedarf für die Warmwasserbereitung und -verteilung werden im **DVGW Arbeitsblatt W 551** [9] beschrieben. Legionellen wachsen vermehrt im Temperaturbereich zwischen 30 °C und 45 °C, insofern zielen die Maßnahmen auf die Vermeidung dieses Temperaturbereiches bei Planung, Errichtung und Betrieb der Trinkwassererwärmung und -verteilung. Definitionen sowie Anforderungen des Arbeitsblattes, die Auswirkungen auf den Energiebedarf der Warmwasserbereitung und -verteilung haben, sind in Abbildung 6 dargestellt. Unter Trinkwassererwärmern sind Speicher-Trinkwassererwärmer und zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer zu verstehen. Dezentrale Trinkwassererwärmer mit einem nachgeschalteten Leitungsvolumen ≤ 3 Liter können ohne weitere Maßnahmen betrieben werden. Das Arbeitsblatt W 551 ist eine allgemein anerkannte Regel der Technik.

Technische Regeln für die Planung von Trinkwasser-Installationen in Gebäuden und auf Grundstücken sind in DIN 1988-200 [10] und DIN EN 806-2 [11] festgeschrieben.

Bezüglich der hygienischen Anforderungen an die Verteilung von Warmwasser gilt das DVGW Arbeitsblatt W 551 mit folgenden Anforderungen:

- » Einhaltung einer Temperatur von mindestens 60 °C am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers
- » Ausnahme: zentrale Trinkwassererwärmer mit hohem Wasseraustausch (Ein- oder Zweifamilienhäuser), hier kann die Warmwassertemperatur auf ≥ 50 °C eingestellt werden, Betriebstemperaturen < 50 °C sind aber zu vermeiden
- » Rohrleitungsinhalte von > 3 Liter: Einbau von Zirkulationsleitungen oder selbstregelnden Temperaturhaltebändern
- » keine Überschreitung eines Temperaturabfalls von 5 K in zirkulierenden Trinkwasser-Installationen
- » Hygienisch einwandfreie Verhältnisse: Zirkulationssysteme können für höchstens 8 h in 24 h unterbrochen werden (Abschalten der Zirkulationspumpe)³
- » Vorwärmstufen oder Trinkwassererwärmer mit integrierter Vorwärmstufe (bivalenter Speicher): Der gesamte Speicherinhalt der Vorwärmstufe und bei Trinkwassererwärmern mit integrierten Vorwärmstufen der gesamte Inhalt des Speichers (unabhängig vom Speicherinhalt) ist einmal täglich auf ≥ 60 °C aufzuheizen.

3 Im Einzelfall sollte eine sorgfältige Prüfung und Abwägung erfolgen, insbesondere bei weitverzweigten Warmwassernetzen.

Es wird auf die Einhaltung der Anforderungen des DVGW Arbeitsblattes W 551 verwiesen.

Anforderungen an die Wärmedämmung von Warmwasserleitungen und -armaturen erfolgen analog zu den Vorgaben der EnEV, vgl. Abschnitt 2.1.

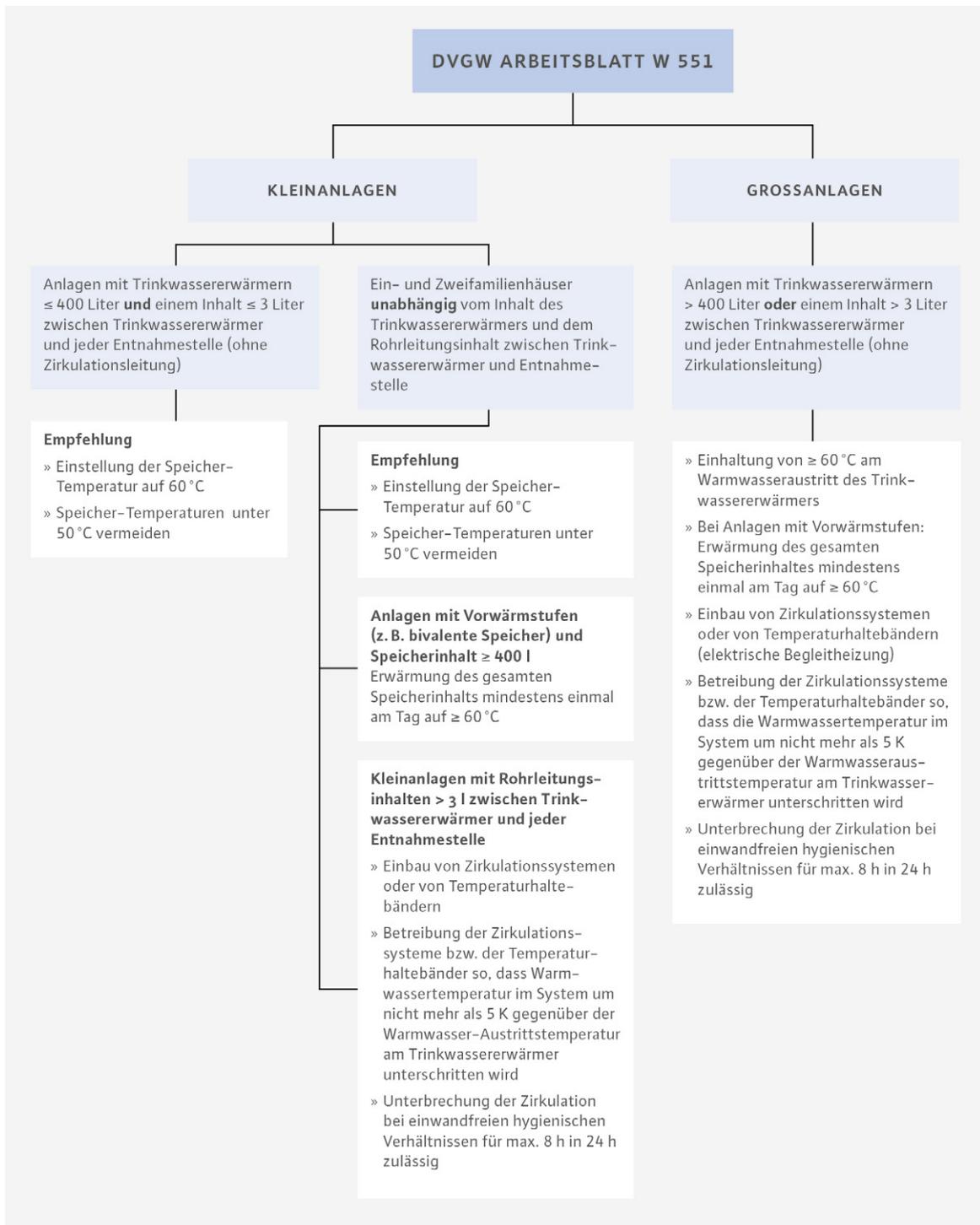


Abbildung 6: Definitionen und Anforderungen des DVGW Arbeitsblattes W 551 [9] mit energetischer Relevanz

3. Trinkwassererwärmung im Nichtwohngebäude

3.1 Einteilung Trinkwassererwärmungssysteme

Die Bereitstellung von Trinkwarmwasser kann durch Kombination verschiedener Systeme und Energieträger erfolgen.

Die vorliegende Broschüre Warmwasser im Gewerbe beschreibt folgende Systeme mit Erdgas als Energieträger

bzw. Erdgassysteme in Kombination mit Erneuerbaren Energien:

- » indirekt beheizte Speicher
- » Frischwasserstationen
- » solare Trinkwassererwärmung
- » direkt gasbeheizte Trinkwassererwärmung
- » Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser.

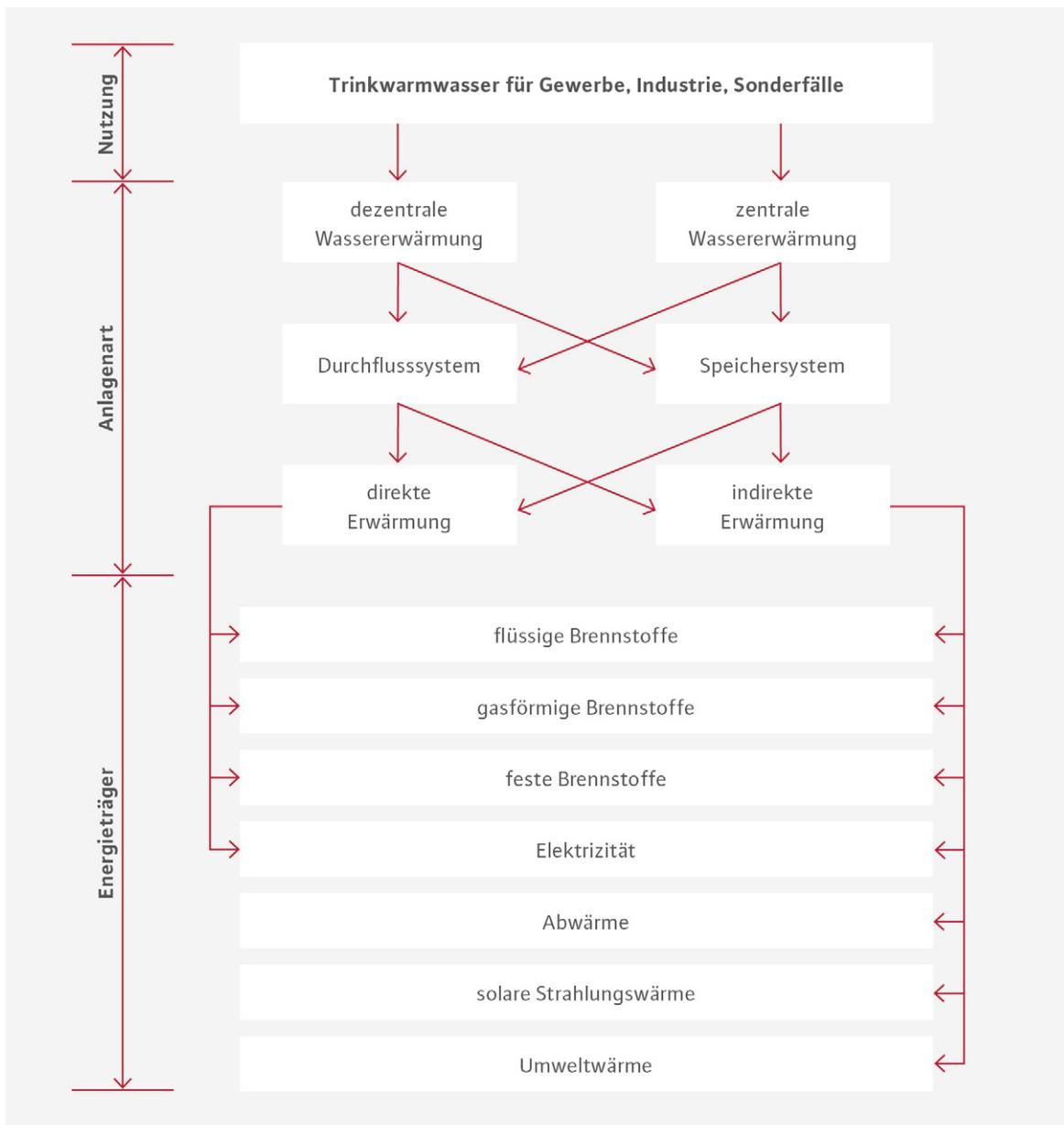


Abbildung 7: Einteilung Trinkwassererwärmungssysteme nach [12]

3.2 Indirekt beheizte Trinkwasserspeicher

Die Erwärmung des Trinkwassers im Behälter erfolgt indirekt durch das Heizungswasser. Die Aufstellung erfolgt i. d. R. unmittelbar neben dem Heizungskessel. Man unterscheidet nach der Bauform in stehende und liegende Warmwasserspeicher.



Abbildung 8: Kessel mit Anbindung eines indirekt beheizten Speichers

Der Kaltwasserzulauf befindet sich im unteren Teil des Speichers, die Entnahme des erwärmten Trinkwassers erfolgt am höchsten Punkt.

Die Erwärmung des Trinkwassers erfolgt über einen Wärmeübertrager oder einen Doppelmantel. Der Wärmeübertrager kann im Inneren des Speichers angeordnet sein (Heizwendel, Abbildung 9) oder er ist separat, die Speicherladung erfolgt dann mit einer zusätzlichen Speicherladepumpe (Speicherladesystem, Abbildung 10). Mit Speicherladesystemen sind hohe Spitzenleistungen realisierbar, wie sie z. B. bei Sportanlagen oder bei Sanitäranlagen in Industriebetrieben auftreten können. Gleichzeitig steht durch die gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des Behälters (keine Kaltwasserzone) ein großes nutzbares Warmwasservolumen zur Verfügung. Durch das Fehlen einer Zone mit niedrigerem Temperaturniveau wird die Bildung von Legionellen verringert. Auf Grund des durchgängig hohen Temperaturniveaus im gesamten Speicher eignen sich diese nur bedingt für die Einbindung thermischer Solaranlagen.

Warmwasserspeicher bestehen in der Regel aus Stahl mit einer emaillierten Innenfläche oder aus rostfreiem Edelstahl, in seltenen Fällen kommen auch Kunststoffe zum Einsatz. Bei emaillierten Speichern ist ein zusätzlicher Korrosionsschutz über eine Fremdstromanode oder über eine Magnesiumanode notwendig. Die Funktion einer Magnesiumanode beruht auf der elektrochemischen Spannungsreihe. Die gegenüber dem Stahlbehälter un-

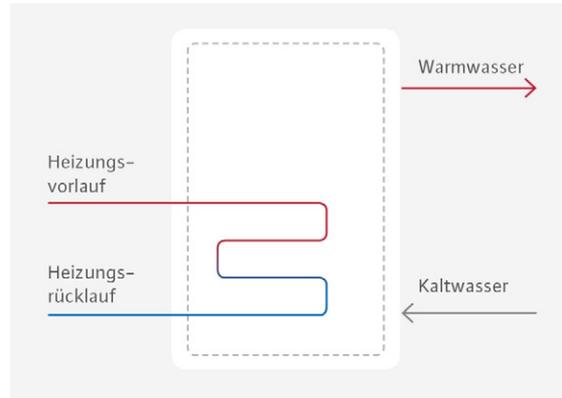


Abbildung 9: Prinzipskizze indirekt beheizter Speicher

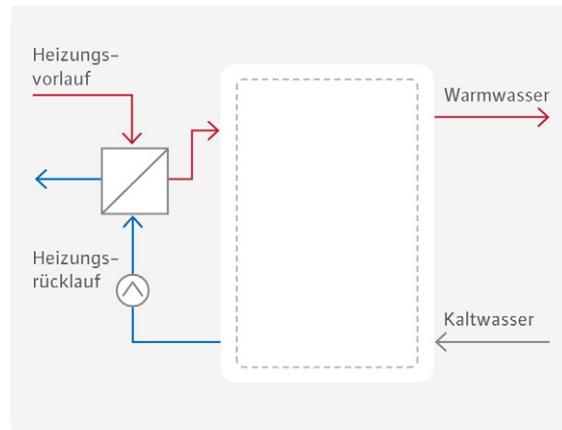


Abbildung 10: Prinzipskizze Speicherladesystem

edlere Magnesiumanode löst sich langsam auf und führt zu einem geringen Stromfluss. Magnesiumanoden werden daher auch Opferanoden genannt, sie müssen in regelmäßigen Abständen kontrolliert und ggf. ersetzt werden. Beim alternativen Einsatz einer Fremdstromanode wird der Stromfluss durch das Anlegen einer niedrigen elektrischen Spannung erzeugt, daher entstehen zusätzlich geringfügige Betriebskosten. Speicher aus rostfreiem Edelstahl benötigen keinen zusätzlichen Korrosionsschutz, die Anschaffungskosten liegen jedoch wegen des höherwertigen Materials über denen emaillierter Behälter.

Indirekt beheizte Warmwasserspeicher gibt es in verschiedenen Größen, durch Kombination mehrerer Speicher (Speicherbatterie) ist fast jedes erforderliche Speichervolumen realisierbar. Das zu speichernde Warmwasservolumen ist abhängig vom Warmwasserbedarf des Gewerbes und der zur Verfügung stehenden Kesselleistung. Warmwasserspeicher sind gegen Wärmeverluste gedämmt, bei größeren Speichern ist die Dämmung zur besseren Einbringung an den Aufstellort und zur Wartung abnehmbar.

3.3 Trinkwassererwärmung mit Pufferspeicher und Durchlauf-Wärmeübertrager

Zentrale Trinkwassererwärmung mit Pufferspeicher und Durchlauf-Wärmeübertrager (Frischwasserstationen)

Bei diesem System erfolgt die Erwärmung des Trinkwassers in einem am oder neben dem Speicher befindlichen Wärmeübertrager im Durchflussprinzip mit dem im Pufferspeicher gespeicherten Heizungswasser, Abbildung 11. Solche Systeme werden auch Frischwasserstationen genannt. Derartige Systeme ermöglichen durch die Speicherung von Heizungswasser eine zeitliche Entkopplung von Wärmeerzeugung und Warmwasserentnahme, sie werden beispielsweise in Schwimmbädern eingesetzt. Da fast kein Trinkwarmwasser gespeichert wird, verringert sich die Gefahr der Legionellenbildung. Der Anschluss einer Zirkulationsleitung ist möglich.

Trinkwassererwärmung mit zentralem Pufferspeicher und dezentralem Wärmeübertrager

Alternativ zu einem zentralen Wärmeübertrager am Heizungspufferspeicher können auch dezentrale Wärmeübertrager jeweils in den einzelnen Nutzungseinheiten vorgesehen werden. Solche Systeme finden vorrangig in Mehrfamilienhäusern Anwendung, man nennt diese Wärmeübertrager daher auch Wohnungsstationen. Im Gewerbe ist eine Anwendung eher ungebräuchlich.

Heizungspufferspeicher mit integrierter Trinkwassererwärmung

Bei diesen Speichern erfolgt die Trinkwassererwärmung durch eine innenliegende Rohrwendel, durch die das Trinkwasser im Durchfluss erwärmt wird, Abbildung 12. Zusätzlich kann im Speicher ein weiterer Wärmeübertrager, zum Beispiel zur Einbindung solarer Strahlungswärme, integriert sein.

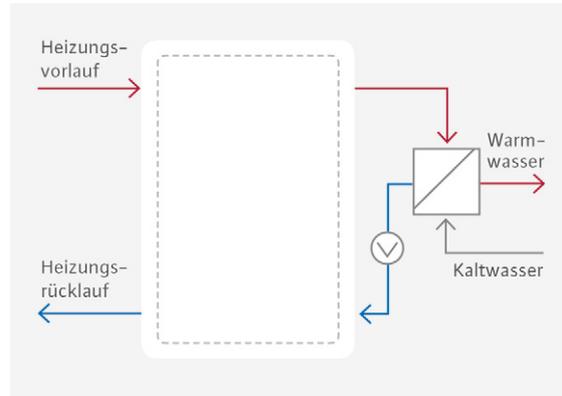


Abbildung 11: Prinzipskizze Pufferspeicher mit Frischwasserstation

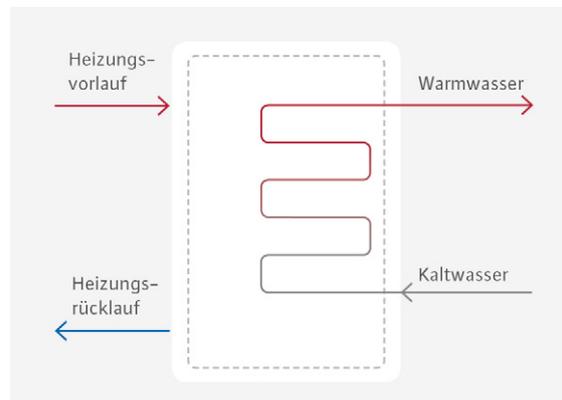


Abbildung 12: Prinzipskizze Pufferspeicher mit integrierter Trinkwassererwärmung

3.4 Solarthermische Trinkwassererwärmung

Wärmeerzeuger mit Erdgas als Energieträger nutzen in Verbindung mit einer solarthermischen Anlage regenerative Energie zur Trinkwassererwärmung (TWE) und ggf. zur Heizungsunterstützung.

Die solare Einstrahlung ist von der Jahres- und Tageszeit, dem Standort, dem Einstrahlwinkel und den Witterungsverhältnissen abhängig. Abbildung 13 zeigt die mittlere monatliche Einstrahlung je Kollektorfläche für durchschnittliche klimatische Verhältnisse in Deutschland (Standort Potsdam).

Eine solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung besteht in Deutschland i. d. R. aus folgenden Komponenten:

- » Kollektoren
 - » Flachkollektoren oder
 - » Vakuumröhrenkollektoren
- » Solarspeicher
 - » Bivalenter Solarspeicher oder
 - » Solarpufferspeicher
- » Solarkreis
 - » Solarstation mit Pumpe und Ausdehnungsgefäß
 - » Solarvor- und -rücklaufleitung
 - » Solarflüssigkeit
 - » Solarregler einschließlich Temperatursensoren
 - » Wärmemengenmesser und sicherheitstechnische Einrichtungen.

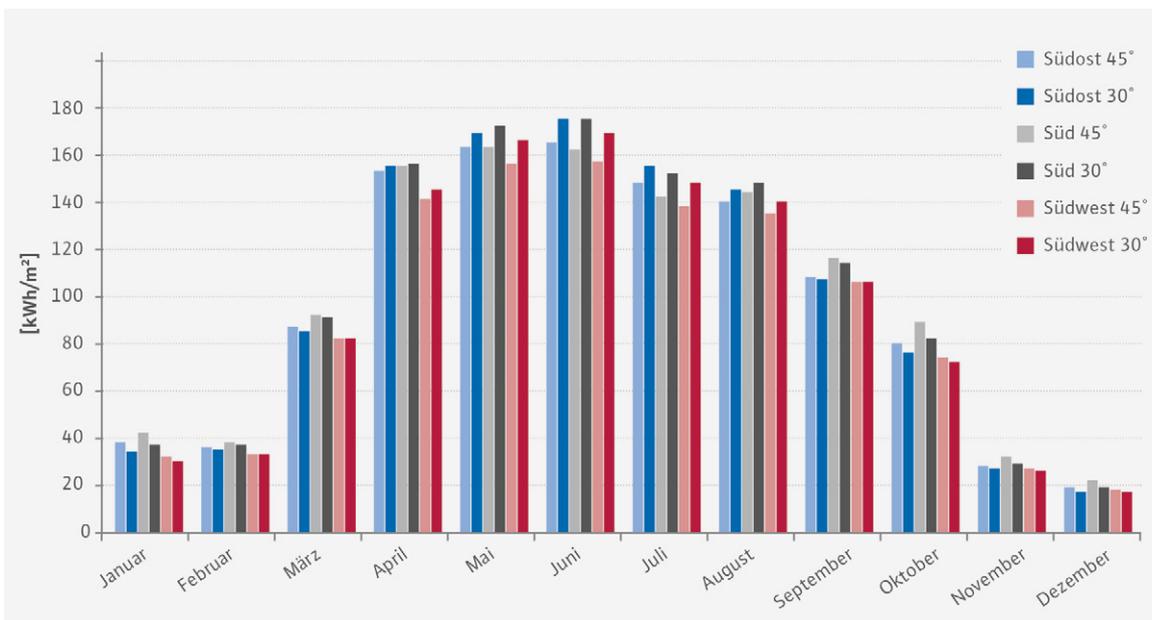


Abbildung 13: Mittlere monatliche solare Einstrahlung auf Kollektorfläche in kWh/m² - Referenzstandort Potsdam ermittelt nach [4]



Abbildung 14: Hydraulikbeispiel Gas-Brennwertkessel mit solarer TWE



Abbildung 15: bivalenter Solarspeicher

Die Entscheidung zum Einsatz von Flach- oder Röhrenkollektoren ist vom Nutzungszweck (Höhe des Warmwasserbedarfs) und von der dafür zur Verfügung stehenden Dachfläche abhängig. Vor- und Nachteile sowie Richtwerte zum Solarertrag sind in Tabelle 4 angegeben. Bei Großanlagen erfolgt die Auslegung oft als Vorwärmanlage,

was zu hohen spezifischen Solarerträgen und einem wirtschaftlich günstigen Betrieb führt [13]. In Schwimmbädern ist eine Beheizung des Beckenwassers möglich, z. T. kommen dazu direkt mit Schwimmbadwasser durchflossene Absorber (z. B.: schwarze Matten, Platten oder Schläuche) zum Einsatz.

	Flachkollektoren	Vakuümröhrenkollektoren
Vor- und Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – geringere Investitionskosten trotz größeren Flächenbedarfs als bei Vakuümröhrenkollektoren – Aufdach- und Indach-Montage – Aufständigung auf Flachdächern 	<ul style="list-style-type: none"> – geringerer Flächenbedarf durch bis zu 30% höheren Wirkungsgrad als bei Flachkollektoren – größere Erträge bei höheren Warmwassertemperaturen – Ausrichtung zur Sonne durch Drehung der Röhren – Austausch einzelner Röhren bei Schäden möglich – Montage auf Schrägdach oder an Fassade – Flachdachmontage bei direkt durchströmten Röhren
Richtwert jährlicher Solarertrag zur TWE	350 – 400 kWh/m ² a	450 – 500 kWh/m ² a
Richtwert jährlicher Solarertrag zur Heizungsunterstützung	250 – 300 kWh/m ² a	300 – 400 kWh/m ² a

Tabelle 4: Gegenüberstellung von Flachkollektoren und Vakuümröhrenkollektoren



Abbildung 16: Solarthermische Anlage und zusätzliche Photovoltaikanlage

3.5 Direkt gasbeheizte Erwärmungssysteme: Speicher und Durchlauferhitzer

Die Trinkwassererwärmung erfolgt direkt im Durchflussprinzip (Gas-Durchlaufwasserheizer) oder als Speichersystem (Gas-Warmwasserspeicher oder Gas-Vorratswasserheizer). Die Beheizung kann durch Erdgas oder Flüssiggas erfolgen. Ebenso kann Bio-Erdgas eingesetzt werden, da es über die gleichen Eigenschaften wie Erdgas verfügt.

Direkt beheizte Gas-Warmwasserspeicher werden bei größerem gleichmäßigem Warmwasserbedarf oder der gleichzeitigen Zapfung an mehreren Entnahmestellen vorgesehen. Neben dem inzwischen seltenen Einsatz in größeren Etagenwohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäusern sind Gas-Warmwasserspeicher insbesondere in kleineren Gewerbeeinheiten mit Sanitäranlagen, Sporthallen oder in Gasstätten einsetzbar.

Bei größerem Warmwasserbedarf ist ein Zusammenschluss mehrerer Speicher zu einer Mehrspeicheranlage möglich. Zur Begrenzung der Wärmeverluste verfügen Gas-Warmwasserspeicher meist über eine sehr gute Wärmedämmung.

Moderne Geräte benötigen keinen separaten Heizraum und können unter bestimmten Bedingungen flexibel aufgestellt werden, beispielsweise in Abstell- und Mehrzweckräumen. Gas-Warmwasserspeicher verfügen über einen atmosphärischen Brenner, daher ist eine ausreichende Verbrennungsluftzufuhr notwendig. Für die Abgasabführung ist ein Schornstein erforderlich.

Gas-Warmwasserspeicher verfügen über einen hohen Normnutzungsgrad und einen geringen Schadstoffausstoß.

Gas-Durchlaufwasserheizer erwärmen das Kaltwasser durch die Heizgase unmittelbar. Sie können dezentral sowohl zur Einzelversorgung als auch zur Gruppenversorgung eingesetzt werden. Vorgesehen werden sie vorrangig dann, wenn kurzzeitig ein hoher Warmwasserbedarf besteht und lange Rohrleitungswege eine zentrale Trinkwassererwärmung unwirtschaftlich machen (z. B. Teeküchen in Gewerbeeinheiten).

Die Zündung erfolgt mittels Piezozündung oder elektronisch mit direktem Strom- oder Batterieanschluss. Durch den Wegfall einer ständig brennenden Zündflamme ist eine deutliche Energieeinsparung zu verzeichnen.

Gas-Durchlauferhitzer werden mit offener und geschlossener Verbrennungskammer angeboten. Bei Geräten mit offener Verbrennungskammer (atmosphärische Geräte) ist ein Anschluss an einen Schornstein erforderlich. Geräte mit geschlossener Verbrennungskammer ermöglichen eine raumluftunabhängige Betriebsweise. Die



Abbildung 17:
Gas-Warm-
wasserspeicher



Abbildung 18:
Gas-Durchlauf-
erhitzer

Abgase können bei diesen Geräten in Abhängigkeit von der Einbausituation durch senkrechte oder waagerechte Dachdurchführungen, durch die Außenwand sowie über Luft-Abgassysteme (LAS-Systeme) abgeführt werden.

Je nach Modell verfügen moderne Geräte über elektronische Durchflusssensoren, Wassermengenbegrenzer und Temperaturwähler. Zudem ist ein Einsatz von Thermostat-Mischbatterien und Einhebelmischern problemlos möglich.

Der Gerätewirkungsgrad liegt bei etwa 85 %. Auf Grund der geringen Investitionen und niedrigen Energiekosten stellen Gas-Durchlaufsysteme eine wirtschaftliche Lösung zur Trinkwassererwärmung dar. Die Hygieneanforderungen der Trinkwasserverordnung sind mit dezentralen Geräten leicht einzuhalten.

3.6 Wärmerückgewinnung aus Duschatwasser

Durch eine Wärmerückgewinnung aus Duschatwasser kann der Energieverbrauch für die Trinkwassererwärmung verringert werden. Derartige Systeme sind seit Jahren insbesondere in den Niederlanden, der Schweiz, Frankreich und Kanada Stand der Technik. Auch in Deutschland werden diese Systeme zunehmend vertrieben. Eine Wärmerückgewinnung aus Duschatwasser erfolgt derzeit mit folgenden technischen Lösungen:

- » Duschrinne: Wärmeübertrager im Duschablauf integriert
- » Duschtasse: Wärmeübertrager unter der Duschtasse
- » Duschrohre: vertikales Doppelrohr mit Duschatwasser innen und Kaltwasser im Außenrohr.

In Gebäuden mit vielen Duschanlagen, wie Sporthallen, Schwimmbädern, Hotels oder Sanitäreinrichtungen von Industriebetrieben, können Duschrohre auch gebündelt werden.

Das durch das Abwasser erwärmte Kaltwasser kann auf drei verschiedene Arten eingebunden werden. Sind beim Betrieb des Wärmerückgewinnungssystems der Duschatwassermassestrom und der im Wärmeübertrager vorzuwärmende Kaltwassermassestrom gleich groß, erfolgt der Betrieb balanciert:

- » Trinkwassererwärmung mit Speicher: Vorwärmung des Kaltwassers zur Mischbatterie, nicht balancierte Betriebsweise (Abbildung 22)
- » Dezentrale Trinkwassererwärmung: Vorwärmung des Kaltwassers zum Trinkwassererwärmer, balancierte Betriebsweise (Abbildung 23)
- » Trinkwassererwärmung mit Speicher: Vorwärmung des Kaltwassers zum Speicher und zur Mischbatterie, balancierte Betriebsweise (Abbildung 24).



Abbildung 19: Duschrinne

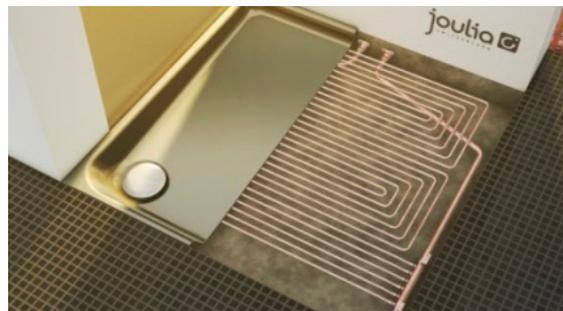


Abbildung 20: Duschtasse



Abbildung 21: Duschrohr

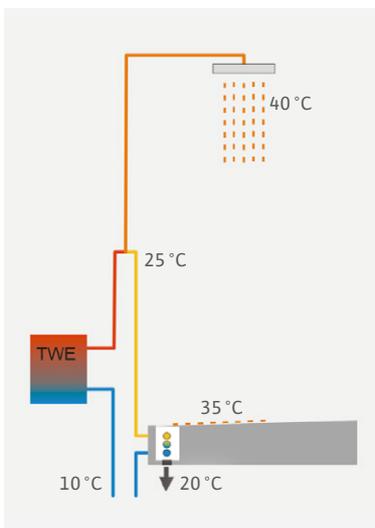


Abbildung 22: TWE mit Speicher: Vorwärmung Kaltwasser zur Mischbatterie

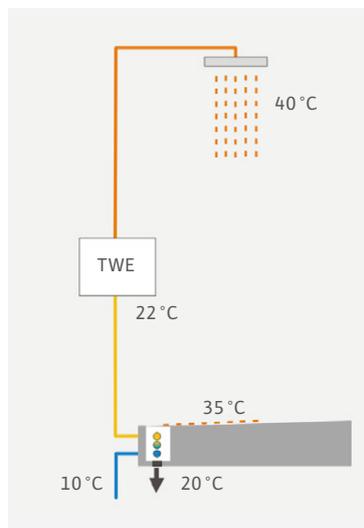


Abbildung 23: Dezentrale TWE: Vorwärmung Kaltwasser zum Trinkwassererwärmer

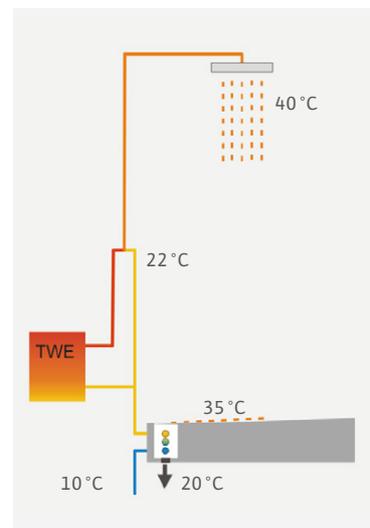


Abbildung 24: TWE mit Speicher: Vorwärmung Kaltwasser zum Speicher und zur Mischbatterie

Die Effizienz der Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser ist von folgenden Kriterien abhängig:

- » Eigenschaften des Wärmeübertragers:
Fläche bzw. Länge, Wärmekapazität, Material etc.
- » Betriebsweise: balanciert oder nicht balanciert,
Länge der Duschvorgänge
- » Duschwasservolumenstrom und Temperaturen am
Wärmeübertrager.

Der Wirkungsgrad wird in Ermangelung geeigneter nationaler oder europäischer Prüfnormen durch das Prüf- und Zertifizierungsinstitut Kiwa nach NEN 7120 [14] gemessen. Bei einem mittleren Volumenstrom von 12,5 l/min und einer balancierten Betriebsweise erzielen Standardsysteme einen Wirkungsgrad von etwa 25 % und hocheffiziente Systeme einen Wirkungsgrad von etwa 45 %.

Ein Verfahren zur Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser bei der energetischen Bewertung von Trinkwassererwärmungssystemen wird in DIN V 18599-8:2016-10 [4] beschrieben. In typischen Fällen können mit einer balancierten Betriebsweise etwa 15 % (Standardsystem) bis 25 % (hocheffizientes System) an Endenergie Wärme für die Trinkwassererwärmung eingespart werden. Bei nicht balancierter Betriebsweise sind die Einsparungen geringer und liegen je nach System zwischen 4 % und 10 %.

3.7 Warmwasserverteilung

Zentral erzeugtes Trinkwarmwasser wird über ein Rohrnetz zu den Entnahmestellen verteilt. Entsprechend EnEV 2014 ist die Wärmeabgabe von Warmwasserrohrleitungen zu begrenzen. Anforderungen an die Mindest-Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sind in Anlage 5 formuliert. Werden Dämmmaterialien mit anderen Wärmeleitfähigkeiten als 0,035 W/mK eingesetzt, sind die Mindestdicken der Dämmschichten nach den anerkannten Regeln der Technik umzurechnen.

Soweit Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen an Außenluft grenzen, sind diese mit dem Zweifachen der Mindestdicke nach Tabelle 5 Zeile 1 bis 4 zu dämmen.

Das Warmwasserverteilnetz besteht aus Kupfer-, Kunststoff- oder Edelstahlrohren, die Dimensionierung erfolgt entsprechend DIN 1988 Teil 300: Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI) [15]. Beim Einsatz von Kupferrohren sind zudem die Vorgaben der DIN 50930-6:2013-10 [16] zu berücksichtigen. Eine Kupferinstallation kann demnach erfolgen, wenn der pH-Wert $\geq 7,4$ ist oder wenn im Bereich von pH 7,0 bis kleiner pH 7,4 der TOC-Wert⁴ 1,5 g/m³ nicht übersteigt. Die Angaben sind der (unentgeltlichen) Trinkwasseranalyse des Versorgers zu entnehmen. Bei einer Mischinstallation mit verschiedenen Werkstoffen ist zur Vermeidung von Lochfraß die „Fließregel“ einzuhalten. Diese besagt, dass in Fließrichtung gesehen erst der unedle Werkstoff (z. B. verzinkter

Zeile	Art der Leitungen / Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht bezogen auf eine Leitfähigkeit
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Wärmeverteilungsleitungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

Tabelle 5: Anforderungen der EnEV 2014 an die Wärmedämmung von Warmwasserleitungen und -armaturen [1]

4 TOC-Wert: gesamter organischer Kohlenstoff (Englisch: total organic carbon) im Trinkwasser.

Stahl) und dann der edlere Werkstoff (Kupfer, Messing) eingesetzt werden muss. Sind im Bestand Bleirohre vorhanden, sollten diese auf jeden Fall ausgetauscht werden.

Um ständig hygienisch einwandfreies Warmwasser an den Entnahmestellen zu gewährleisten, ist der Einbau von Zirkulationsleitungen oder selbstregelnden Temperaturhaltebändern vorzusehen, vgl. Abschnitt 2.4. Dabei müssen entsprechend EnEV 2014 [1] Zirkulations-

pumpen beim Einbau in Warmwasseranlagen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet werden. Bei der Bemessung der Zirkulationsleitungen muss sichergestellt werden, dass zur Vermeidung von Legionellen die Warmwassertemperatur im Zirkulationssystem um nicht mehr als 5 K gegenüber der Warmwasser-Austrittstemperatur am Trinkwassererwärmer unterschritten werden darf, vgl. Abschnitt 2.4.

4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen erfolgen üblicherweise nach VDI 2067 [17]. In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind verschiedene Kostenarten einzubeziehen:

- » Bedarfsgebundene (oder auch verbrauchsgebundene) Kosten
- » Kapitalgebundene Kosten

- » Betriebsgebundene Kosten
- » Sonstige Kosten

Die Bestandteile der Kostenarten sind beispielhaft in Tabelle 6 angegeben, sie können je nach Anlagenart variieren.

Kapitalgebundene Kosten	In jährliche Kosten umgerechnete Investitionskosten, bestehend aus: <ul style="list-style-type: none"> – Kosten für die Anlagentechnik: Trinkwassererwärmer, Rohrleitungen ... – Kosten für bauliche Anlagen – Kosten für Maßnahmen zum Schall- und Wärmeschutz – Anschlusskosten
Betriebsgebundene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> – Bedienen – Inspizieren – Reinigen und Warten – Instandsetzen
Bedarfsgebundene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> – Energiekosten (Grundpreis und Arbeitspreis) – Kosten für Hilfsenergie – Kosten für Betriebsstoffe (Schmiermittel ...)
Sonstige Kosten	<ul style="list-style-type: none"> – Planungskosten – Versicherungen, Steuern – allgemeine Abgaben, anteilige Verwaltungskosten – Gewinn und Verlust – Abbruch- und Entsorgungskosten

Tabelle 6: Beispiele für Bestandteile der Kostenarten nach VDI 2067 [17]

Die **bedarfsgebundenen Kosten** basieren auf dem Jahresenergiebedarf eines Gebäudes bzw. der Warmwasserbereitung mit seiner gebäudetechnischen Anlage. Die Berechnung des Jahresenergiebedarfs für Wärme und Warmwasserbereitung sowie für den notwendigen Hilfsenergieaufwand erfolgt meist nach DIN V 18599, vgl. Abschnitt 2.2.

Bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kommt den anzusetzenden Energiepreisen eine besondere Bedeutung

zu. Derzeit aktuelle bundesdeutsche Jahres-Mittelwerte⁵ für verschiedene Energieträger und Abnahmemengen werden beispielhaft in Tabelle 7 angegeben. Die Energiepreise beinhalten sämtliche Steuern und Abgaben. Bei Großabnahme, z. B. bei Industriegebäuden, größeren Gewerbeeinheiten oder Gewerben mit mehreren Filialen, können sich die Kosten durch individuelle Vereinbarungen deutlich verringern.

Energieträger	Energiepreis	Quelle
Erdgas		
Arbeitspreis (Abnahme bis etwa 45.000 kWh)	0,057 €/kWh _{HS}	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Grundpreis	124 €/a	
Arbeitspreis (Abnahme über 45.000 kWh)	0,054 €/kWh _{HS}	
Grundpreis	227 €/a	
Heizöl		
3.000 l	0,629 €/l	Statistisches Bundesamt
5.000 l	0,619 €/l	
10.000 l	0,608 €/l	
Pellets		
5 t	251 €/t	C.A.R.M.E.N. e. V. (Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.)
10 t	240 €/t	
Strom		
Arbeitspreis Normaltarif (Hilfsenergie der Heizungsanlage)	0,261 €/kWh	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
Arbeitspreis Wärmepumpentarif	0,20 €/kWh	
Grundpreis Wärmepumpentarif	81 €/a	

Tabelle 7: Energiekosten verschiedener Energieträger und Abnahmemengen

Die **kapitalgebundenen Kosten** beinhalten die in jährliche Kosten umgerechneten Investitionen. Die Berechnung kann mit der Annuitätsmethode erfolgen. Dafür ist ein Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser kann zum Beispiel die rechnerische Nutzungsdauer der Komponenten nach VDI 2067-1 sein. Berücksichtigt man bei einer einfachen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung keine Restwerte, Preis-anpassungen oder Ersatzbeschaffungen innerhalb des Betrachtungszeitraumes, ergeben sich die kapitalgebundenen Kosten jeder Investition nach folgender Gleichung:

$$A_{N,K} = A \cdot a$$

mit dem Annuitätsfaktor a nach Gleichung:

$$a = \frac{q-1}{1-q^{-T}}$$

Dabei ist
 q der Zinsfaktor,
 T die Zahl der Jahre des Betrachtungszeitraums.

Werte für rechnerische Nutzungsdauern sowie für die Aufwände für Wartung, Instandsetzung und Bedienung werden in VDI 2067-1 angegeben, vgl. Tabelle 8. Alternativ können auch konkrete Daten, z. B. für den Wartungsaufwand aus Angeboten, angesetzt werden.

	Anlagenkomponente	Rechnerische Nutzungsdauer	Aufwand für Instandsetzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedienen
	Einheiten	Jahre	%	%	h/a
1	Heizung				
1.3	Erzeugung				
1.3.1	Wärmeerzeuger				
1.3.1.10	Solarkollektoren				
...					
	Flachkollektor	20	0,5	1	5
	Vakuumröhrenkollektor	18	0,5	1	5
3	Erwärmtes Trinkwasser				
3.1	Nutzenübergabe				
3.1.6	Dezentrale Trinkwassererwärmung				
...					
	Gas-Durchlaufwasserheizer (DWH)	12	4	1	0
	Gas-Vorratswasserheizer (VWH)	20	2	1	0
3.3	Erzeugung				
3.3.1	Wärmeerzeuger, siehe Heizung				
3.3.2	Zentrale Trinkwassererwärmung				
	Trinkwasserspeicher	20	1	1	0
	Durchlauferhitzer	18	1	1	0

Tabelle 8: Rechnerische Nutzungsdauer, Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion und für Bedienen nach VDI 2067-1 (Auszug) [17]

Einfluss auf die jährlichen Kapitalkosten und damit auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage haben **Investitionsförderungen**. Für innovative Technologien und Wärmeerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien stehen bundesweite Förderungen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zur Verfügung. Zudem wird mit dem Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) für den Austausch ineffizienter Altanlagen durch moderne Heizungen in Kombination mit einer Optimierung des gesamten Heizungssystems ein Zusatzbonus gewährt. Die Höhe der Förderungen bzw. die zu erbringenden technischen Anforderungen unterliegen einer regelmäßigen Anpassung durch den Ordnungsgeber.

Gefördert werden so beispielsweise solarthermische Anlagen, Gas-Wärmepumpen und Kraft-Wärmekopplungsanlagen.

Weitere Förderungen stellen Länder, Städte und Gemeinden sowie Energieversorger und Hersteller zur Verfügung. Über die aktuellen Programme und Konditionen informieren u. a. Förderdatenbanken wie beispielsweise Febis [18].

Gas-Brennwertkessel in Verbindung mit einem indirekt beheizten Speicher stellen eine wirtschaftliche und energetisch effiziente Lösung für Neubau und Bestand dar. Aufgrund ihrer niedrigen Investitionskosten sind sie seit Jahren marktbestimmend. In Verbindung mit einer solarthermischen Anlage für die Trinkwassererwärmung können auch die EnEV-Anforderungen an Neubauten mit moderaten Kosten erfüllt werden. Durch Nutzung Erneuerbarer Energie sind auch die Vorgaben des EEWärmeG ganz oder anteilig erfüllbar.

5. Planungsvorbereitung

Planer und Auftraggeber müssen sich bereits vor bzw. in der Planungsphase zur Errichtung von Warmwasserbereitungsanlagen über wesentliche Punkte abstimmen und dies dokumentieren. Folgende Angaben sind für die Vor-

bereitung einer genauen Planung des Neubaus oder der Sanierung von Warmwasserbereitungsanlagen in einem Gewerbebau erforderlich:

Fragebogen für die Auslegung von Warmwasserbereitern

Name _____

Firma _____

Telefon _____

Projekt _____

Händler

Installateur

Ing.-Büro

Endverbraucher

Nutzung 1. Sportanlage

2. Gewerbe

3. Schwimmhalle

4. Wohnungsbau

5. Sonstiges

Kommissions-Nr.

1. Sportanlage

1.1 Art der Sportanlage (z. B. Turnhalle, Fußballplatz usw.)

1.2 Anzahl Duschen _____ Anzahl Waschbecken _____

1.3 Warmwasser-Zapfrate je Dusche _____ l/min

1.4 Personen je Sporteinheit _____

1.5 Anzahl Sporteinheiten pro Tag _____

2. Gewerbe

2.1 Art des Gewerbes (z. B. Gießerei, Wäscherei usw.)

vorwiegend

saubere Arbeit

schmutzige Arbeit

halb und halb

2.2 Anzahl Duschen _____ Anzahl Waschbecken _____

Sonstiges _____

2.3 Warmwasser-Zapfrate je Dusche _____ l/min

2.4 Anzahl Personen je Schicht _____

Tabelle 9: Fragebogen für die Auslegung von Warmwasserbereitern Teil 1

3. Schwimmhalle

- 3.1 Fläche des Schwimmbeckens/Badelandschaft _____ m²
- 3.2 Anzahl Duschen _____
- 3.3 Warmwasser-Zapfrate je Dusche _____ l/min
- 3.4 Benutzungsdauer _____ min/h

4. Wohnungsbau

4.1 Art des Wohngebäudes (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Etagenwohnung usw.)

4.2 Ausstattung

Wohnung Nr.	Anzahl Wohnräume	Anzahl Wohnungen	Anzahl/Warmwasser-Bedarf je Zapfung							
			Wanne		Dusche		Waschtisch		Bidet	

5. Sonstiges

Art der Anlage

Ausstattung (z. B. medizinische Wanne, Inhalt in Litern)

Spitzenbedarf (z. B. 3 Bäder je 1,5 Stunden)

Wasserqualität

normal nicht normal _____

Sonstiges

Wärmeerzeuger

Art der Anlage _____

Leistung _____ kW

davon für Trinkwassererwärmung _____ kW

Bedarfskennzahl N (wenn bekannt) _____

Dauerleistung _____ l/h _____ kW

Spitzenentnahme _____ l/min

Kaltwassertemperatur _____ °C

Speichertemperatur _____ °C

Zapftemperatur (Einstellung am Mischer) _____ °C

Tabelle 9: Fragebogen für die Auslegung von Warmwasserbereitern Teil 2

Anhang 1 **Normen, Vorschriften, Regeln und Richtlinien (Auswahl)****Baurechtliche Vorschriften**

EnEV 2014	Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung – EnEV 2014)
EEWärmeG 2011	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), 2011
BImSchV	Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV), 2010
TrinkwV 2001	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001)

DIN-Normen

DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile)
DIN EN 12831 Teil 3	Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3: Trinkwassererwärmung, Heizlast und Bedarfsbestimmung
DIN 1988-200	Technische Regeln für Trinkwasser, Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW
DIN 1988-300	Technische Regeln für Trinkwasser: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW
DIN EN 806-2	Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 2: Planung
DIN 50930-6:2013-10	Korrosion der Metalle – Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer – Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in Kontakt mit Trinkwasser

Richtlinien

DVGW W 551	Arbeitsblatt: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen
------------	--

Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)

Trinkwassererwärmung		
August Brötje GmbH	August-Brötje-Straße 17 26180 Rastede T: 04402 80-0 F: 04402 80-583	info@broetje.de www.broetje.de
Bosch Thermotechnik GmbH	Sophienstraße 30-32 35576 Wetzlar T: 06441 418-0 F: 06441 45602	info@buderus.de junkers.infodienst@de.bosch.com www.buderus.de www.junkers.com
Max Weishaupt GmbH	Max-Weishaupt-Straße 14 88477 Schwendi T: 07353 83-0 F: 07353 83-358	info@weishaupt.de www.weishaupt.de
OERTLI-ROHLEDER Wärmetechnik GmbH	Raiffeisenstraße 3 71696 Möglingen T: 07141 2454-0 F: 07141 2454-88	info@oertli.de www.oertli.de
Paradigma Deutschland GmbH	Ettlinger Straße 30 76307 Karlsbad T: 07202 922-0 F: 07202 922-100	info@paradigma.de www.paradigma.de
Remeha GmbH	Rheiner Straße 151 48282 Emsdetten T: 02572 9161-0 F: 02572 9161-102	www.remeha.de
Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG	Berghauser Straße 40 42859 Remscheid T: 0180 6 824 552 F: 02191 1828-10	info@vaillant.de www.vaillant.de
Viessmann Werke GmbH & Co. KG	Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder) T: 06452 70-0 F: 06452 70-2780	info@viessmann.com www.viessmann.de
Wolf GmbH	Industriestraße 1 84048 Mainburg T: 08751 74-0 F: 08751 74-1600	info@wolf-heiztechnik.de www.wolf-heiztechnik.de

Anhang 2 Hersteller und Anbieter (Auswahl)

Duschwasser-Wärmerückgewinnung		
Joulia SA	Zentralstraße 115 Postfach 7016 2500 Biel 7 Schweiz T: +41 (0) 32 366 64 22	info@joulia.com www.joulia.com
Q-Blue b. v.	Willem Barentszstraat 5 7825 VZ Emmen Niederlande T: +31 (0) 591 374 570 F: +31 (0) 591 632 398	info@q-blue.nl www.q-blue.nl
Wagner Solar GmbH	Industriestraße 10 35091 Cölbe T: 06421 8007-0 F: 06421 8007-200	info@wagner-solar.com www.wagner-solar.com

Anhang 3 Literaturverzeichnis

- [1] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung – EnEV 2014)
- [2] EEWärmeG 2011: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), 2011
- [3] Richtlinie 2010/31/EU Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&qid=1450192636370&from=DE>. Last access:03
- [4] DIN V 18599:2016–10: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile)
- [5] EE-RL 2009: Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.04.2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, DE, 05.06.2009
- [6] DIN EN 12831–3: 2014–12: Heizungsanlagen und wassergeführte Kühlanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3: Trinkwassererwärmung, Heizlast und Bedarfsbestimmung;
- [7] DIN 4708: 1994–04: Zentrale Wassererwärmungsanlagen, Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden
- [8] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) in der Fassung der Bekanntmachung vom 02. August 2013
- [9] DVGW Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen; Bonn, April 2004
- [10] DIN 1988–200:2012–05: Technische Regeln für Trinkwasser: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW
- [11] DIN EN 806–2:2005–06: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 2: Planung
- [12] Recknagel/Sprenger/Albers: Taschenbuch für Heizung + Klima-Technik: 77. Auflage 2015/2016
- [13] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Planungshandbuch Anlagentechnik, Oktober 2013
- [14] NEN 7120+C2:2012 nl: Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode

Anhang 3 Literaturverzeichnis (Fortsetzung)

- [15] DIN 1988-300:2012-05: Technische Regeln für Trinkwasser: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW

- [16] DIN 50930-6:2013-10: Korrosion der Metalle – Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer – Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in, Kontakt mit Trinkwasser

- [17] VDI 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012

- [18] <http://www.fe-bis.de/>

Anhang 4 **Bildnachweis**

Abbildung 1: ITG Dresden GmbH

Abbildung 2: ITG Dresden GmbH

Abbildung 3: ITG Dresden GmbH

Abbildung 4: ITG Dresden GmbH

Abbildung 5: ITG Dresden GmbH nach Vorlage [6]

Abbildung 6: ITG Dresden GmbH

Abbildung 7: ITG Dresden GmbH

Abbildung 8: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Abbildung 9: ITG Dresden GmbH

Abbildung 10: ITG Dresden GmbH

Abbildung 11: ITG Dresden GmbH

Abbildung 12: ITG Dresden GmbH

Abbildung 13: ITG Dresden GmbH, Datengrundlage [4]

Abbildung 14: Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland

Abbildung 15: Viessmann Werke GmbH & Co KG

Abbildung 16: ITG Dresden GmbH

Abbildung 17: Vaillant Deutschland GmbH & Co KG

Abbildung 18: Vaillant Deutschland GmbH & Co KG

Abbildung 19: Wagner Solar GmbH

Abbildung 20: Joulia SA

Abbildung 21: Wagner Solar GmbH

Abbildung 22: ITG Dresden GmbH

Abbildung 23: ITG Dresden GmbH

Abbildung 24: ITG Dresden GmbH

Herausgeber

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

Telefon +49 30 300199-0
Telefax +49 30 300199-3900
E-Mail info@bdew.de
www.bdew.de

Ansprechpartner BDEW

Geschäftsbereich Vertrieb, Handel und gasspezifische Fragen
Dipl.-Ing. Ingram Täschner
E-Mail ingram.taeschner@bdew.de

Redaktion

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Bayreuther Straße 29
01187 Dresden

Dipl.-Ing. Bettina Mailach
Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Layout und Satz

EKS – DIE AGENTUR
Energie Kommunikation Services GmbH
www.eks-agentur.de

Stand: November 2016

