Steffen Henning
Kati Jagnow

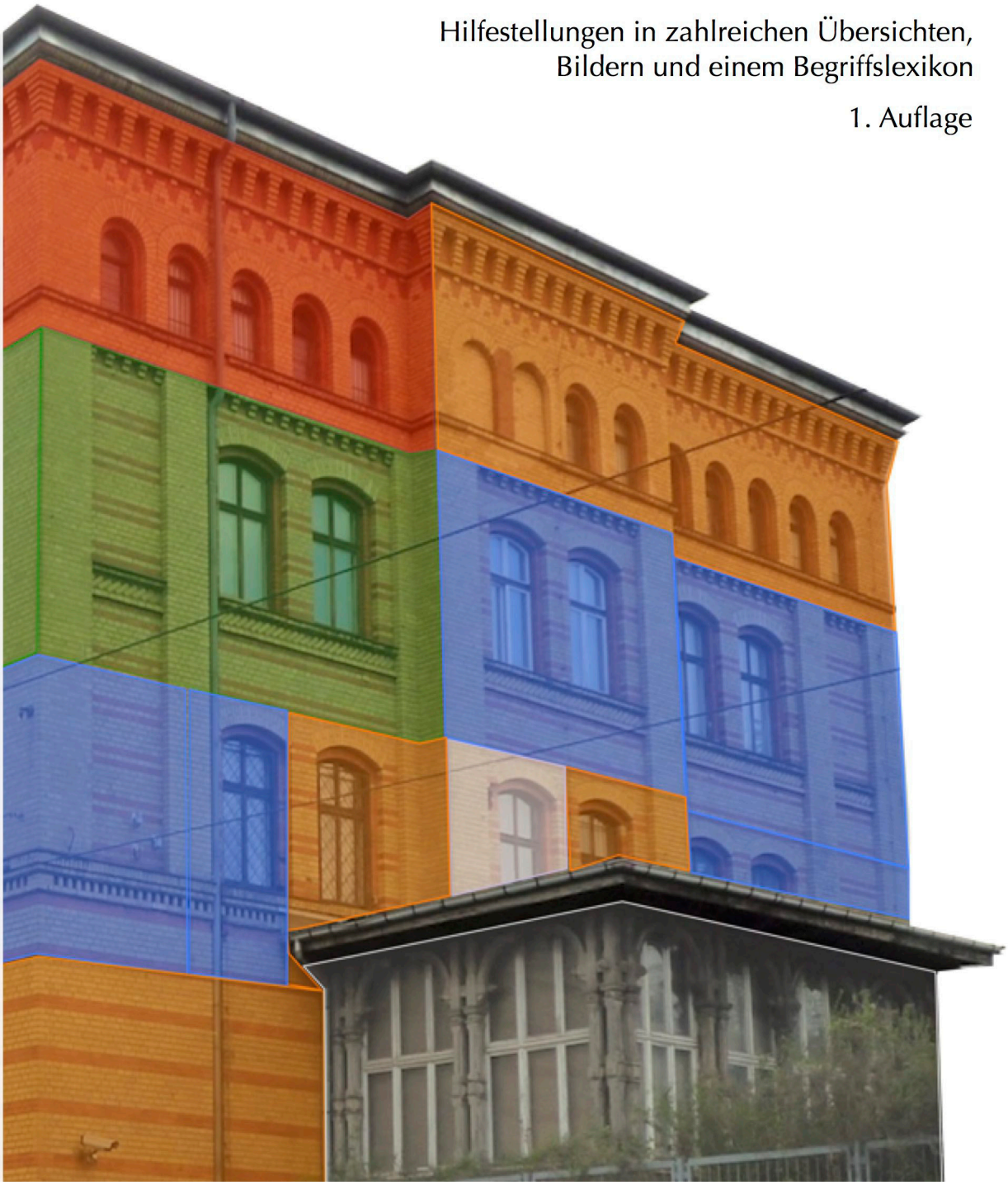
Anwendungsleitfaden zur DIN V 18599

Ausgabe 2011-12

Erklärungen zur strukturierten Vorgehensweise bei der energetischen Gebäudebilanzierung

Hilfestellungen in zahlreichen Übersichten, Bildern und einem Begriffslexikon

1. Auflage



1 Grundlagen u. Gesamtbilanz
2 Raumbilanz
3 RLT-Luft-aufbereitung
4 Beleuchtung
5 Heizsysteme
6 Wohnungs-lüftung/-kälte
7 RLT- u. Klima-kältesysteme
8 Trink-warmwasser
9 Strom-erzeugung
10 Rand-bedingungen
11 Gebäude-automation
B1 Verbrauch und Bedarf
B2 EEWärmeG
B3 Daten-ausgabe
L Lexikon

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Hinweise zur Nutzung ... 9

2 Öffentlich-rechtliche Grundlagen ... 10
2.1 Zusammenhang von EnEV und DIN V 18599 ... 10
2.1.1 Standpunkt der DIN V 18599 bei der Nachweisführung ... 10
2.1.2 Möglichkeiten zur Bilanzierung des Energiebedarfs nach EnEV ... 10
2.2 Zusammenhang von EEWärmeG und DIN V 18599 ... 11
2.3 Darstellung von Berechnungsergebnissen in Energieausweisen ... 12
2.3.1 Unterschied zwischen Bedarfs- und Verbrauchsausweis ... 12
2.3.2 Ausstellungsbedingungen und Befreiungen ... 12
2.3.3 Inhalt von Energieausweisen ... 13

3 Aufbau und Systematik der DIN V 18599 ... 15
3.1 Bezeichnung und Geltungsbereich der Normteile ... 15
3.2 Kurzübersicht zur Zuordnung von Normteilen und Bilanzebenen ... 16
3.3 Gesamtbilanzierung des Gebäudes ... 16
3.3.1 Wärmequellen und Wärmesenken ... 17
3.3.2 Übersicht über bilanzierte Wärmequellen und Wärmesenken ... 17
3.3.3 Grafische Zuordnung der Wärmequellen und Wärmesenken ... 18
3.3.4 Ausnutzungsgrade für Wärmequellen und Wärmesenken ... 18
3.3.5 Berechnungsablauf der Gesamtbilanzierung ... 19
3.3.6 Iteratives Berechnungsverfahren ... 19
3.3.7 Zusammenfassung im Monatsbilanzverfahren ... 20
3.3.8 Gesamtbilanzierung von End- und Primärenergiebedarf ... 21
3.4 Bilanzierung der Einzelgewerke ... 22
3.4.1 Übersicht über die Symbole und Indizierung der Anlagentechnik ... 22
3.4.2 Berechnung der End- und Hilfsenergie in jedem Einzelgewerk ... 22

4 Nutzungsrandbedingungen und Datenaufnahme zu Gebäudegeometrie und Bauphysik 23
4.1 Nutzungsprofile und Randbedingungen nach DIN V 18599-10:2011-12 ... 23
4.2 Grundlagen der Gebäudezonierung ... 24
4.2.1 Zonenteilungskriterien ... 24
4.2.2 Übersicht zum strukturellen Ablauf der Gebäudezonierung ... 25
4.2.3 Vereinfachungen bei der Zonierung nach DIN V 18599-1:2011-12 ... 26
4.2.4 Vereinfachungen bei der Zonierung nach EnEV 2014 ... 27
4.2.5 Vereinfachtes Verfahren (Ein-Zonen-Modell) nach EnEV 2014 ... 27
4.3 Zuordnung von Versorgungsbereichen ... 28
4.4 Aufnahme der Gebäudegeometrie ... 28
4.4.1 Horizontale und vertikale Maßbezüge von Hüllflächen ... 29
4.4.2 Maßbezüge von Grundflächen ... 29
4.4.3 Geschosshöhen und -anzahl ... 30
4.4.4 Charakteristische Länge und Breite ... 30
4.4.5 Bestimmung von Brutto- und Nettovolumen des Gebäudes ... 31
4.5 Transmissionswärmequellen/senken: Energetische Bewertung der Hüllbauteile ... 31
4.5.1 Benötigte Kennwerte für opake und transparente Bauteile ... 31
4.5.2 Möglichkeiten der Datenaufnahme bei opaken Bauteilen ... 32
4.5.3 Bestimmung des charakteristischen Bodenplattenmaßes ... 32
4.5.4 Möglichkeiten der Datenaufnahme bei transparenten Bauteilen ... 33
4.5.5 Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Wärmebrücken ... 35

4.6 Wärmequellen/-senken aus Lüftungswärmeverlusten ... 36
4.6.1 Bestimmung der Luftdichtheit und des Infiltrationsluftwechsels ... 37
4.6.2 Bestimmung des Nutzerluftwechsels ... 38
4.6.3 Bestimmung des mechanischen Anlagenluftwechsels ... 38
4.7 Strahlungswärmequellen/-senken ... 38
4.7.1 Benötigte Kennwerte bei transparenten Bauteilflächen ... 38
4.7.2 Datenaufnahme bei transparenten Bauteilflächen ... 39
4.7.3 Benötigte Kennwerte bei opaken Bauteilflächen ... 40
4.7.4 Möglichkeiten der Datenaufnahme bei opaken Bauteilflächen ... 40
4.8 Interne Wärmquellen/senken ... 40
4.8.1 Interne Wärmequellen/-senken in Wohngebäuden ... 40
4.8.2 Interne Wärmequellen/-senken in Nichtwohngebäuden ... 40
4.9 Nutzungsgrad Fremdwärme ... 41
4.9.1 Leichte Bauart ... 41
4.9.2 Mittelschwere Bauart ... 41
4.9.3 Schwere Bauart ... 41
4.10 Zusammenfassung der Vorgehensweise bei der energetischen Bilanzierung ... 42

5 Bilanzierung der Beleuchtung nach DIN V 18599-4:2011-12 ... 43
5.1 Ablauf der Bilanzierung für einen Berechnungsbereich ... 43
5.2 Tageslichtversorgung ... 44
5.2.1 Bestimmung der Tageslichttiefe und –breite bei Fassaden ... 44
5.2.2 Bestimmung der Tageslichttiefe bei Dachoberlichtern ... 45
5.2.3 Belegung / Präsenzmelder und Konstantlichtkontrolle ... 45
5.2.4 Tageslichtversorgungsfaktor ... 45
5.2.5 Tageslichtabhängige Kontrollsysteme ... 46
5.3 Kunstlichtversorgung ... 47
5.3.1 Übersicht über gewöhnliche Leuchtmitteltypen und Vorschaltgeräte ... 47
5.3.2 Unterscheidung nach Beleuchtungsart ... 49
5.3.3 Berechnung der spezifischen elektrischen Bewertungsleistung des Kunstlichts ... 49
5.4 Vorgehen bei der Datenerhebung ... 51

6 Bilanzierung des Endenergiebedarfs von Heizsystemen nach DIN V 18599-5:2011-12 ... 52
6.1 Allgemeiner Zusammenhang der Bilanzgrößen ... 52
6.2 Randbedingungen ... 53
6.2.1 Versorgungsbereiche ... 53
6.2.2 Anlagentechnische Randbedingungen ... 53
6.3 Wärmeerzeuger und Wärmeerzeugersysteme ... 54
6.3.1 Allgemeiner Überblick über Wärmeerzeuger ... 54
6.3.2 Kombination von Wärmeerzeugern ... 54
6.3.3 Brennstoffgespeiste zentrale Wärmeerzeugung (Konventionelle Heizkessel) ... 55
6.3.4 Brennstoffgespeiste dezentrale Wärmeerzeugung ... 56
6.3.5 Wärmepumpen mit mechanischer Verdichtung ... 57
6.3.6 Wärmepumpen mit thermischer Verdichtung (Sorptions-Gaswärmepumpen) ... 59
6.3.7 Elektrisch beheizte Wärmeerzeuger ... 60
6.3.8 Solarthermieanlagen zur Trinkwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung 60
6.3.9 Nah- und Fernwärme ... 61
6.3.10 Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung ... 61
6.4 Speicherung von Heizwasser ... 61
6.4.1 Hilfsenergiebedarf für die Heizwasserspeicherung ... 61
6.5 Heizwärmeverteilung durch Verteilnetze ... 62

6.5.1 Bestimmung von Leitungslängen und Wärmeverlusten des Rohrleitungsnetzes ... 62
6.5.2 Hilfsenergien zur Heizungsverteilung ... 63
6.6 Übergabe des Heizwärmebedarfs ... 64
6.6.1 Systematik der Heizwärmeübergabe ... 64
6.6.2 Typische Anlagentechnik der Heizwärmeübergabe im Detail ... 65
6.6.3 Bestimmung der Wärmeverluste bei der Heizwärmeübergabe ... 66
6.6.4 Hilfsenergiebedarf für die Heizwärmeübergabe ... 68
6.7 Vorgehen bei der Datenaufnahme ... 69

7 Bilanzierung der Trinkwarmwasserbereitung nach DIN V 18599-8:2011-12 ... 70
7.1 Allgemeiner Zusammenhang der Bilanzgrößen ... 70
7.2 Randbedingungen ... 71
7.2.1 Versorgungsbereiche der Zonen ... 71
7.2.2 Warmwasserbedarf aus Nutzungsprofilen ... 71
7.2.3 Temperaturen und Temperaturspreizungen ... 72
7.3 Trinkwarmwassererzeuger ... 72
7.4 Speicher für Trinkwarmwasser ... 73
7.4.1 Indirekt beheizte Speicher ... 73
7.4.2 Bivalente Solarspeicher ... 74
7.4.3 Elektrisch beheizte Speicher ... 74
7.4.4 Gasbeheizte Trinkwarmwasserspeicher ... 74
7.4.5 Hilfsenergien für indirekt beheizte Speicher und bivalente Solarspeicher ... 75
7.5 Netzberechnung und Anlagenbestandteile bei gebäudezentraler Verteilung ... 75
7.5.1 Bestimmung der Leitungslängen für das Trinkwarmwassernetz ... 75
7.5.2 Hilfsenergiebedarf für gebäudezentrale Verteilung ... 76
7.6 Verteilung und Anlagenbestandteile bei dezentraler / wohnungszentraler Versorgung ... 77
7.6.1 Hilfsenergiebedarf für dezentrale / wohnungszentrale Verteilung ... 77
7.7 Übergabe für Trinkwarmwasser ... 77
7.8 Vorgehen bei der Datenaufnahme ... 77

8 Bilanzierung der Nutzenergie für die Luftaufbereitung nach DIN V 18599-3:2011-12 ... 78
8.1 Ablauf der monatlichen Bilanzierung für einen Versorgungsbereich o. eine Zone ... 78
8.1.1 Zuordnung von RLT-Anlagenkomponenten ... 79
8.1.2 Luft-Luft-Wärmepumpen und Umluftanlagen ... 79
8.2 Bestimmung des Endenergiebedarfs für die Luftförderung ... 79
8.2.1 Bestimmung von Auslegungsvolumenstrom, Druckverlusten und Wirkungsgraden ... 80
8.2.2 Bilanzierung der Endenergieaufwendungen in Abhängigkeit der Regelung ... 81
8.3 Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs für Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten der Luft ... 82
8.3.1 Berechnung mit dem Kennwertverfahren ... 83
8.3.2 Umrechnung der angegeben Tabellenwerte des Kennwertverfahrens ... 83
8.4 Einrechnung von alternativer Kälteerzeugung ... 84
8.4.1 Indirekte Verdunstungskühlung (IEC) ... 84
8.4.2 Sorptionsgestützte Klimatisierung (DEC) ... 85
8.5 Spezielle Anlagenkonzepte ... 86
8.6 Vorgehen bei der Datenaufnahme ... 86

9 Bilanzierung des Endenergiebedarfs für RLT- und Klimakältesysteme nach DIN V 18599-7:2011-12 ... 87
9.1 Allgemeine Zusammenhänge der Bilanzgrößen ... 87
9.1.1 Begriffliche Abgrenzung ... 88
9.2 Versorgungsbereiche für Kälte ... 88
9.3 Kälteerzeugersysteme - Allgemeines ... 89
9.3.1 Gliederung der Kälteerzeugersysteme ... 89
9.3.2 Anlagentechnischer Detailaufbau und Kreisläufe ... 90
9.4 Kälteerzeugersysteme - Detailbetrachtung der Kälteerzeuger ... 91
9.4.1 Kompressionskältemaschinen ... 91
9.4.2 Sorptionskältemaschinen ... 91
9.4.3 Geothermische Kühlung ... 92
9.4.4 Nutzung von Fernkälte ... 93
9.4.5 Endenergiebedarf der Kälteerzeuger ... 93
9.4.6 Leistungskennwerte bei mehreren Nutzungen und mehreren Anlagen ... 94
9.5 Kälteerzeugersysteme – Detailbetrachtung der Rückkühlung ... 95
9.5.1 Typen von Rückkühlwerken ... 95
9.5.2 Wirkungsweise der Rückkühlwerke ... 96
9.5.3 Endenergiebedarf Rückkühlung ... 96
9.5.4 Regenerative Anteile der Kühlung ... 97
9.6 Kältespeicher ... 97
9.6.1 Typen von Kältespeichern ... 97
9.6.2 Wirkungsweise der Kältespeicher ... 97
9.6.3 Endenergie Kältespeicherung ... 98
9.7 Kälteverteilung ... 98
9.7.1 Kälteverluste der Verteilnetze ... 98
9.7.2 Berechnung des Hilfsenergiebedarfs für Kühl- und Kaltwasserverteilung ... 99
9.7.3 Hinweise zur Berechnung des Hilfsenergiebedarfs für Kühl- und Kaltwasserverteilung ... 101
9.8 Kälteübergabe ... 101
9.8.1 Anlagen der Kälteübergabe ... 102
9.8.2 Detailbetrachtung der Kälteübergabe ... 102
9.8.3 Kälteverluste der Kälteübergabe ... 103
9.8.4 Hilfsenergieaufwand für die Kälteübergabe ... 103
9.9 Nutzkältebedarf ... 104
9.10 Sonstige Hilfsenergien ... 104
9.11 Vorgehen bei der Datenaufnahme ... 104

10 Bilanzierung des Endenergiebedarfs von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsysteme im Wohnungsbau nach DIN V 18599-6:2011-12 ... 105
10.1 Wärmeerzeugung durch Wohnungslüftungs- und Luftheizungsanlagen ... 105
10.1.1 Einordnung der Erzeugersysteme ... 106
10.1.2 Abluftsysteme ... 106
10.1.3 Abluft-Zuluft-Systeme ... 106
10.1.4 Zuluftsysteme ... 107
10.1.5 Luftheizung ... 108
10.1.6 Ansatz zur Bilanzierung der Erzeugernutzwärmeabgabe ... 108
10.1.7 Wichtige Kennwerte zur Bestimmung der Erzeugernutzwärmeabgabe ... 109
10.1.8 Bestimmung von Wärmeverlusten bei der Erzeugung ... 109
10.1.9 Hilfsenergien bei der Wärmeerzeugung ... 109
10.2 Kälteerzeugung im Wohnungsbau ... 110
10.2.1 Einordnung der Erzeugersysteme ... 110
10.2.2 Aktive Kühlung ... 111

10.2.3 Passive Kühlung 111
10.2.4 Bestimmung von Verlusten bei der Kälteerzeugung 112
10.2.5 Hilfsenergien bei der Kälteerzeugung 112
10.3 Speicherung von Lüftungswärme 112
10.3.1 Hilfsenergiebedarf zur Speicherung von Lüftungswärme 112
10.4 Speicherung von Kälte im Wohnungsbau 112
10.5 Verteilungsverluste bei Lüftung und Kälte durch Wohnungslüftungsanlagen 113
10.5.1 Verluste der Luftverteilung 113
10.5.2 Hilfsenergiebedarf der Luftverteilung 113
10.5.3 Verluste der Kälteverteilung 114
10.5.4 Hilfsenergiebedarf zur Kälteverteilung 114
10.6 Übergabe von Wärme durch Wohnungslüftungsanlagen 114
10.6.1 Hilfsenergiebedarf Wärmeübergabe 115
10.7 Übergabe von Kälte durch Wohnungslüftungsanlagen 115
10.7.1 Hilfsenergiebedarf Kälteübergabe 115
10.8 Vorgehen bei der Datenaufnahme 115

11 Bilanzierung von stromproduzierenden Anlagen nach DIN V 18599-9:2011-12 116
11.1 Allgemeine Struktur der Bilanzierung für das Gesamtgebäude 116
11.2 Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK/CHP) 116
11.2.1 Bilanzielle Gutschrift der KWK-Stromerzeugung 117
11.2.2 Berechnungsablauf und wichtige Kennwerte 118
11.3 Stromerzeugung durch Windenergieanlagen (WEA) 118
11.3.1 Bilanzielle Gutschrift der Stromerzeugung durch Windkraft 119
11.3.2 Berechnungsablauf 119
11.4 Stromerzeugung durch Photovoltaik (PV) 120
11.4.1 Bilanzielle Gutschrift der Stromerzeugung durch Photovoltaik 120
11.4.2 Berechnungsablauf 120
11.5 Vorgehen bei der Datenaufnahme 121

12 Gebäudeautomation nach DIN V 18599-11:2011-12 122
12.1 Allgemeine Ansätze zur steuerungs- und regelungstechnischen Einflussnahme 122
12.2 Mögliche Einflussnahme zur Optimierung der Anlageneffizienz 122
12.3 Qualitative Kategorisierung der Gebäudeautomation 123
12.4 Detailbeschreibung und Verknüpfung mit den Vornormteilen 123

13 Bedarfs-/Verbrauchsabgleich nach Beiblatt 1 (Ausgabe 2010-01) 124
13.1 Anwendungsbereich 124
13.2 Bilanzumfang der DIN V 18599 124
13.3 Allgemeine Problemfelder 125
13.4 Verbrauchsdatenerhebung und -auswertung 125
13.4.1 Allgemeiner Ablauf der Verbrauchsdatenerhebung und -auswertung 125
13.4.2 Mengenerfassung bei leitungsgebundenen Endenergieträgern 126
13.4.3 Mengenerfassung bei nicht leitungsgebundenen Endenergieträgern 126
13.4.4 Umrechnung der Energiegehalte 126
13.4.5 Zeit- und Standort- bzw. Witterungskorrekturen 127
13.5 Verbrauchs/Bedarfsabgleich 127
13.5.1 Anpassung der Bedarfsbilanz auf die Verbrauchsauswertung 127
13.5.2 Bilanzeinfluss, Abweichung und Messbarkeit von Einzelgrößen 128
13.5.3 Zusammenstellung der Einflussgrößen nach Ermittlungsaufwand 128
13.5.4 Zusammenfassung der Vorgehensweise beim Verbrauchs/Bedarfsabgleiches 131

14 Nachweis Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) nach Beiblatt 2 (Ausgabe 2012-06) 132
14.1 Geltungsbereich EEWärmeG 132
14.1.1 Allgemeiner Geltungsbereich 132
14.1.2 Ausnahmeregelungen 132
14.2 Grundlagen zur Nachweiserfüllung 133
14.3 Möglichkeiten der Nachweisführung 133
14.3.1 Einzelmaßnahmen 133
14.3.2 Ersatzmaßnahmen 133
14.3.3 Maßnahmenkombination 134
14.4 Datenermittlung aus den Berechnungsergebnissen nach DIN V 18599 134
14.5 Nachweisführung 135

15 Überführung der Berechnungsergebnisse einer Energiebilanz nach DIN V 18599 in ein standardisiertes Ausgabeformat nach Beiblatt 3 (Ausgabe 2015-07) 137
15.1 Möglichkeiten der Ergebnisdarstellung 137
15.2 Inhaltliche Zusammenfassung und Erläuterungen zur Ausgabe 138
15.2.1 Formularinhalte bei der allgemeinen Dokumentation 138
15.2.2 Formularinhalte bei der verkürzten Wohngebäude-Dokumentation 139
15.2.3 Allgemeine Erläuterungen zur Dokumentation 139

16 Sachwortverzeichnis 140

17 Ergänzende Hilfestellungen zur Bilanzierung 144
17.1 Hilfestellungen zur Gesamtbilanzierung 144
17.2 Hilfestellungen zu einzelnen oder mehreren Teilen der Vornormenreihe 145

18 Begriffslexikon 150
18.1 Strukturierung und Hinweise zur Anwendung 150
18.2 Kategorisierung nach Normteilen 151
18.3 Lexikoneinträge 152

19 Anhang 167
19.1 Tabellenverzeichnis 167
19.2 Abbildungsverzeichnis 167
19.3 Quellenangaben 171
19.3.1 Abbildungsquellen 171
19.3.2 Inhaltliche Quellen 172

Allgemeine Vorbemerkungen

Steffen Henning
Kati Jagnow

Anwendungsleitfaden zur DIN V 18599
Ausgabe 2011-12

Liebe Interessenten des Leitfadens,
liebe Lehrende und Studierende,

18.08.2017

motiviert durch zahlreiche Anfragen zum Anwendungsleitfaden möchten wir Sie gerne im Verständnis der Norm parallel zum Buch weiter unterstützen.

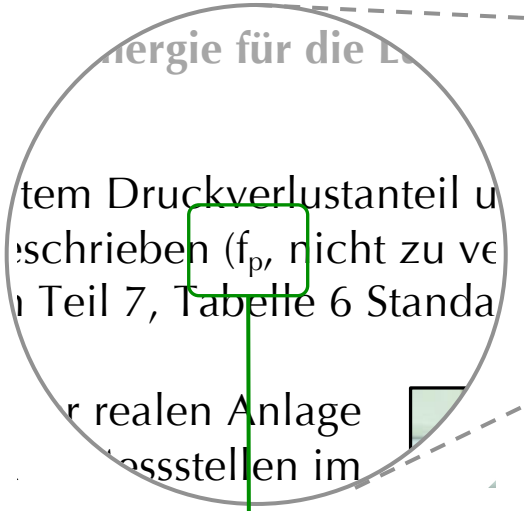
Nachfolgend finden Sie (fast) alle im Buch verwendeten Abbildungen in digitaler Form in Reihenfolge der Kapitel. Sie können diese unter jeweiliger Nennung des bzw. der Autoren für **Studium und Lehre kostenfrei** verwenden. Die ausführlichen Bildunterschriften und Bildnachweise finden Sie angefügt an dieses Dokument.

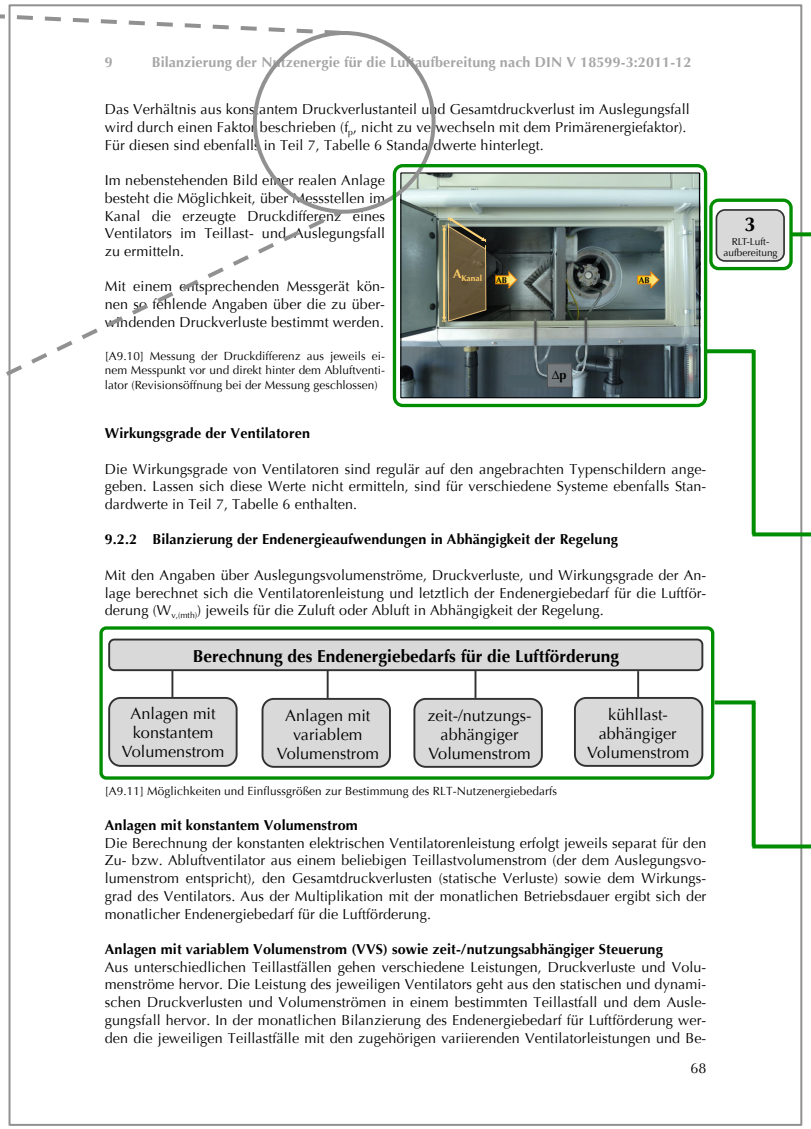
Eine kommerzielle Nutzung darf wie bisher nur mit schriftlicher Zustimmung der Autoren erfolgen.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

Steffen Henning und Kati Jagnow

Kapitel 1





9 Bilanzierung der Nutzenergie für die Luftaufbereitung nach DIN V 18599-3:2011-12

Das Verhältnis aus konstantem Druckverlustanteil und Gesamtdruckverlust im Auslegungsfall wird durch einen Faktor beschrieben (f_p, nicht zu verwechseln mit dem Primärenergiefaktor). Für diesen sind ebenfalls in Teil 7, Tabelle 6 Standardwerte hinterlegt.

Im nebenstehenden Bild einer realen Anlage besteht die Möglichkeit, über Messstellen im Kanal die erzeugte Druckdifferenz eines Ventilators im Teillast- und Auslegungsfall zu ermitteln.

Mit einem entsprechenden Messgerät können so fehlende Angaben über die zu überwindenden Druckverluste bestimmt werden.

[A9.10] Messung der Druckdifferenz aus jeweils einem Messpunkt vor und direkt hinter dem Abluftventilator (Revisionsöffnung bei der Messung geschlossen)

Wirkungsgrade der Ventilatoren

Die Wirkungsgrade von Ventilatoren sind regulär auf den angebrachten Typenschildern angegeben. Lassen sich diese Werte nicht ermitteln, sind für verschiedene Systeme ebenfalls Standardwerte in Teil 7, Tabelle 6 enthalten.

9.2.2 Bilanzierung der Endenergieaufwendungen in Abhängigkeit der Regelung

Mit den Angaben über Auslegungsvolumenströme, Druckverluste, und Wirkungsgrade der Anlage berechnet sich die Ventilatorenleistung und letztlich der Endenergiebedarf für die Luftförderung ($W_{v,mth}$) jeweils für die Zuluft oder Abluft in Abhängigkeit der Regelung.

Berechnung des Endenergiebedarfs für die Luftförderung

- Anlagen mit konstantem Volumenstrom
- Anlagen mit variablem Volumenstrom
- zeit-/nutzungs-abhängiger Volumenstrom
- kühllast-abhängiger Volumenstrom

[A9.11] Möglichkeiten und Einflussgrößen zur Bestimmung des RLT-Nutzenergiebedarfs

Anlagen mit konstantem Volumenstrom
Die Berechnung der konstanten elektrischen Ventilatorenleistung erfolgt jeweils separat für den Zu- bzw. Abluftventilator aus einem beliebigen Teillastvolumenstrom (der dem Auslegungsvolumenstrom entspricht), den Gesamtdruckverlusten (statische Verluste) sowie dem Wirkungsgrad des Ventilators. Aus der Multiplikation mit der monatlichen Betriebsdauer ergibt sich der monatlicher Endenergiebedarf für die Luftförderung.

Anlagen mit variablem Volumenstrom (VVS) sowie zeit-/nutzungsabhängiger Steuerung
Aus unterschiedlichen Teillastfällen gehen verschiedene Leistungen, Druckverluste und Volumenströme hervor. Die Leistung des jeweiligen Ventilators geht aus den statischen und dynamischen Druckverlusten und Volumenströmen in einem bestimmten Teillastfall und dem Auslegungsfall hervor. In der monatlichen Bilanzierung des Endenergiebedarf für Luftförderung werden die jeweiligen Teillastfälle mit den zugehörigen variierenden Ventilatorleistungen und Be-

68

Maßgebenden Kenngrößen sind zur Wiedererkennung in der textlichen Beschreibung innerhalb des Leitfadens die normativ verwendeten Symbole in Klammern zugeordnet.

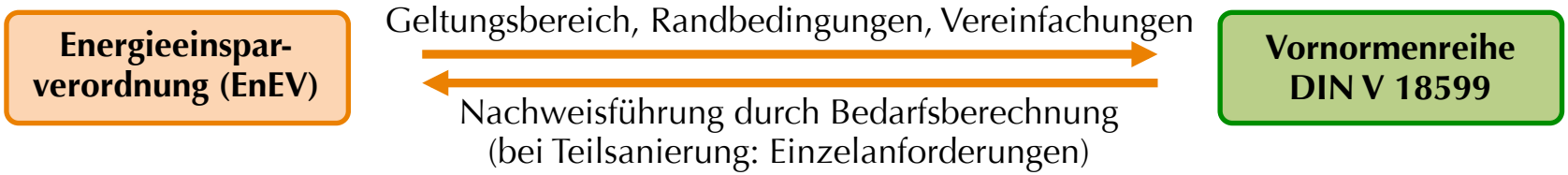
Eine strukturelle Zuordnung der Inhalte zum jeweiligen Teil der Norm erfolgt durch seitliche Register in einheitlichem Design mit Nummer und kurzer Bezeichnung.

Unterstützende Bilder von realen Anlagen, die zum Teil mit der grafischen Zuordnung von in der Norm verwendeten Kenngrößen ergänzt sind.

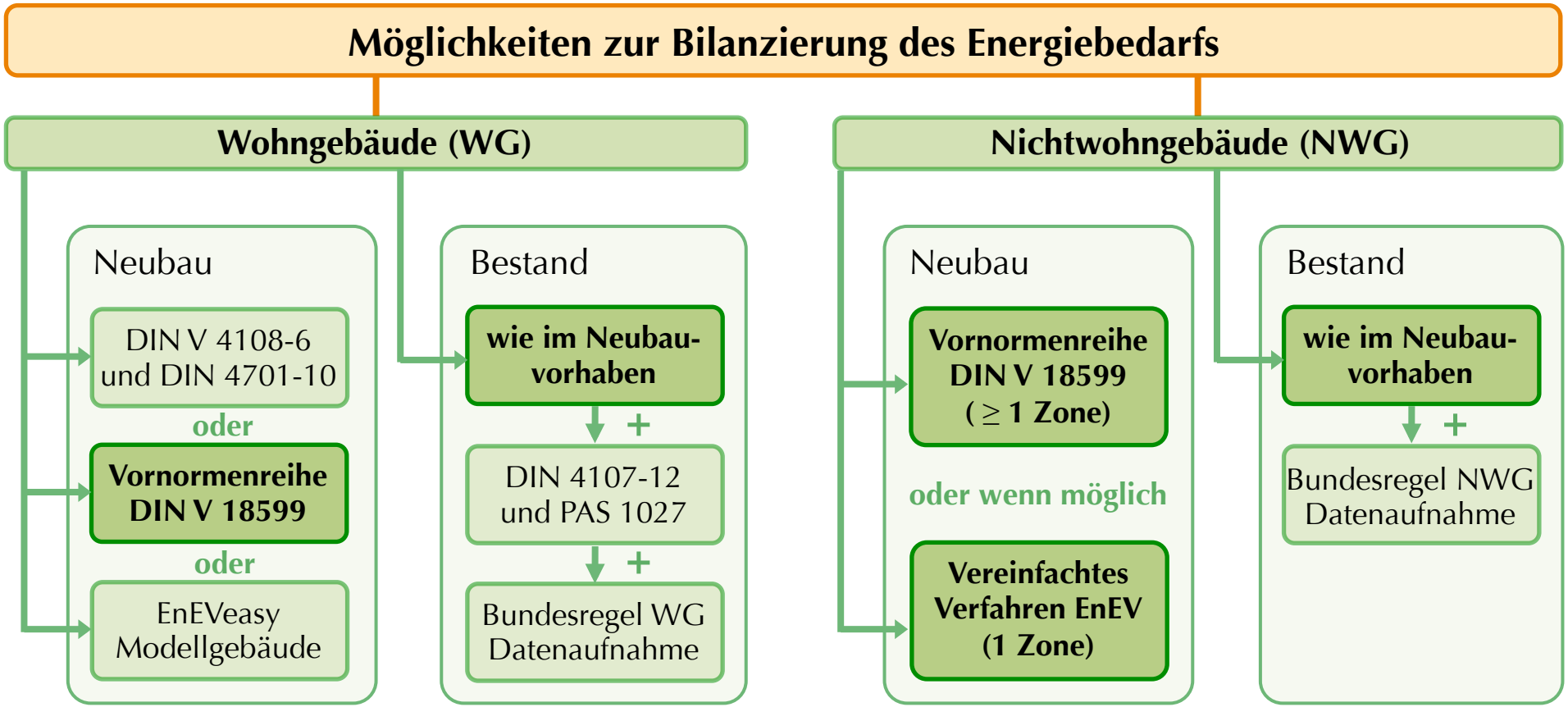
Verschiedene Schemata für die übersichtliche Darstellung von strukturellen Zusammenhängen oder Funktionsweisen besitzen die gleiche Farbgebung innerhalb eines Normteils.

[A1.1]

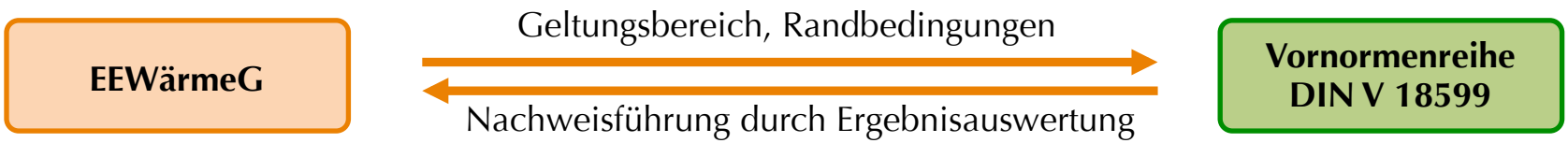
Kapitel 2



[A2.1]



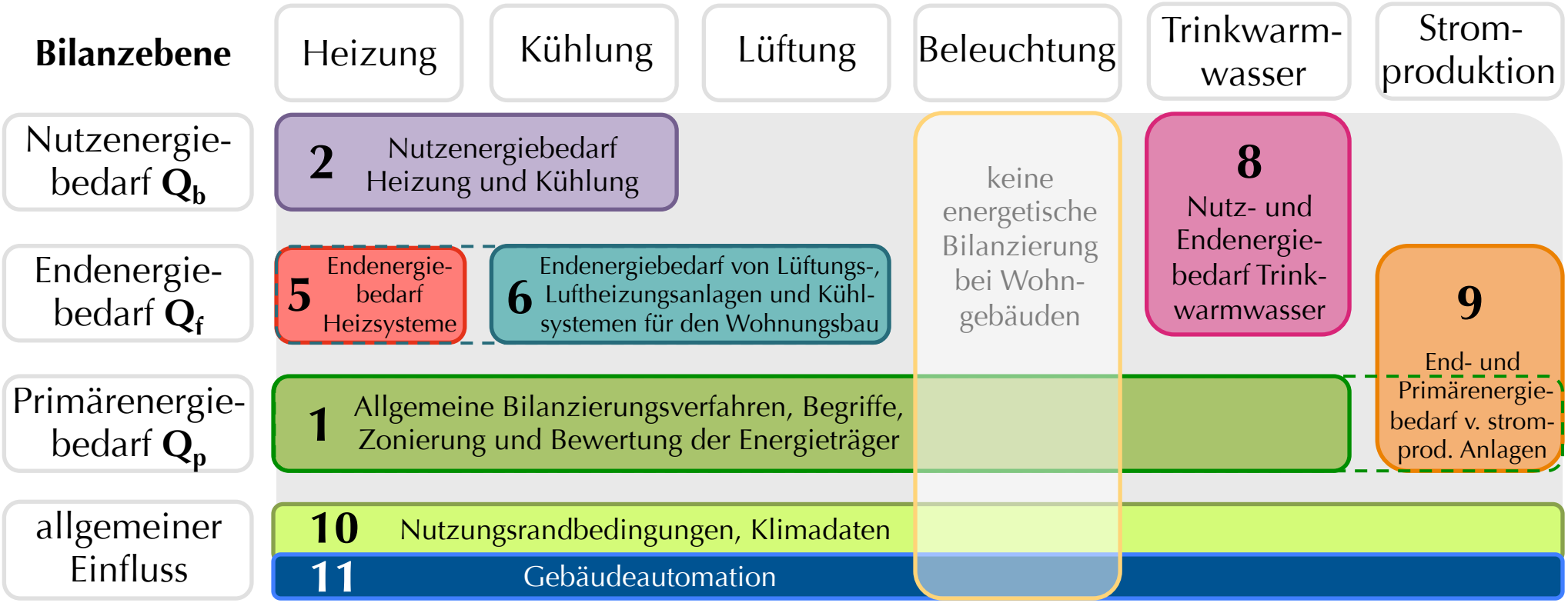
[A2.2]



[A2.3]

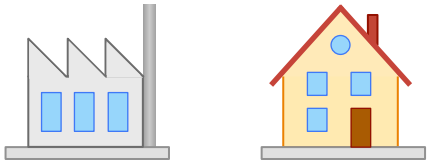
Kapitel 3

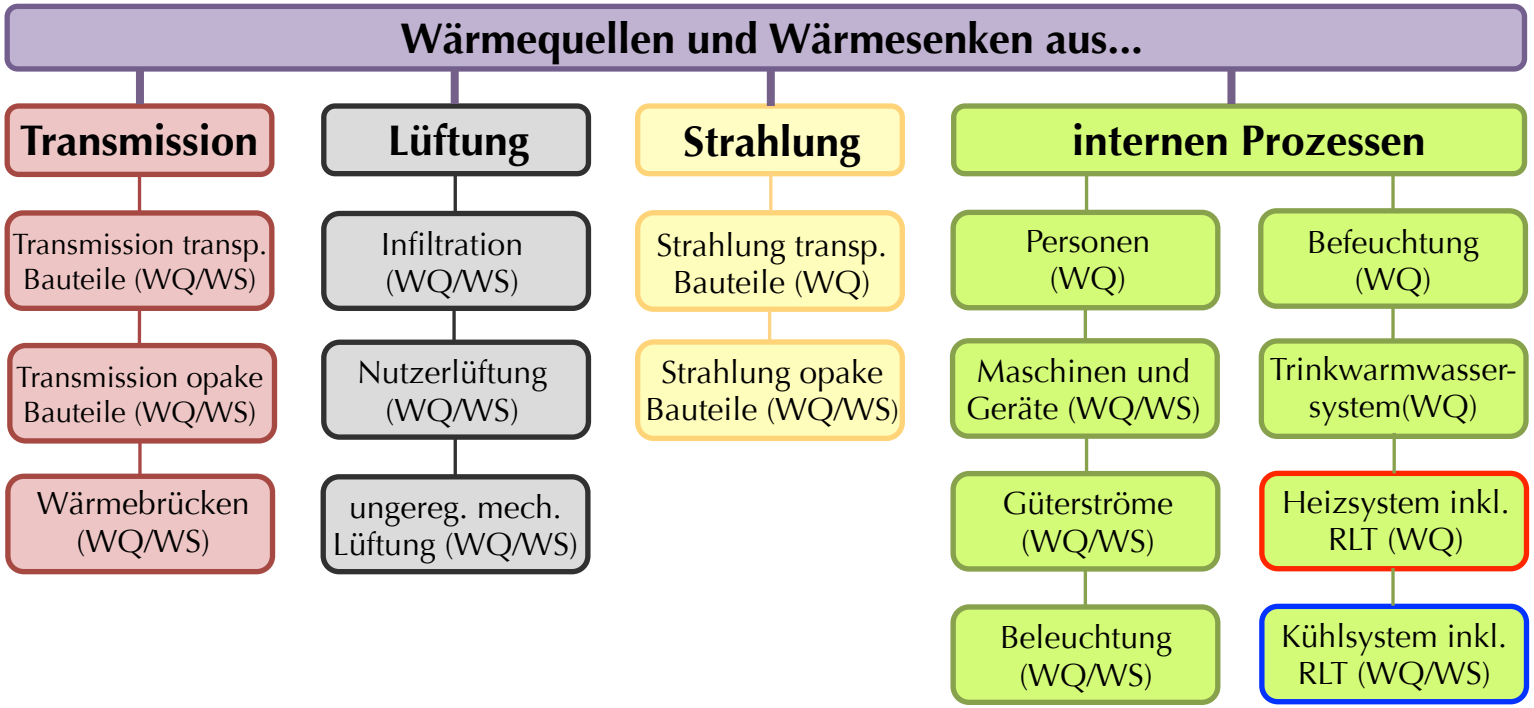
[A3.1]



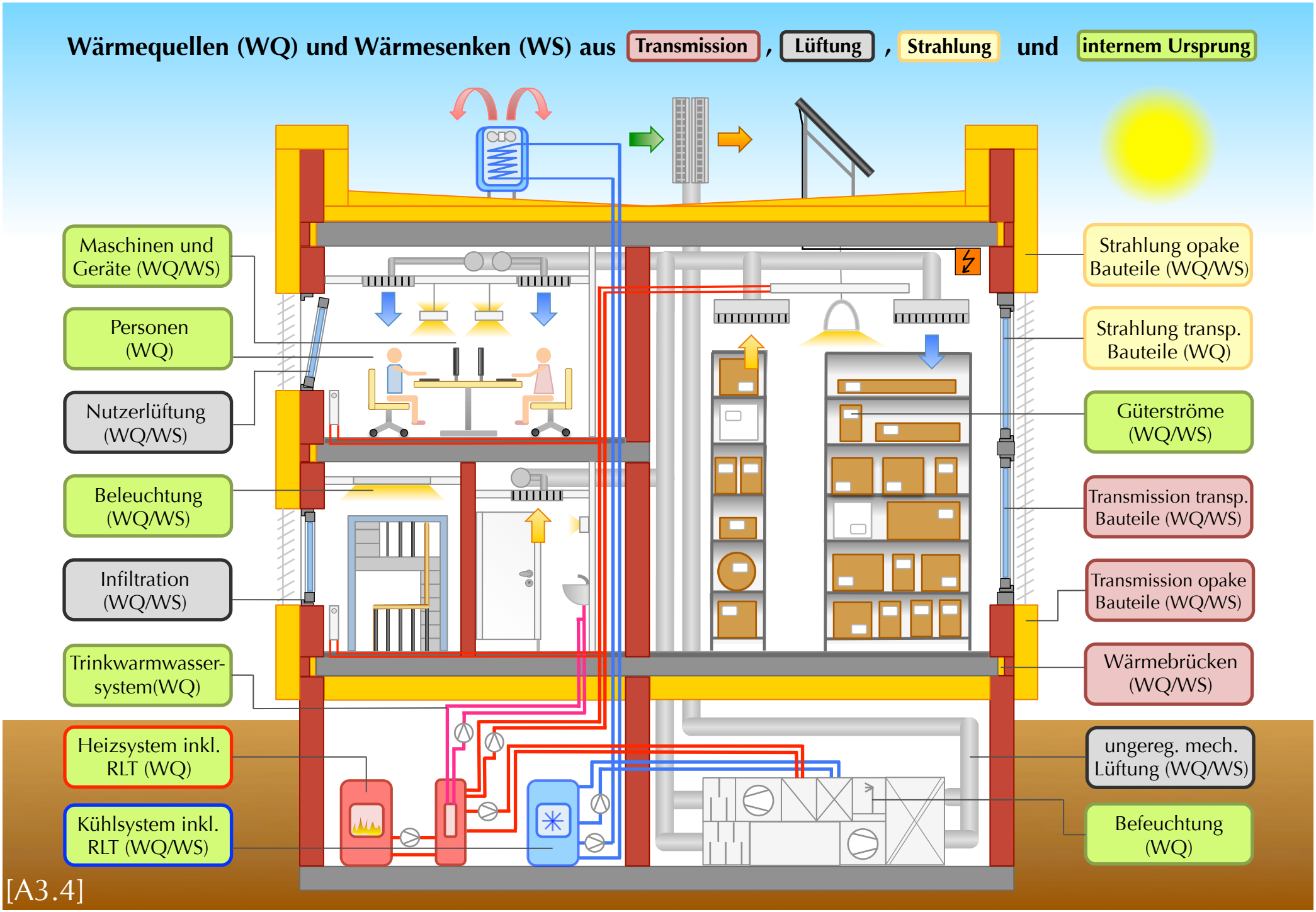
[A3.2]

[T3.1] Grafiken der Gebäude

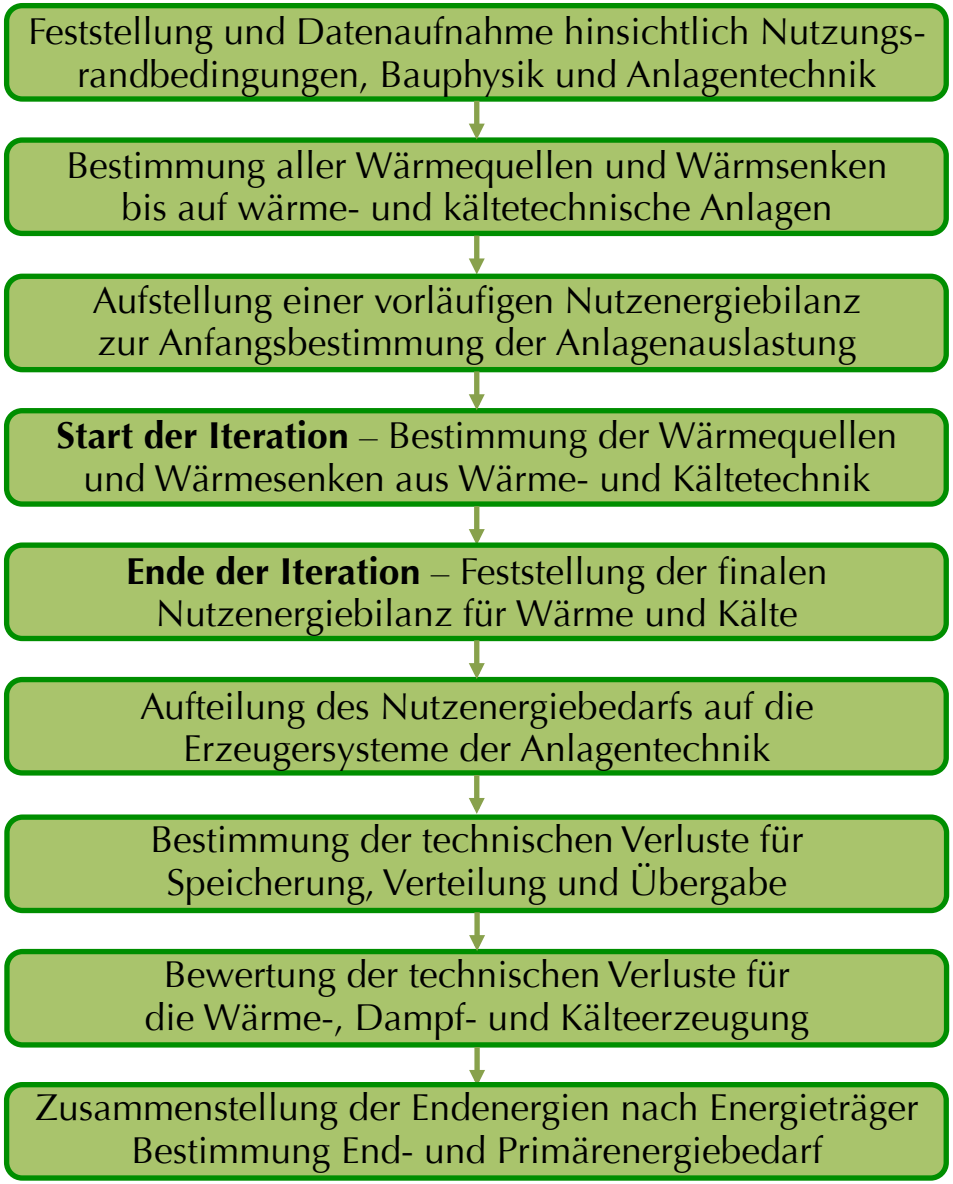



Wärmequellen und Wärmesenken aus...
Transmission
Lüftung
Strahlung
internen Prozessen
Transmission transp. Bauteile (WQ/WS)
Transmission opake Bauteile (WQ/WS)
Wärmebrücken (WQ/WS)
Infiltration (WQ/WS)
Nutzerlüftung (WQ/WS)
ungereg. mech. Lüftung (WQ/WS)
Strahlung transp. Bauteile (WQ)
Strahlung opake Bauteile (WQ/WS)
Personen (WQ)
Maschinen und Geräte (WQ/WS)
Güterströme (WQ/WS)
Beleuchtung (WQ/WS)
Befeuchtung (WQ)
Trinkwarmwasser-system(WQ)
Heizsystem inkl. RLT (WQ)
Kühlsystem inkl. RLT (WQ/WS)

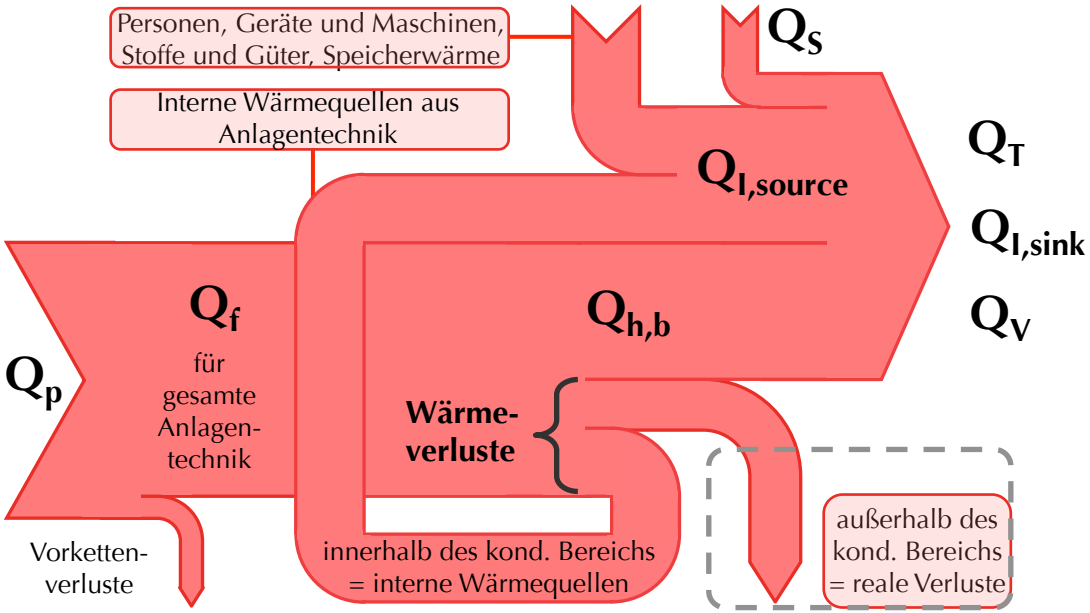
[A3.3]


Wärmequellen (WQ) und Wärmesenken (WS) aus Transmission , Lüftung , Strahlung und internem Ursprung
Maschinen und Geräte (WQ/WS)
Personen (WQ)
Nutzerlüftung (WQ/WS)
Beleuchtung (WQ/WS)
Infiltration (WQ/WS)
Trinkwarmwasser-system(WQ)
Heizsystem inkl. RLT (WQ)
Kühlsystem inkl. RLT (WQ/WS)
Strahlung opake Bauteile (WQ/WS)
Strahlung transp. Bauteile (WQ)
Güterströme (WQ/WS)
Transmission transp. Bauteile (WQ/WS)
Transmission opake Bauteile (WQ/WS)
Wärmebrücken (WQ/WS)
ungereg. mech. Lüftung (WQ/WS)
Befeuchtung (WQ)

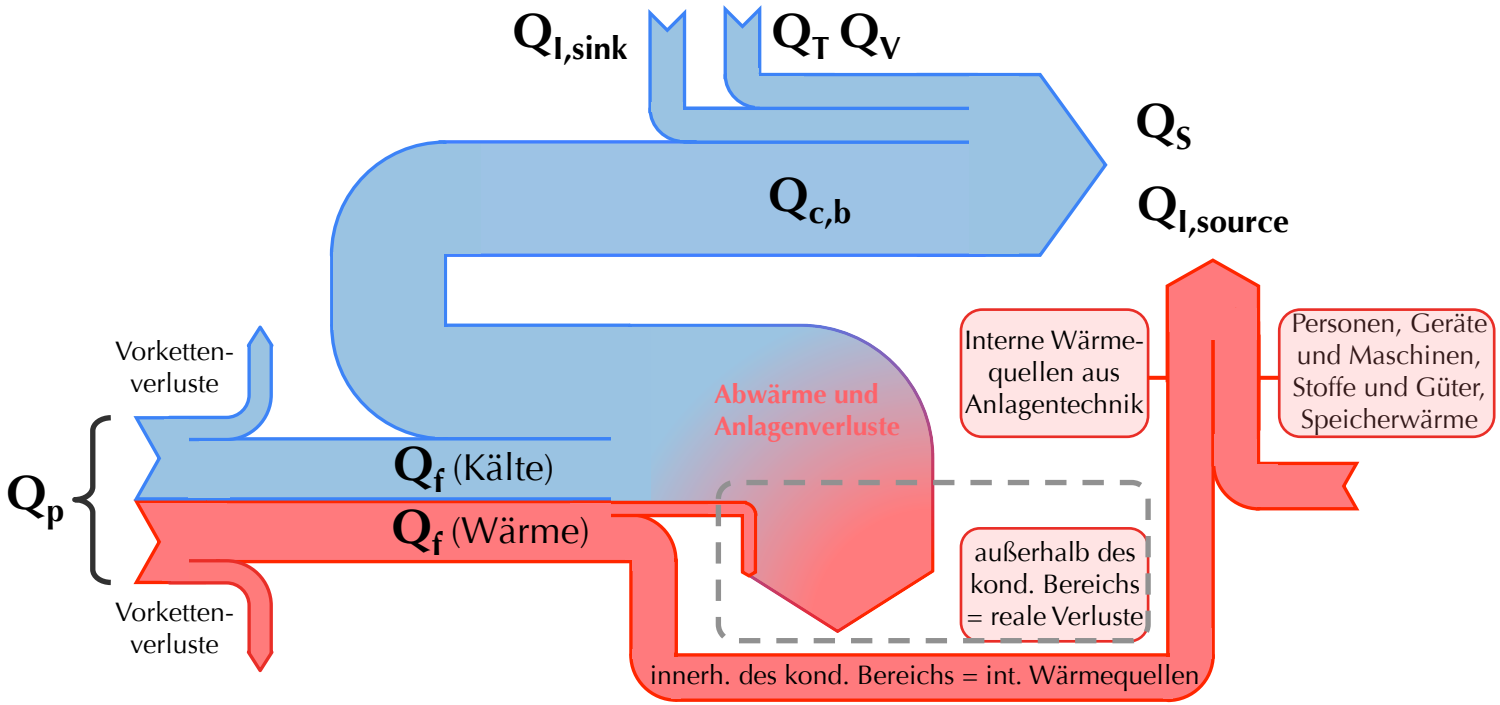
[A3.4]


Feststellung und Datenaufnahme hinsichtlich Nutzungs-randbedingungen, Bauphysik und Anlagentechnik
Bestimmung aller Wärmequellen und Wärmsenken bis auf wärme- und kältetechnische Anlagen
Aufstellung einer vorläufigen Nutzenergiebilanz zur Anfangsbestimmung der Anlagenauslastung
Start der Iteration – Bestimmung der Wärmequellen und Wärmesenken aus Wärme- und Kältetechnik
Ende der Iteration – Feststellung der finalen Nutzenergiebilanz für Wärme und Kälte
Aufteilung des Nutzenergiebedarfs auf die Erzeugersysteme der Anlagentechnik
Bestimmung der technischen Verluste für Speicherung, Verteilung und Übergabe
Bewertung der technischen Verluste für die Wärme-, Dampf- und Kälteerzeugung
Zusammenstellung der Endenergien nach Energieträger Bestimmung End- und Primärenergiebedarf

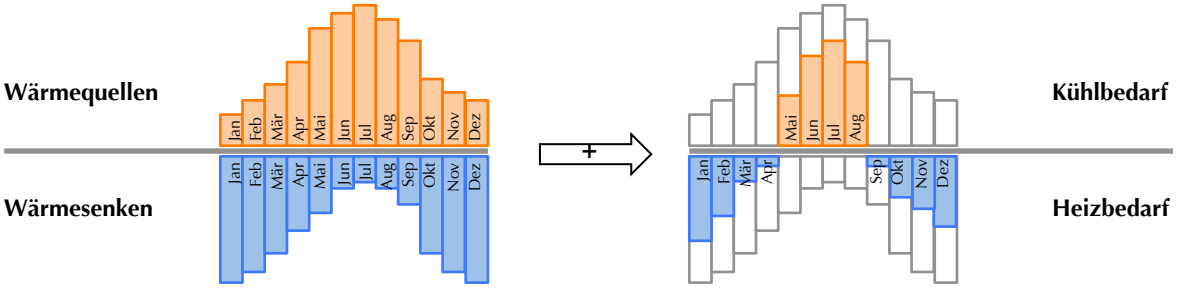
[A3.5]


Personen, Geräte und Maschinen, Stoffe und Güter, Speicherwärme
Interne Wärmequellen aus Anlagentechnik
Q_S
Q_T
$Q_{I,source}$
$Q_{I,sink}$
Q_V
Q_f
für gesamte Anlagen-technik
$Q_{h,b}$
Q_p
Wärme-verluste
Vorketten-verluste
innerhalb des kond. Bereichs = interne Wärmequellen
außerhalb des kond. Bereichs = reale Verluste

[A3.6]


$Q_{I,sink}$
Q_T Q_V
Q_S
$Q_{c,b}$
$Q_{I,source}$
Vorketten-verluste
Abwärme und Anlagenverluste
Interne Wärme-quellen aus Anlagentechnik
Personen, Geräte und Maschinen, Stoffe und Güter, Speicherwärme
Q_p
Q_f (Kälte)
Q_f (Wärme)
außerhalb des kond. Bereichs = reale Verluste
Vorketten-verluste
innerh. des kond. Bereichs = int. Wärmequellen

[A3.7]



[A3.8]

Beispiel: tägliche Wärmeverluste des Trinkwarmwassererzeugers im Stillstand

$$Q_{w,gen,P0,day}$$

Symbol

Q	Energie für die Konditionierung
W	Hilfsenergie

1. Indizierung

( )	betrifft alle tech. Gewerke	**rc**	Wohnungs-kühlungssystem
c	Raumkühlung	**rv**	Wohnungs-lüftungssystem
c*	RLT-Kühlung	**v**	Luftsystem
h	Heizsystem	**vc**	RLT-Luftsystem kalt
h*	RLT-Kühlung	**vh**	RLT-Luftsystem warm
l	Beleuchtung		
m*	Befeuchtung	**w**	Trinkwarmwasser

2. Indizierung

( )	betrifft alle Prozesse/Bilanzebenen
p	Primärenergie
reg	regenerative Energie
f	Endenergie
gen/g	Erzeugung
outg	Erzeugernutzenergieabgabe
s	Speicherung
d	Verteilung
ce	Übergabe
b	Nutzenergie

3. Indizierung

weitere spezifische Indizierung möglich

[A3.9]

[A4.1] nicht verfügbar

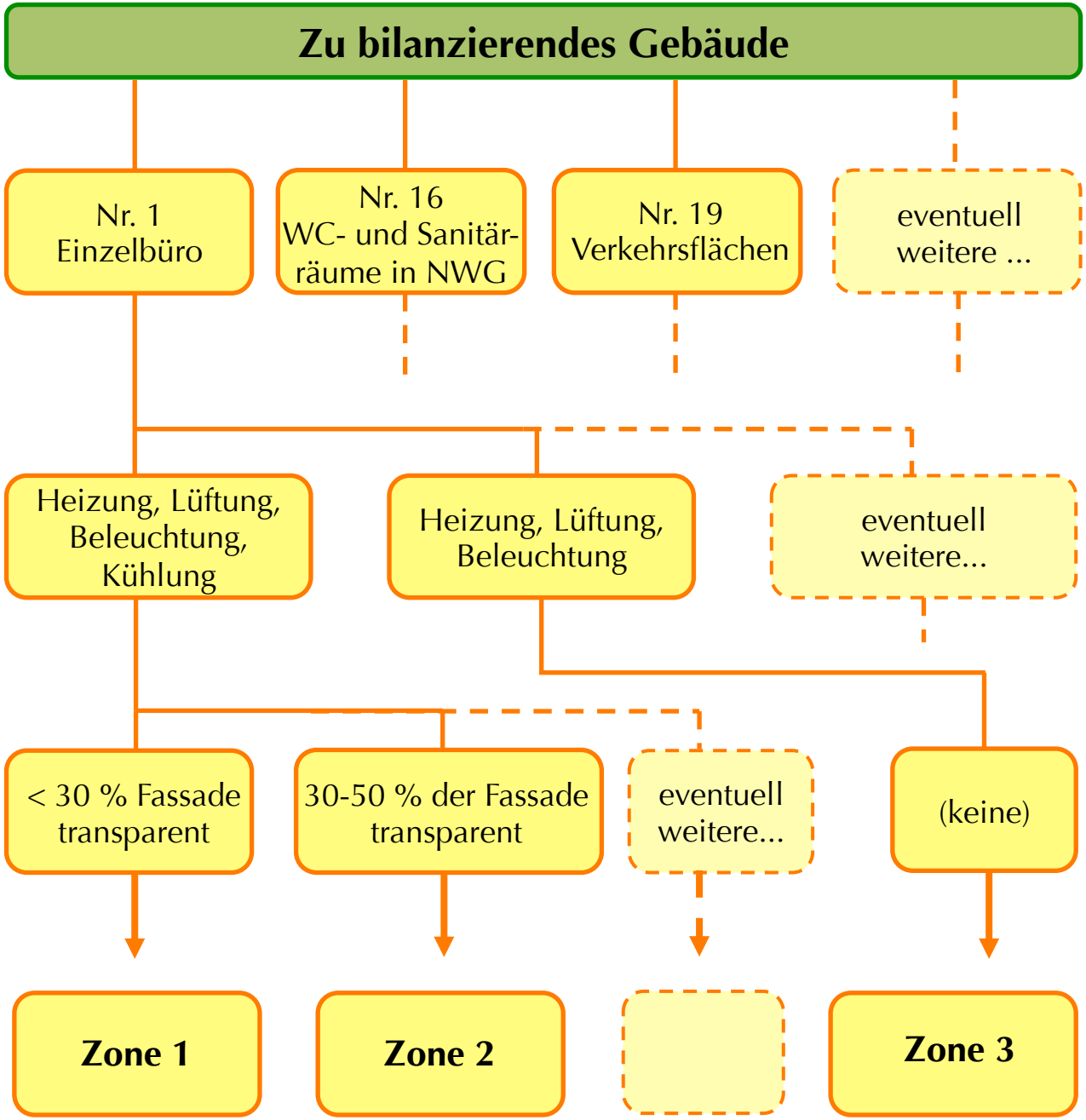
Ablauf der Zonierung

1. Einteilung nach **Nutzungsprofilen**
   (Teil 10: 1 Wohnprofil und 41 Nichtwohnprofile)

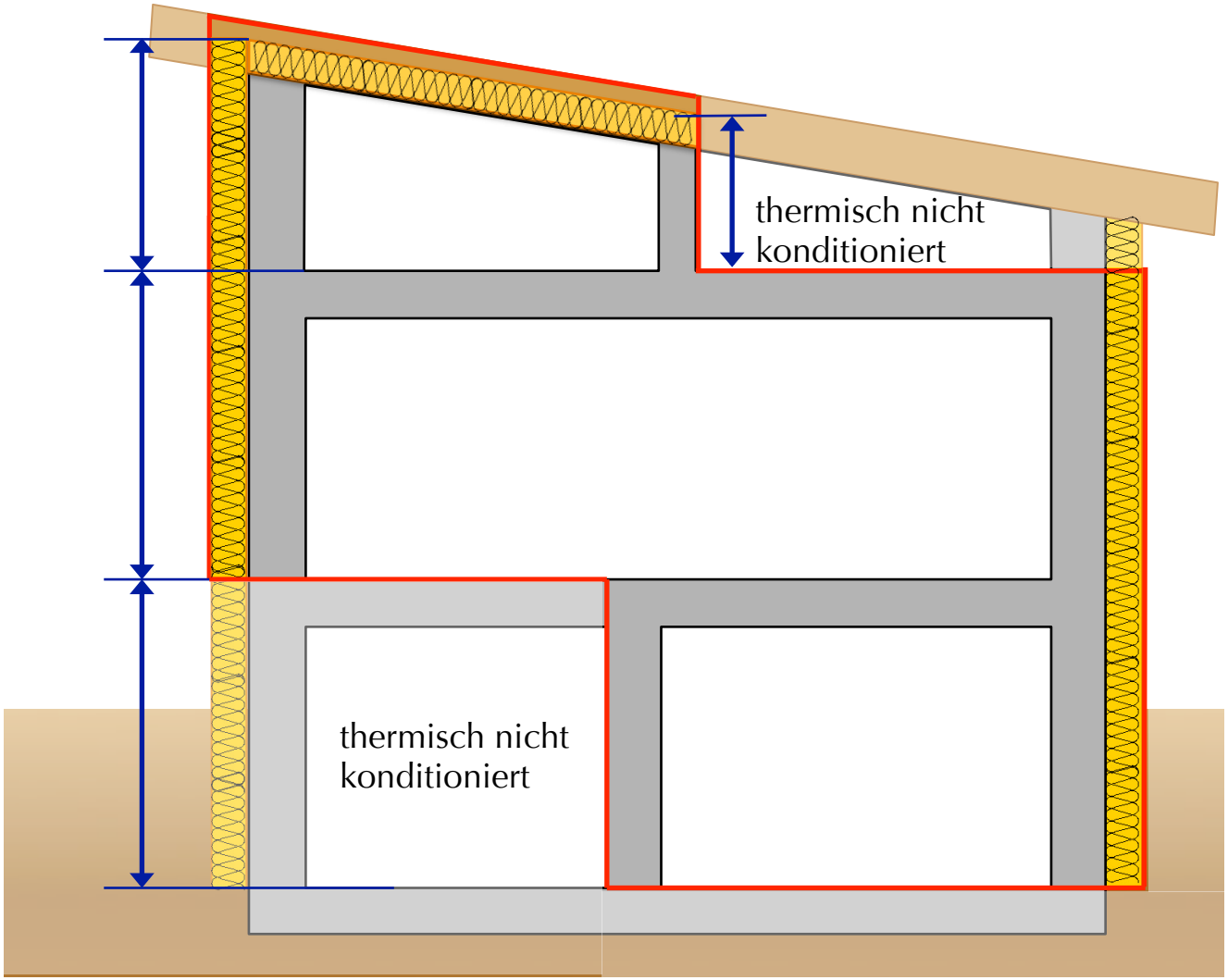
2. Einteilung nach **Konditionierung**
   (keine oder fixe Kombination aus Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Be-/Entfeuchtung)

3. Mögliche **Zonen-teilungskriterien**
   (Teil 1. z.B. unterschiedliche RLT-Technik, große Raumtiefe. Sonst: Einteilung aus Schritt 2)

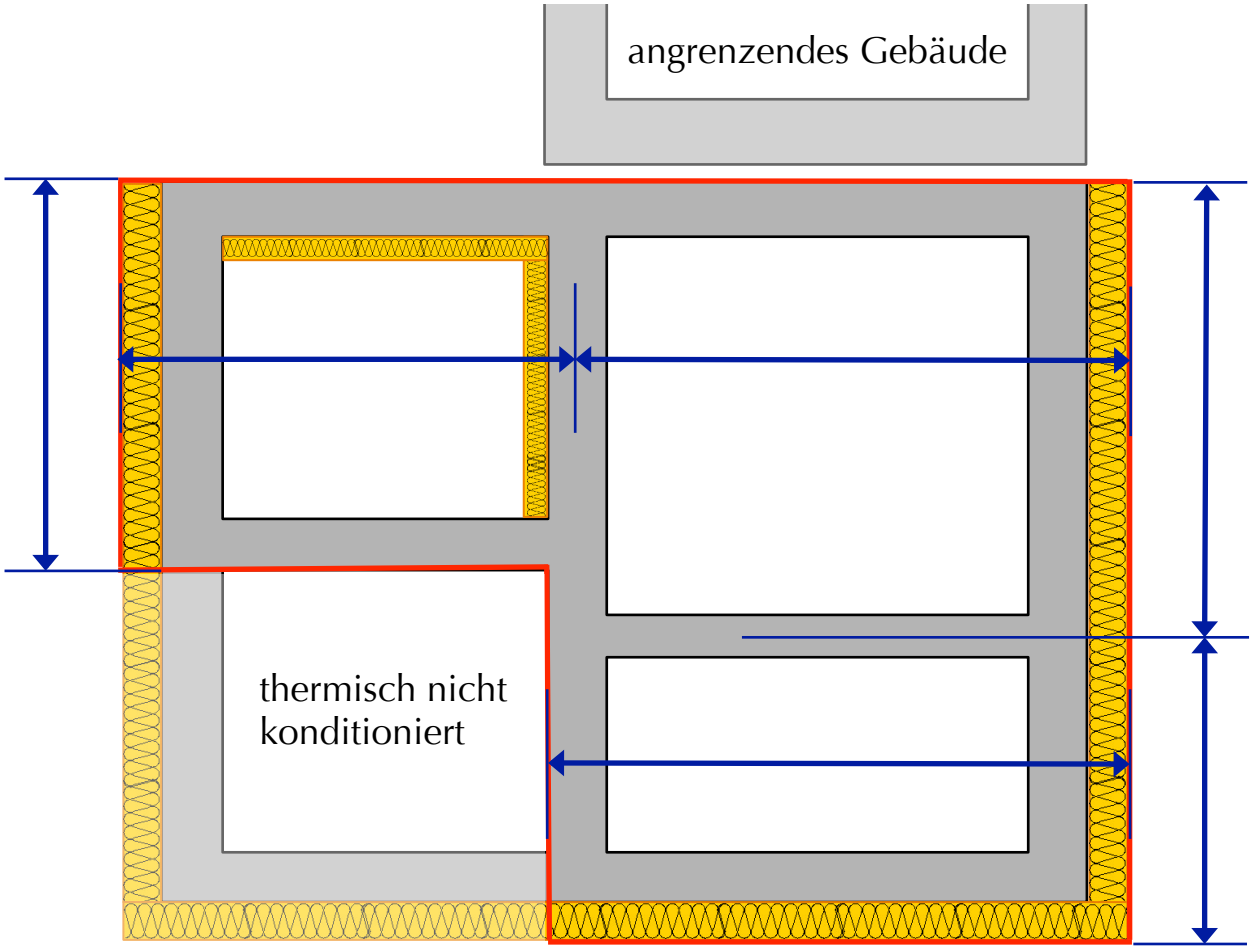
4. Fertige **Zonen** für die folgende Bilanzierung
   (Bezeichnungen sind frei wählbar, Systematik ist zu empfehlen)



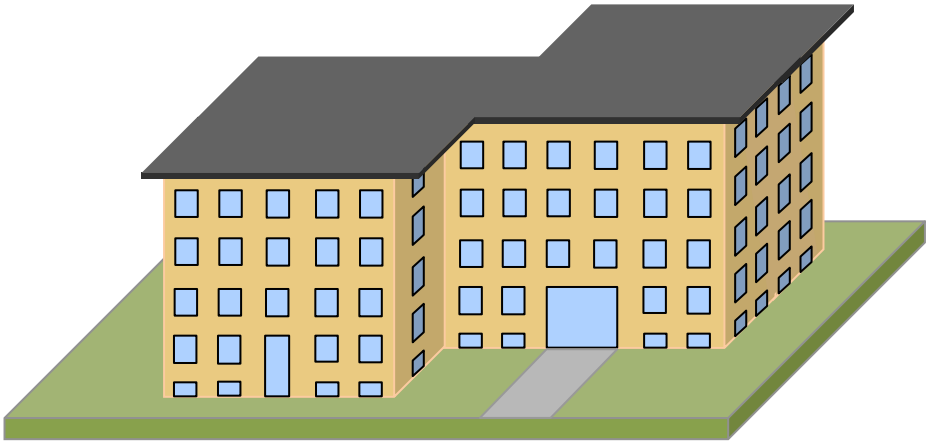
[A4.2]

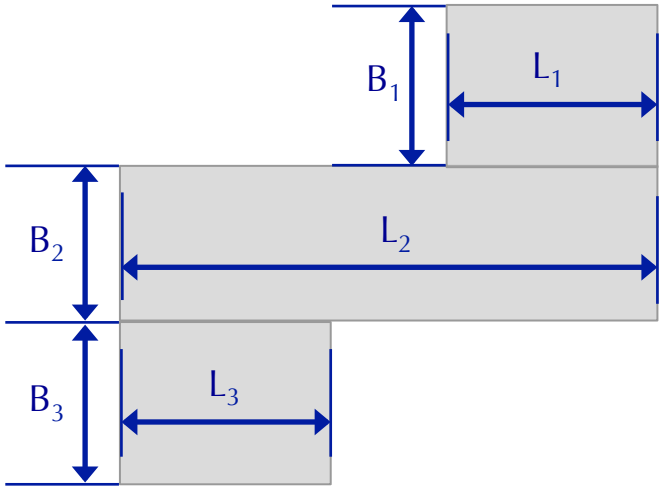

thermisch nicht
konditioniert
thermisch nicht
konditioniert

[A4.3]

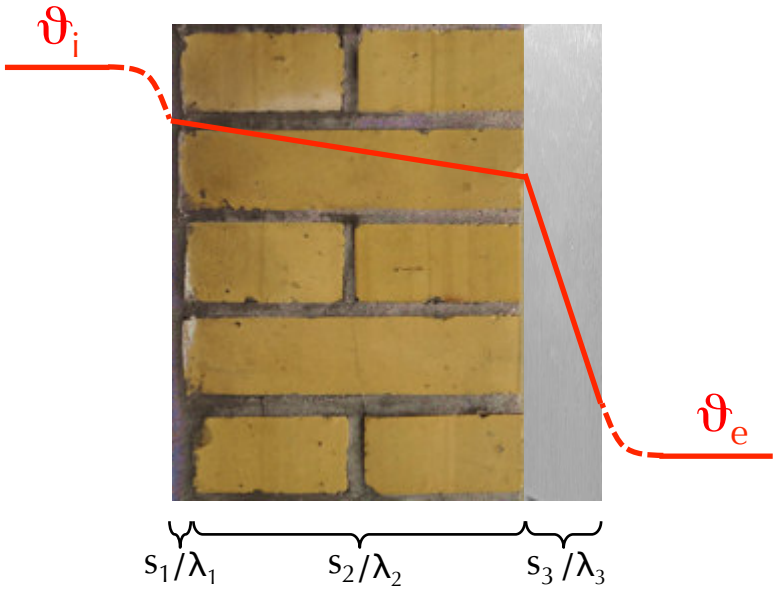


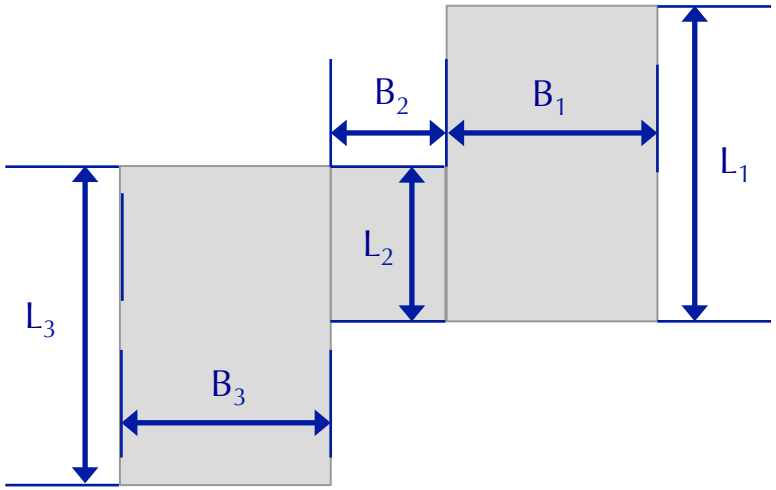
[A4.4]



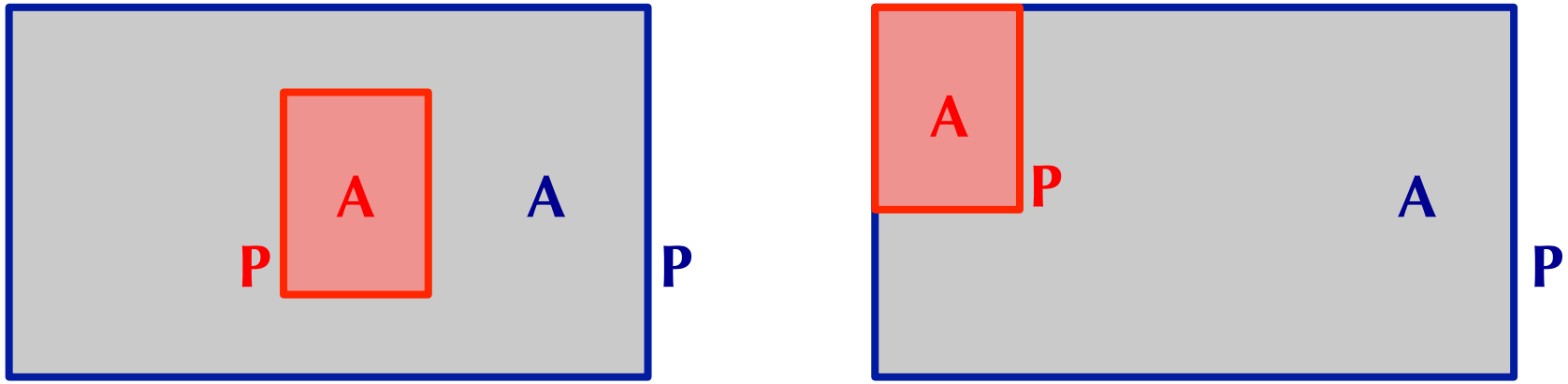


[A4.5]

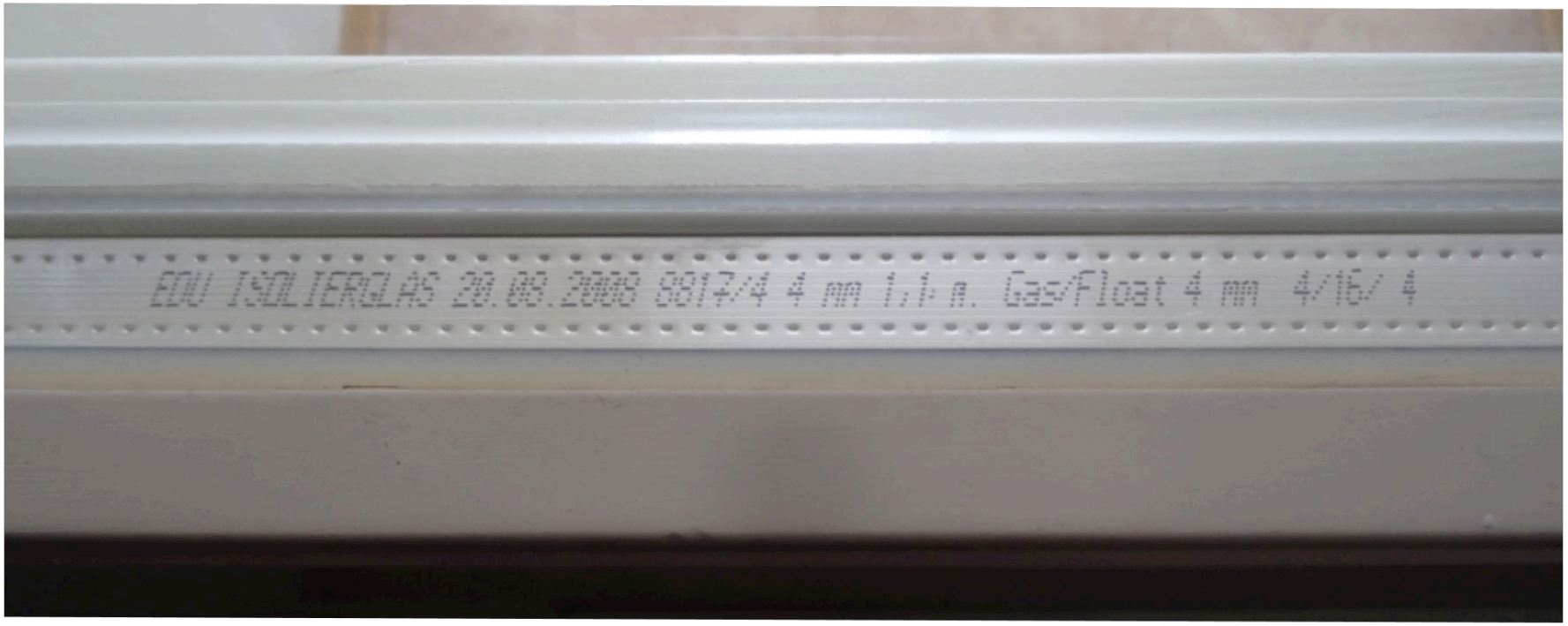




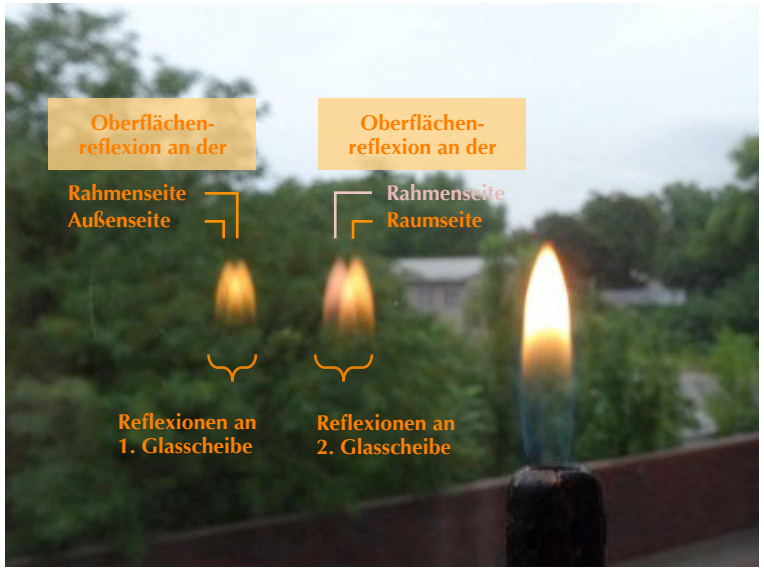
[A4.6]


A
A
P
P
A
P
A
P

[A4.7]

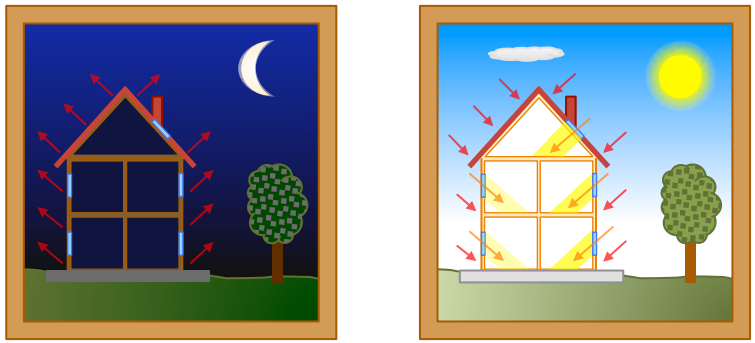

EDU ISOLIERGLAS 20.08.2008 8817/4 4 mm 1,1 n. Gas/Float 4 mm 4/16/ 4

[A4.8]



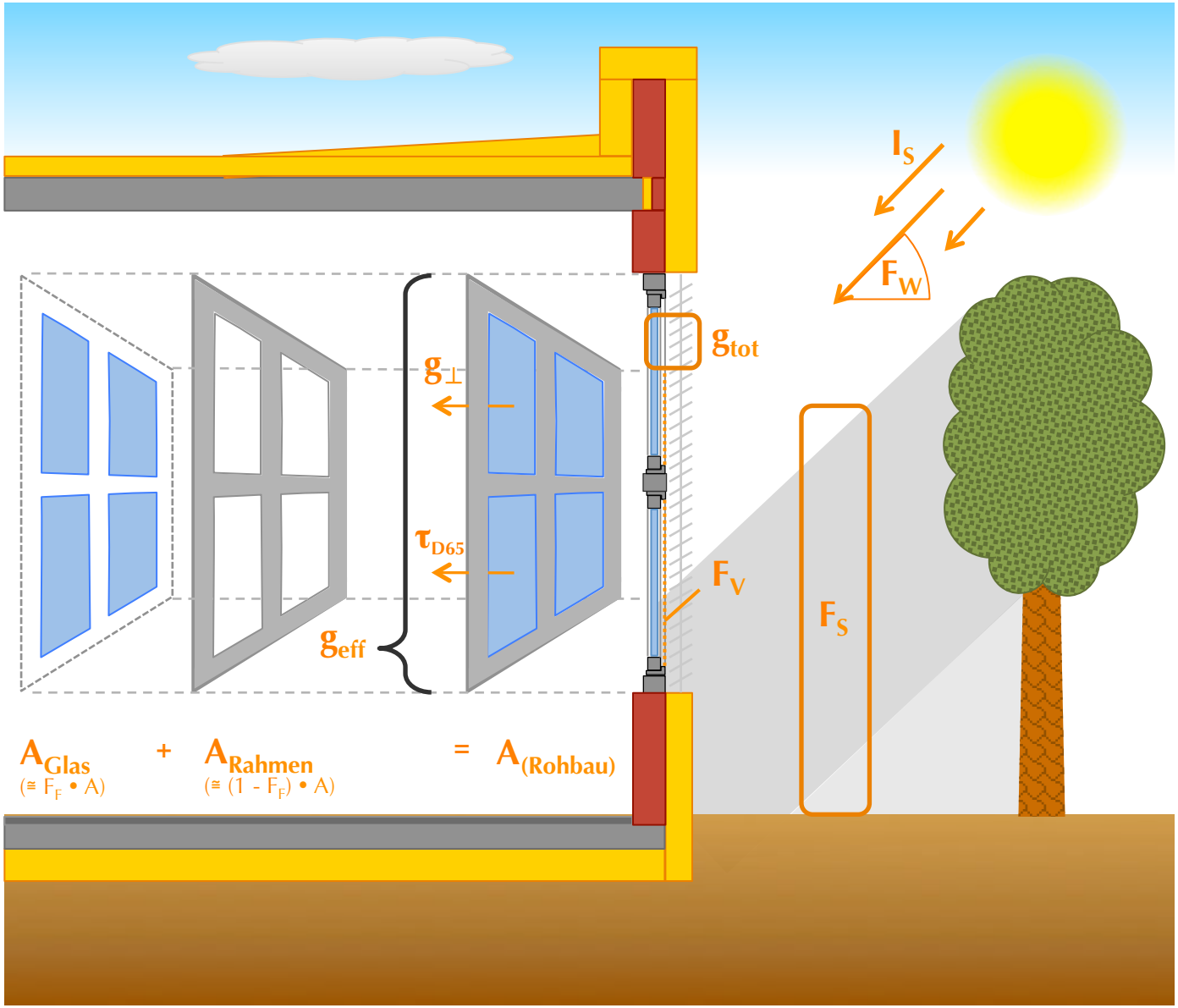
[A4.9]

[A4.10] nicht verfügbar

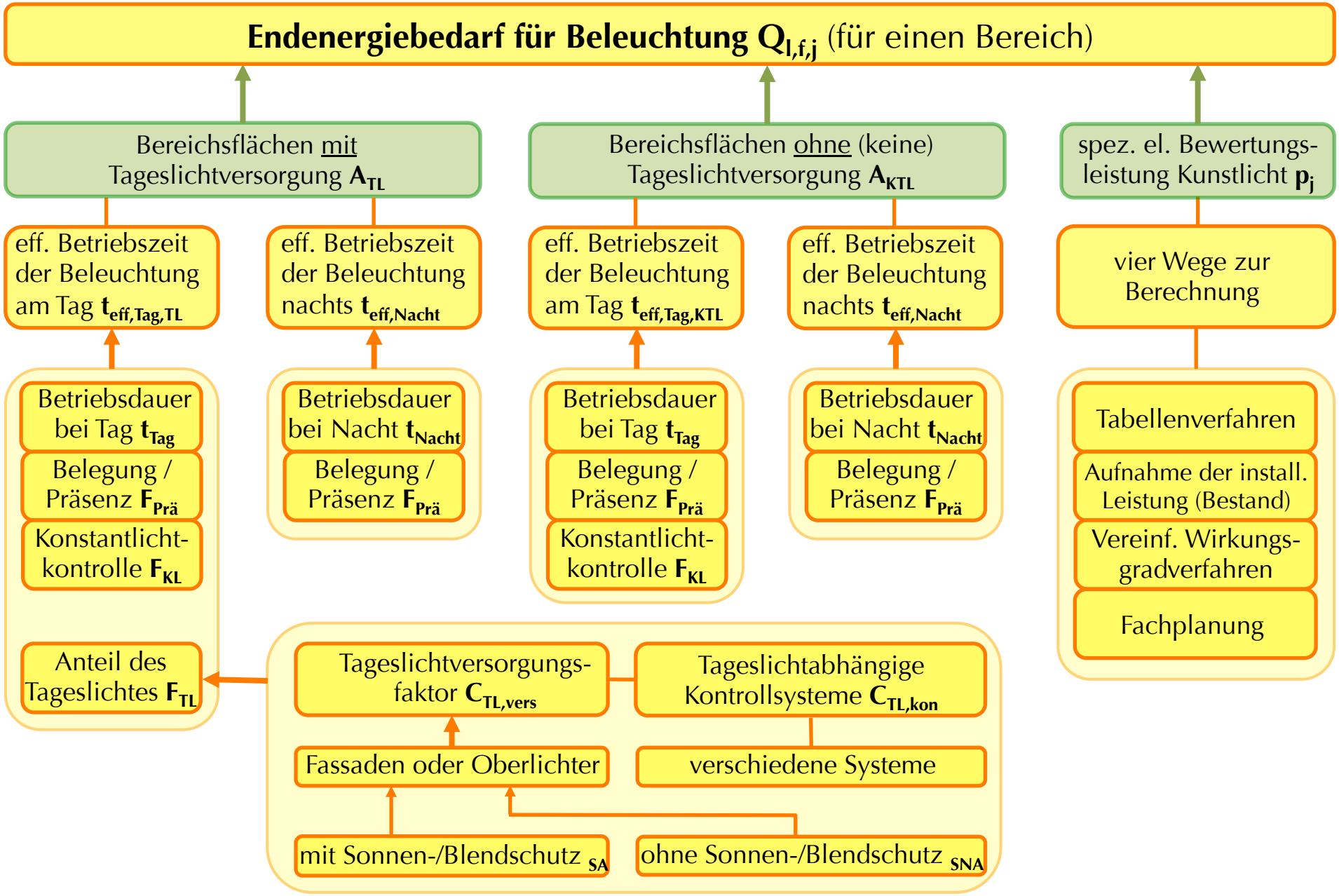


[A4.12]

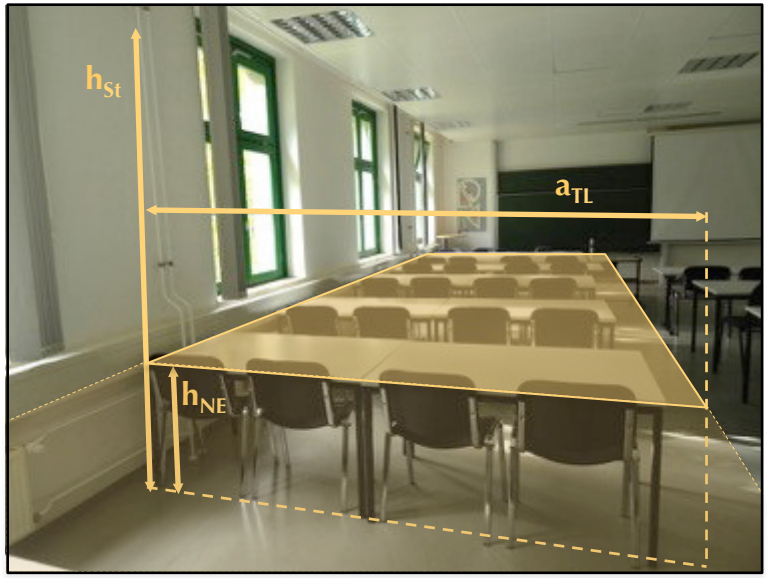
[A4.11]


I_S
F_W
g_{tot}
$g_\perp$
τ_{D65}
F_V
F_S
g_{eff}
A_{Glas}
(≅ F_F • A)
+
A_{Rahmen}
(≅ (1 - F_F) • A)
=
$A_{(Rohbau)}$

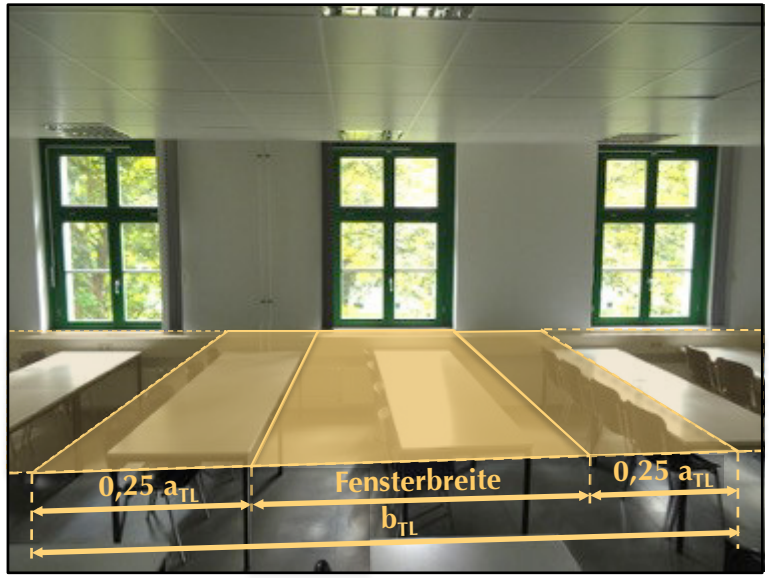
[A4.13]


Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f,j}$ (für einen Bereich)
Bereichsflächen mit Tageslichtversorgung A_{TL}
Bereichsflächen ohne (keine) Tageslichtversorgung A_{KTL}
spez. el. Bewertungs-leistung Kunstlicht p_j
eff. Betriebszeit der Beleuchtung am Tag $t_{eff,Tag,TL}$
eff. Betriebszeit der Beleuchtung nachts $t_{eff,Nacht}$
eff. Betriebszeit der Beleuchtung am Tag $t_{eff,Tag,KTL}$
eff. Betriebszeit der Beleuchtung nachts $t_{eff,Nacht}$
vier Wege zur Berechnung
Betriebsdauer bei Tag t_{Tag}
Belegung / Präsenz $F_{Prä}$
Konstantlicht-kontrolle F_{KL}
Anteil des Tageslichtes F_{TL}
Betriebsdauer bei Nacht t_{Nacht}
Belegung / Präsenz $F_{Prä}$
Betriebsdauer bei Tag t_{Tag}
Belegung / Präsenz $F_{Prä}$
Konstantlicht-kontrolle F_{KL}
Betriebsdauer bei Nacht t_{Nacht}
Belegung / Präsenz $F_{Prä}$
Tabellenverfahren
Aufnahme der install. Leistung (Bestand)
Vereinf. Wirkungs-gradverfahren
Fachplanung
Tageslichtversorgungs-faktor $C_{TL,vers}$
Tageslichtabhängige Kontrollsysteme $C_{TL,kon}$
Fassaden oder Oberlichter
verschiedene Systeme
mit Sonnen-/Blendschutz $_{SA}$
ohne Sonnen-/Blendschutz $_{SNA}$

[A5.1]

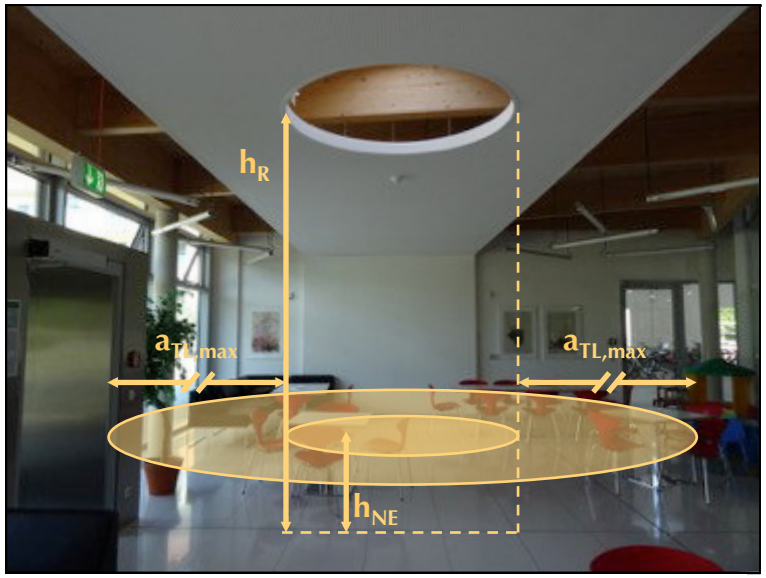


[A5.2]

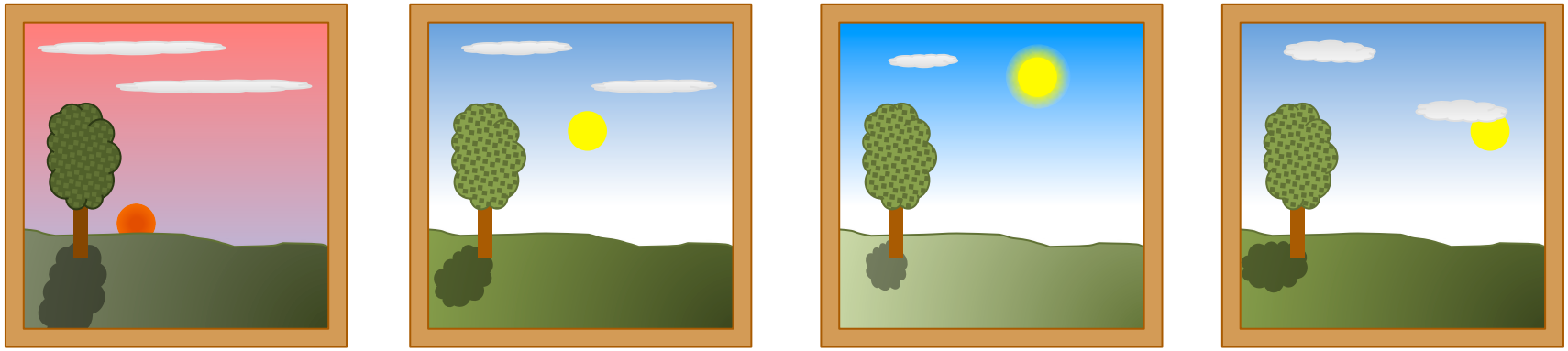


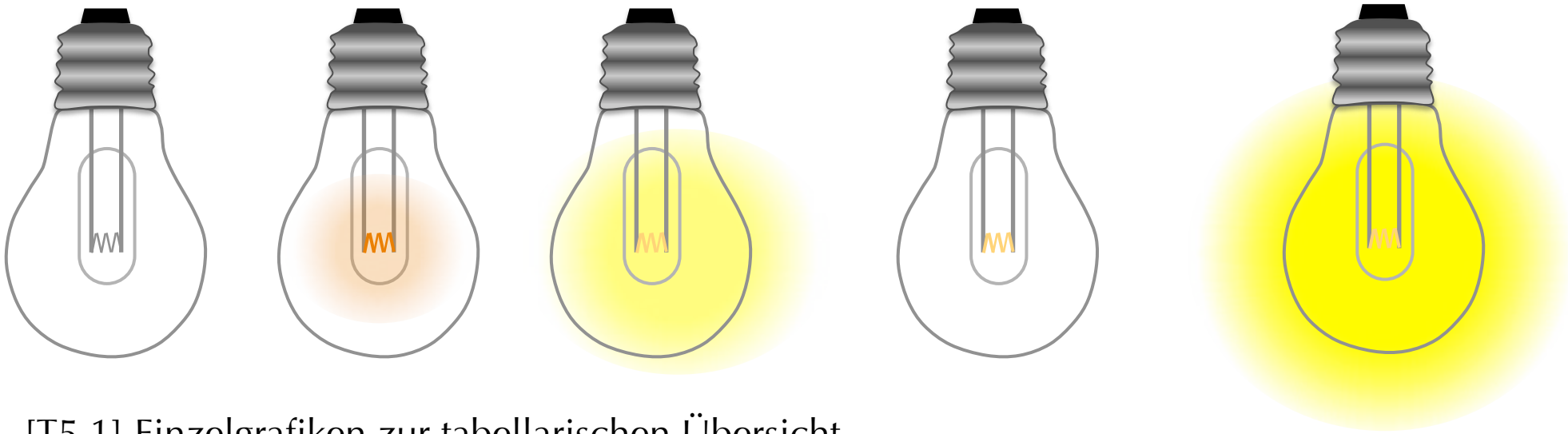
[A5.3]

[A5.4]



[A5.5]





[T5.1] Einzelgrafiken zur tabellarischen Übersicht

[A5.6]

[A5.7]

[A5.8]

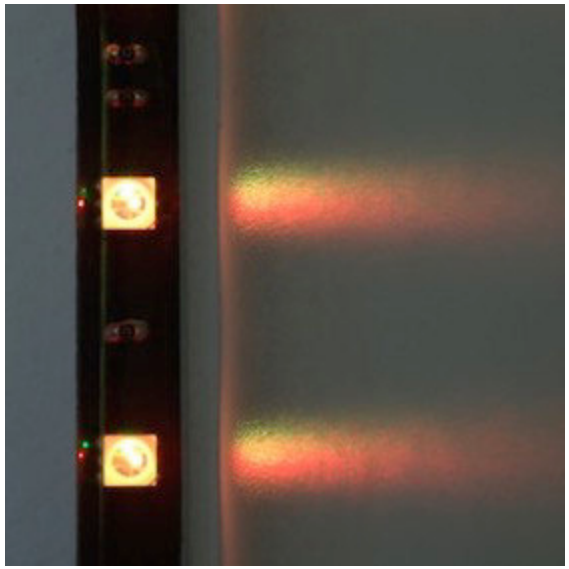
[A5.9]

[A5.10]

[A5.11]

[A5.12]

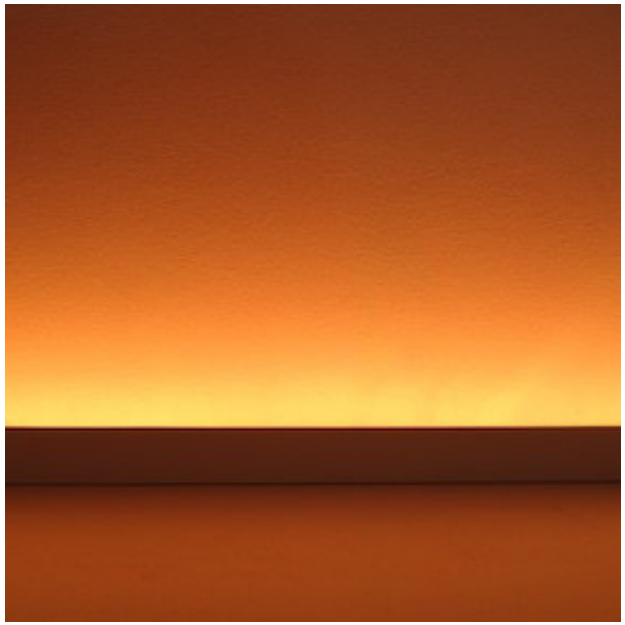
[A5.13]



[A5.14]

[A5.15] bis [A5.17] nicht verfügbar

[A5.18]



[A5.19]

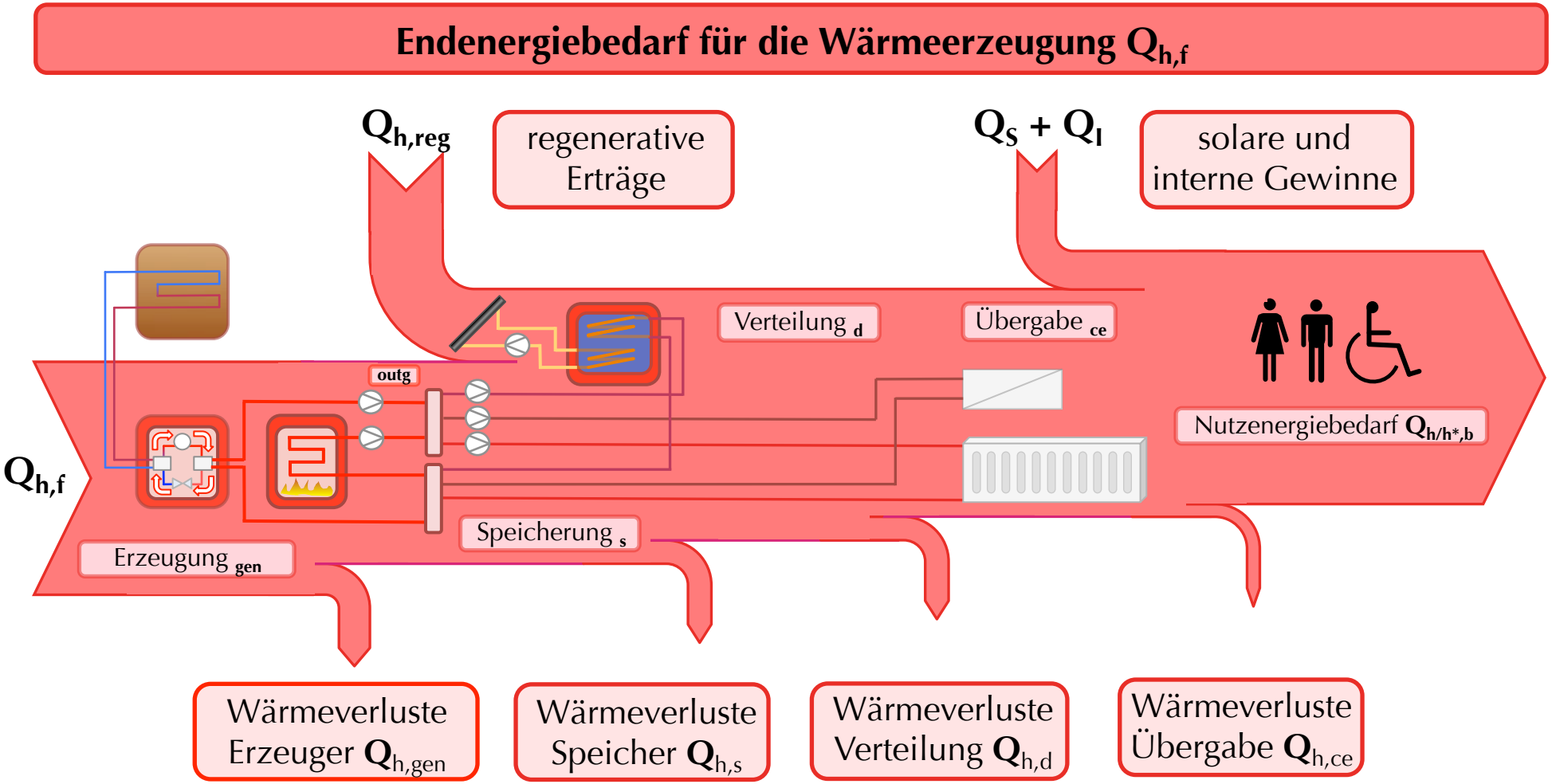
[A5.20]

Ermittlung der spezifischen elektrischen Bewertungsleistung

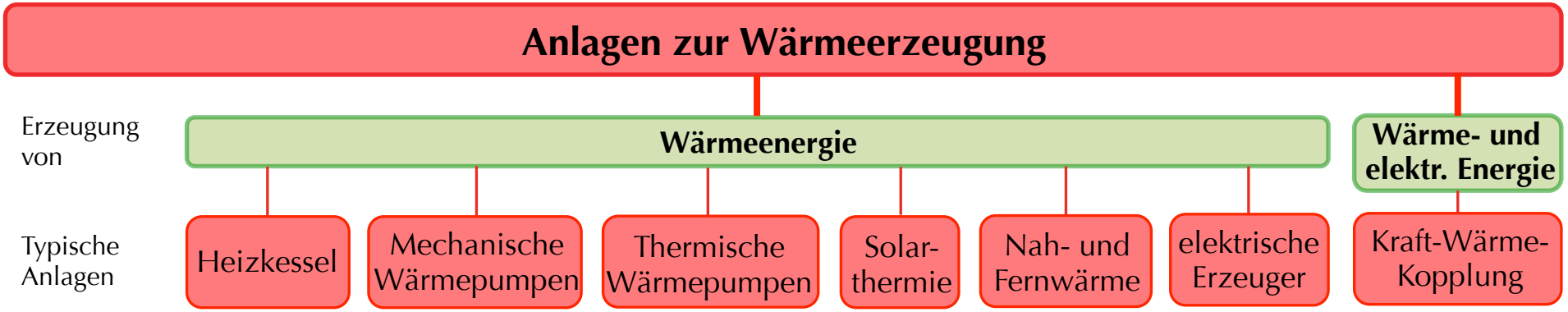
- Tabellen-verfahren
- Aufnahme der installierten Leistung (Bestand)
- Vereinfachtes Wirkungsgrad-verfahren
- Fachplanung

[A5.21]

Kapitel 6

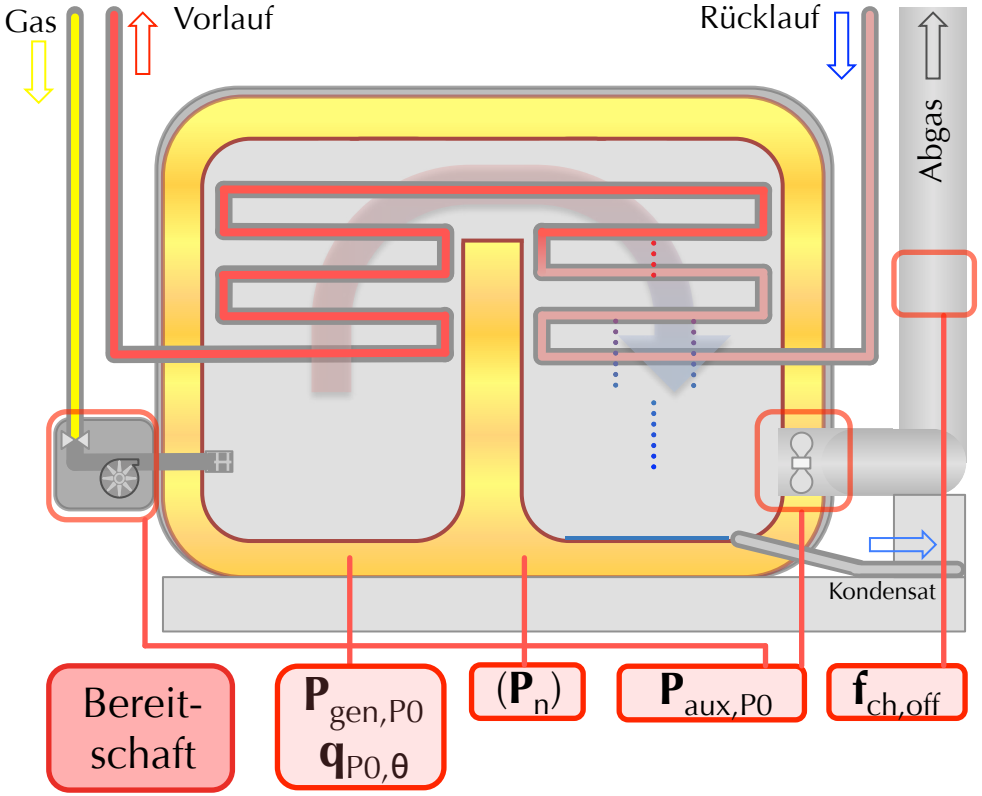


[A6.1]

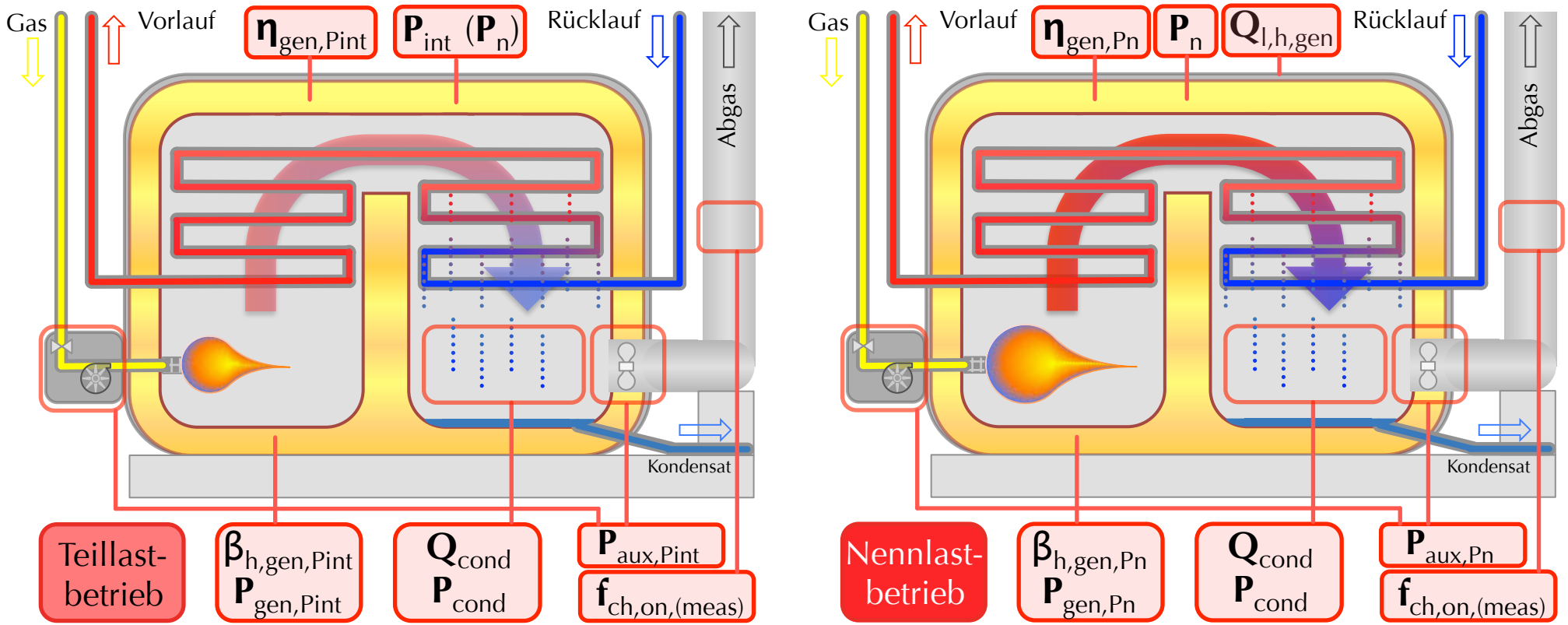


[A6.2]

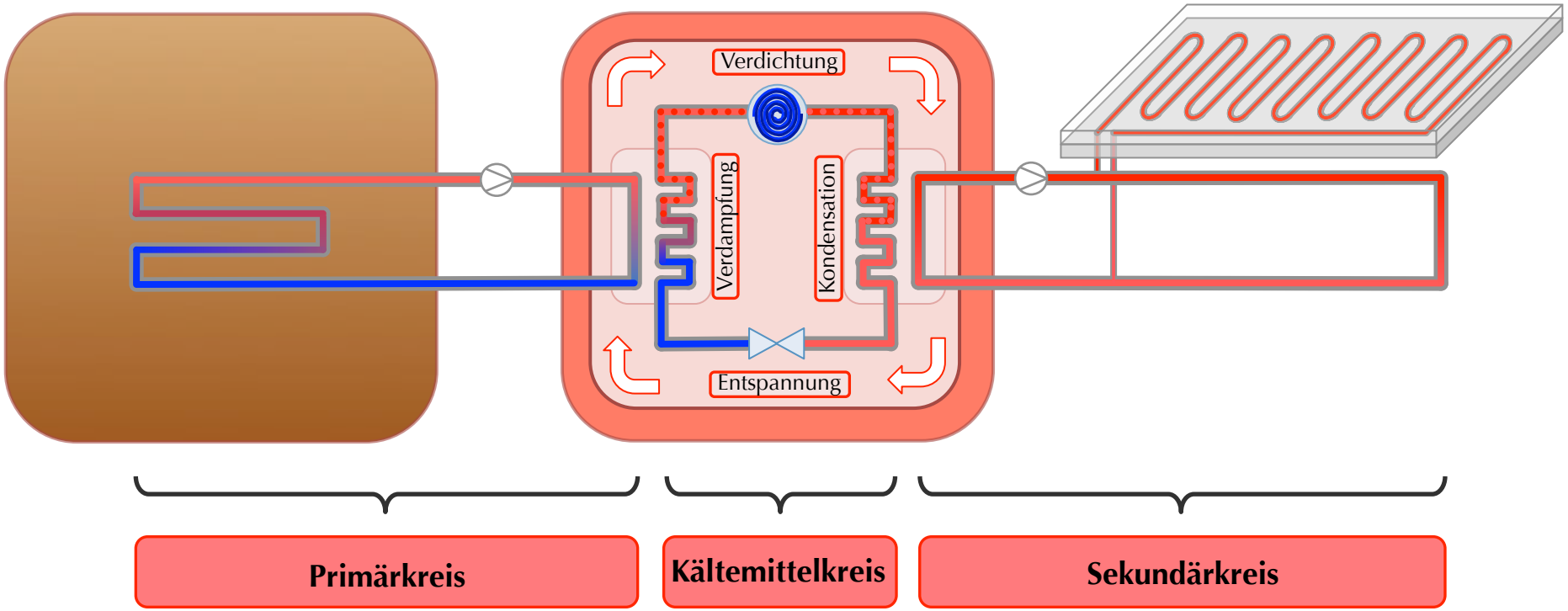
[A6.4]



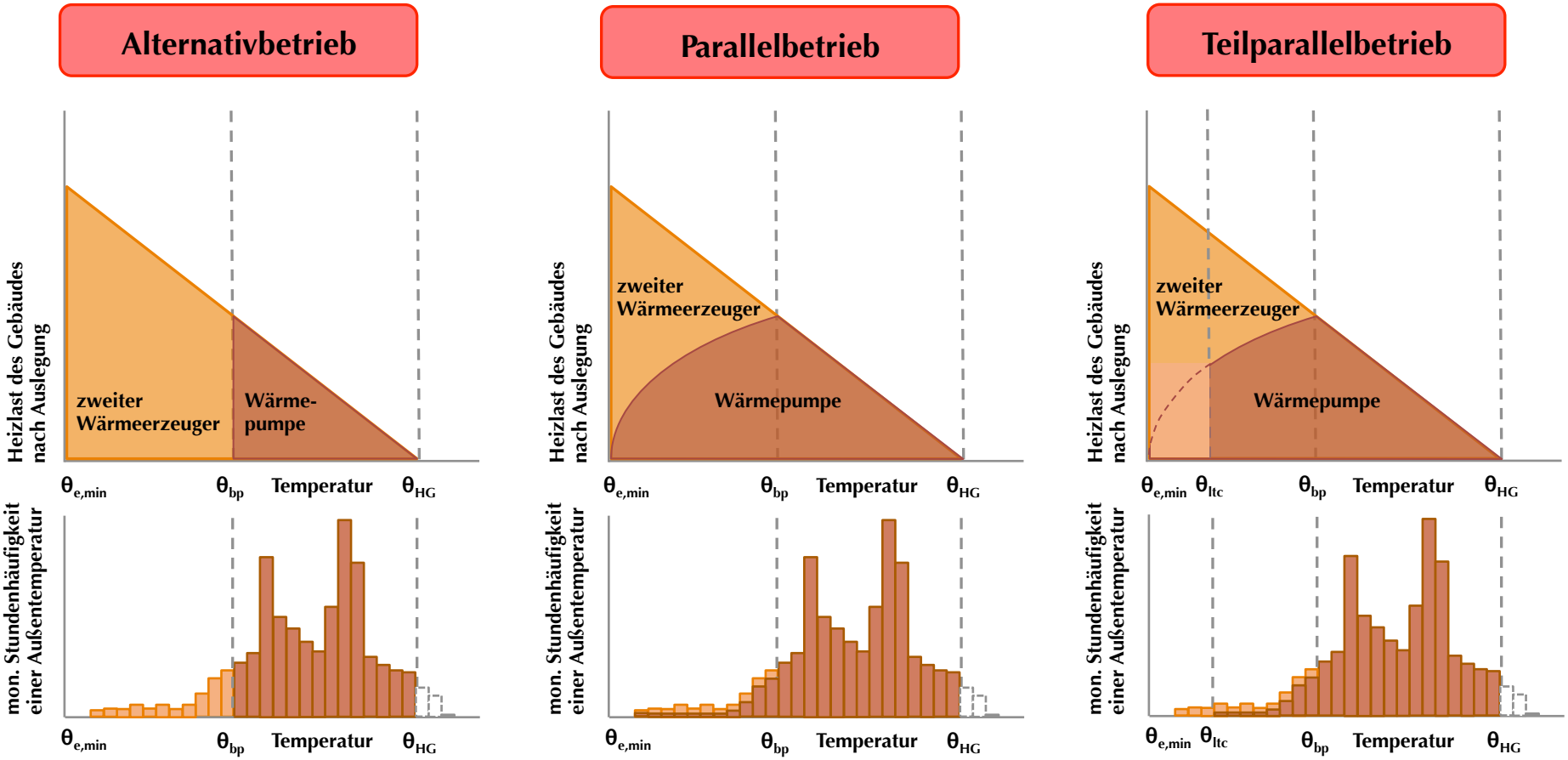
[A6.3]
Teil 1/2


Gas
Vorlauf
$\eta_{gen,Pint}$
P_{int} (P_n)
Rücklauf
Abgas
Kondensat
Teillast-betrieb
$\beta_{h,gen,Pint}$
$P_{gen,Pint}$
Q_{cond}
P_{cond}
$P_{aux,Pint}$
$f_{ch,on,(meas)}$
Gas
Vorlauf
$\eta_{gen,Pn}$
P_n
$Q_{l,h,gen}$
Rücklauf
Abgas
Kondensat
Nennlast-betrieb
$\beta_{h,gen,Pn}$
$P_{gen,Pn}$
Q_{cond}
P_{cond}
$P_{aux,Pn}$
$f_{ch,on,(meas)}$

[A6.3] Teil 2/2


Verdichtung
Verdampfung
Kondensation
Entspannung
Primärkreis
Kältemittelkreis
Sekundärkreis

[A6.5]


Alternativbetrieb
Parallelbetrieb
Teilparallelbetrieb
Heizlast des Gebäudes nach Auslegung
zweiter Wärmeerzeuger
Wärme-pumpe
Wärmepumpe
θe,min
θbp
θltc
Temperatur
θHG
mon. Stundenhäufigkeit einer Außentemperatur

[A6.6]

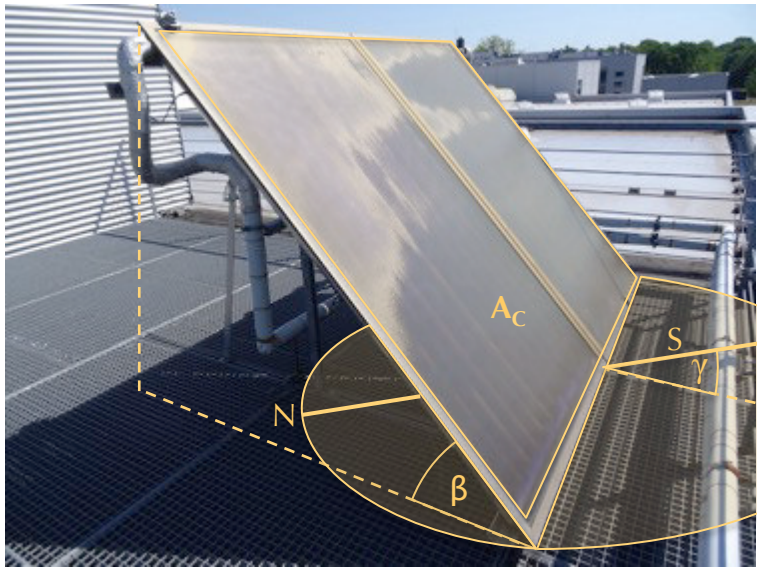
[A6.8]

[A6.12]

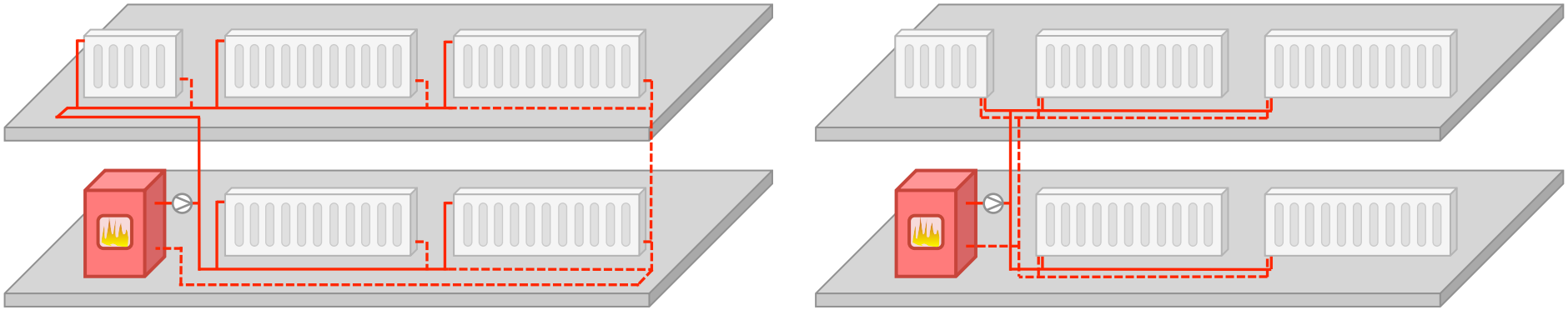
[A6.13]

[A6.7] sowie [A6.9] – [A6.11] auf den nächsten Folien

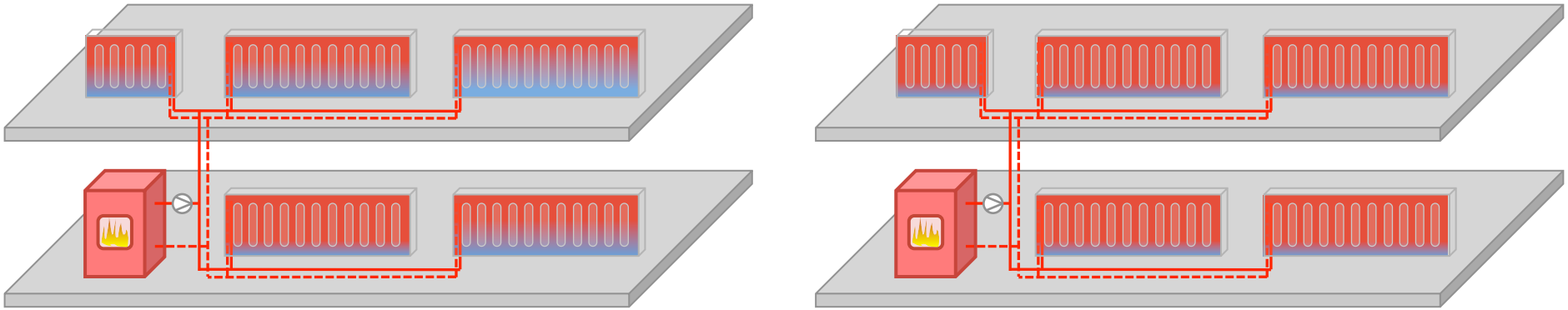
[A6.9]



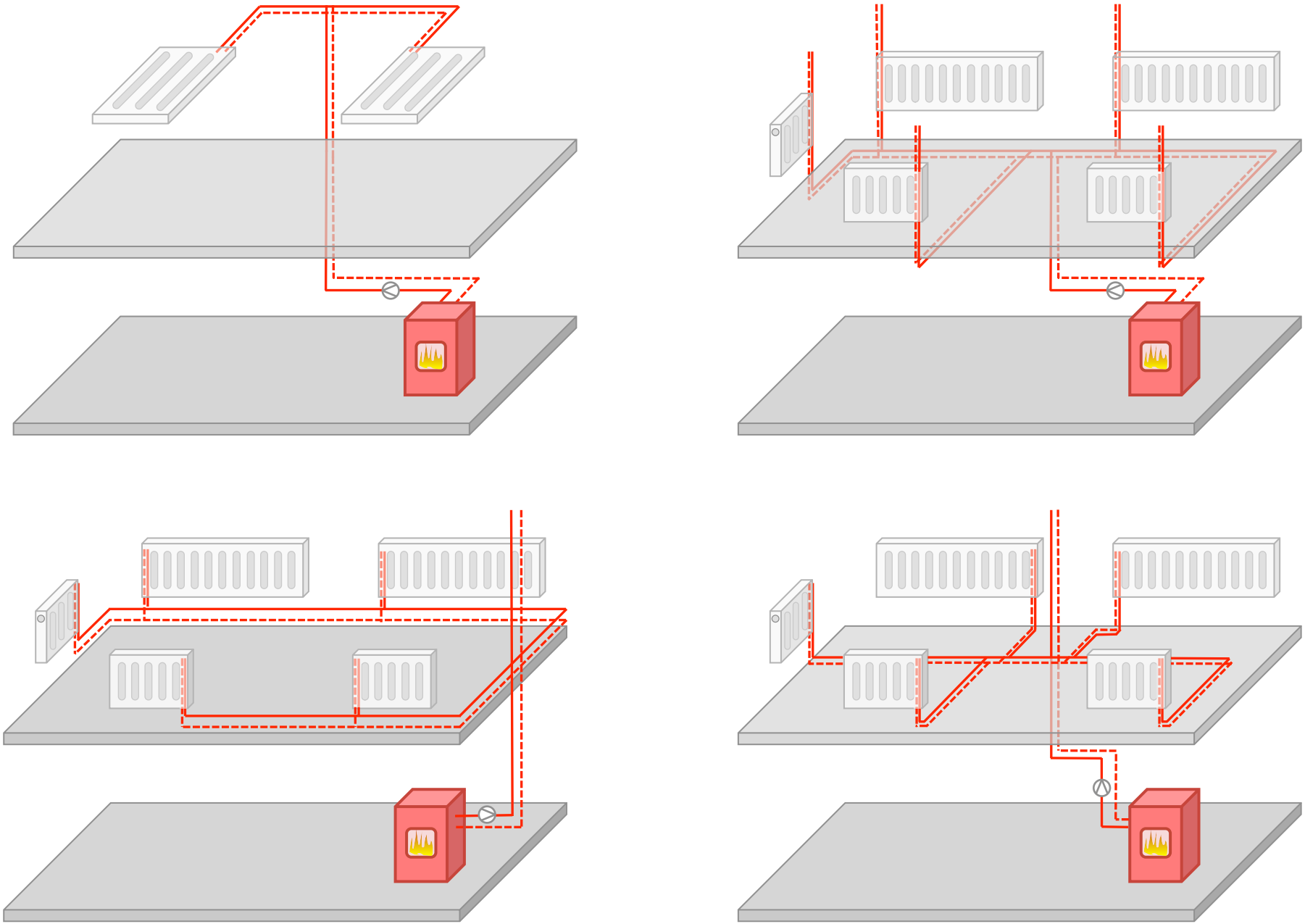
[A6.7]



[A6.10]



[A6.23]



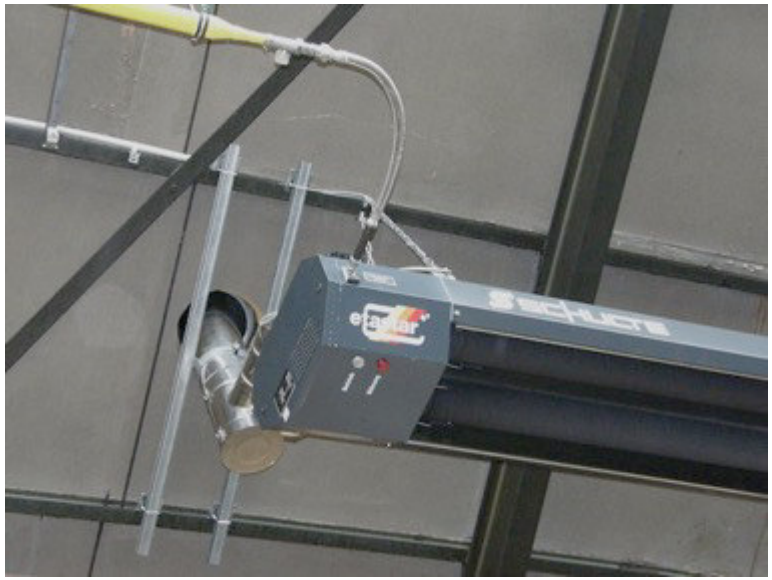
[A6.11]

Systematik der Heizwärmeübergabe

- **freie Heizflächen**
  direkte Wärmeabgabe in den Raum (Strahlung, Transmission, Konvektion)
  - gewöhnliche Räume (lichte Raumhöhe ≤ 4m)
  - zusätzlich bei hohen Räumen (lichte Raumhöhe > 4m)
- **integrierte Heizflächen**
  indir. Wärmeabgabe über Bauteile
  - ausbau-integriert
  - bauteil-integriert

[A6.14]

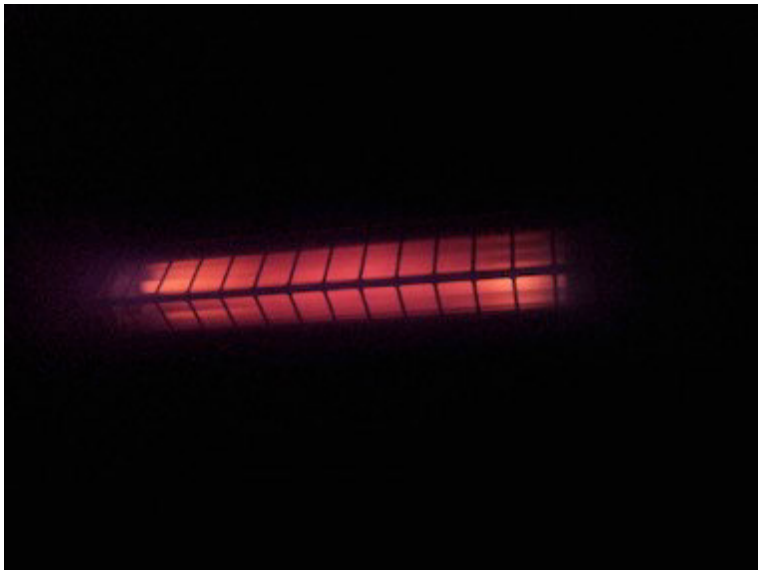
[A6.15]



[A6.20]

[A6.19]

[A6.17]



[A6.18]

[A6.21]

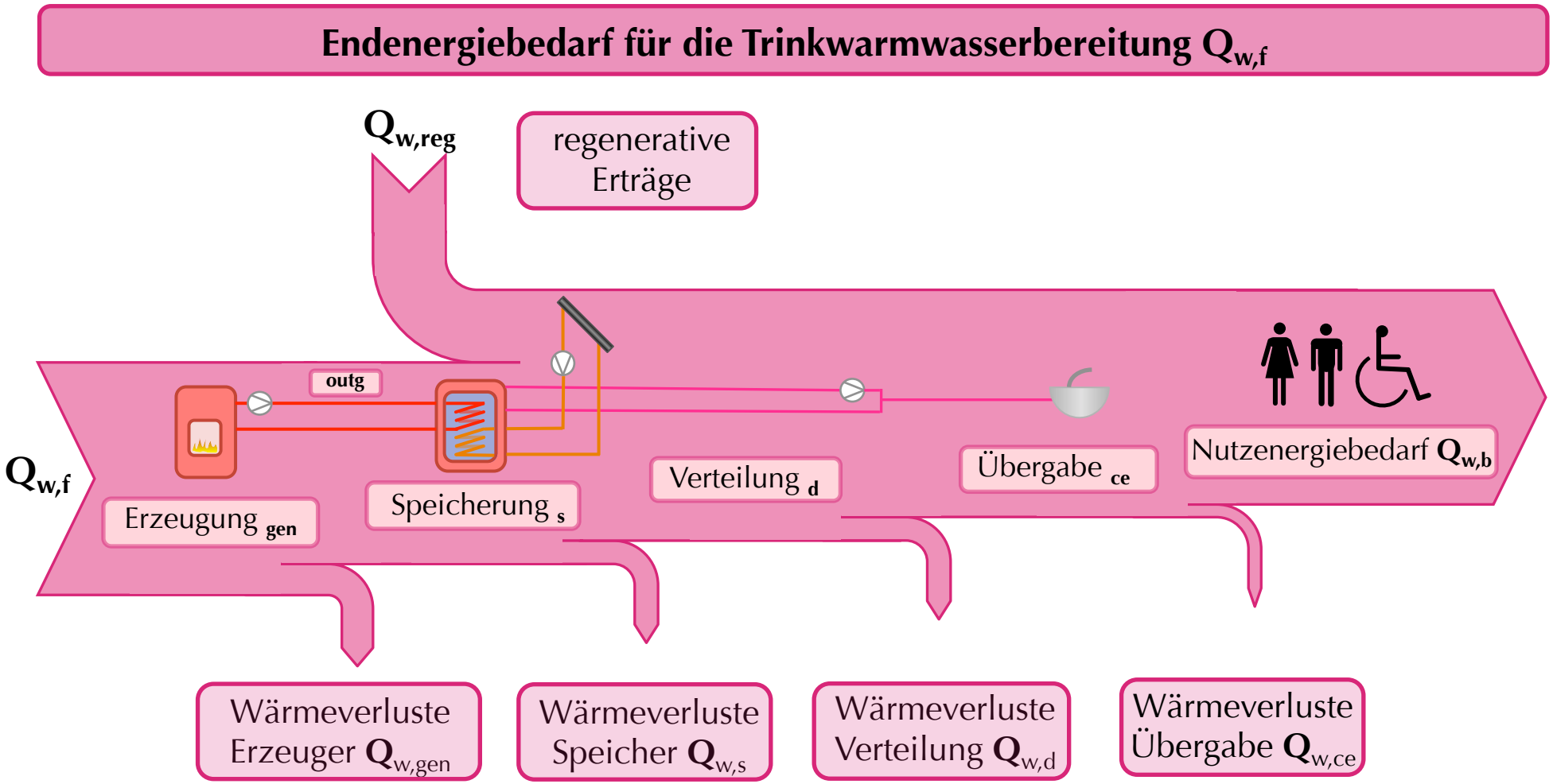
[A6.16]

[A6.24]

[A6.25]

[A6.26]

[A6.27]


Endenergiebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,f}$
$Q_{w,reg}$
regenerative Erträge
outg
$Q_{w,f}$
Erzeugung $_{gen}$
Speicherung $_{s}$
Verteilung $_{d}$
Übergabe $_{ce}$
Nutzenergiebedarf $Q_{w,b}$
Wärmeverluste Erzeuger $Q_{w,gen}$
Wärmeverluste Speicher $Q_{w,s}$
Wärmeverluste Verteilung $Q_{w,d}$
Wärmeverluste Übergabe $Q_{w,ce}$

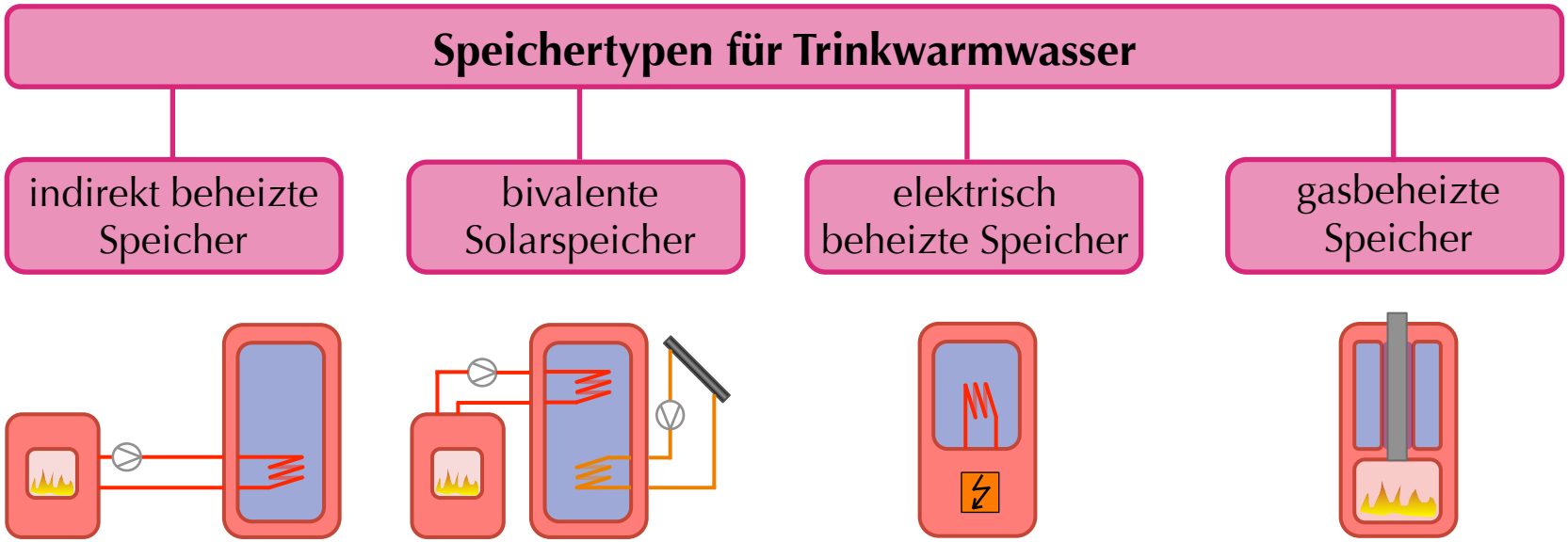
[A7.1]

[A7.2]

[A7.3]

[A7.4]

[A7.5]



[A7.6]

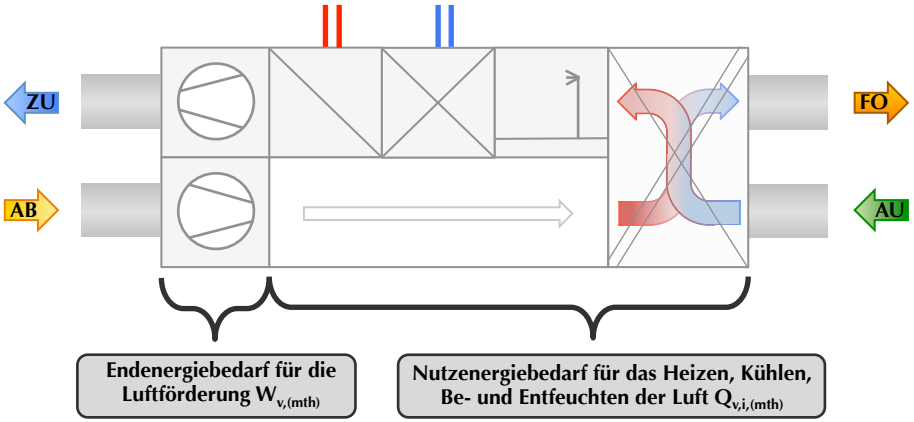
[A7.7]

[A7.8]

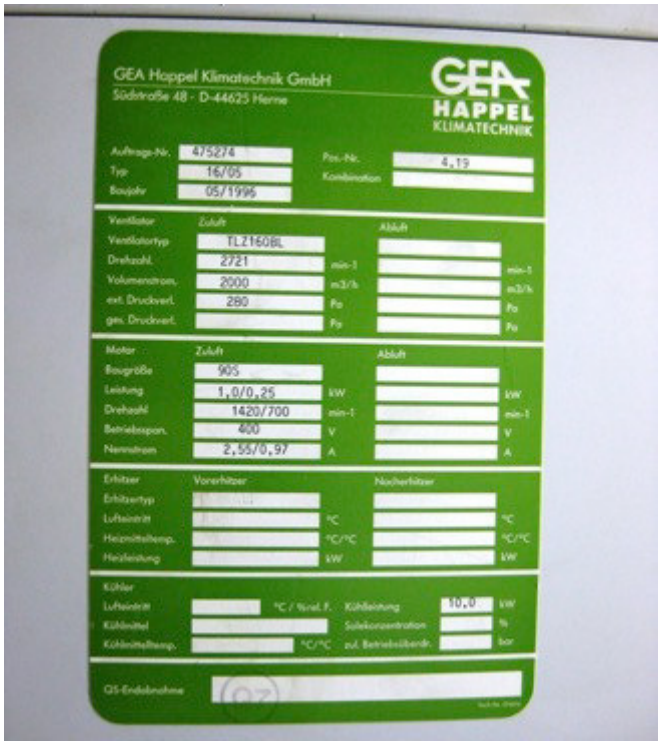
[A7.9]

[A7.10]

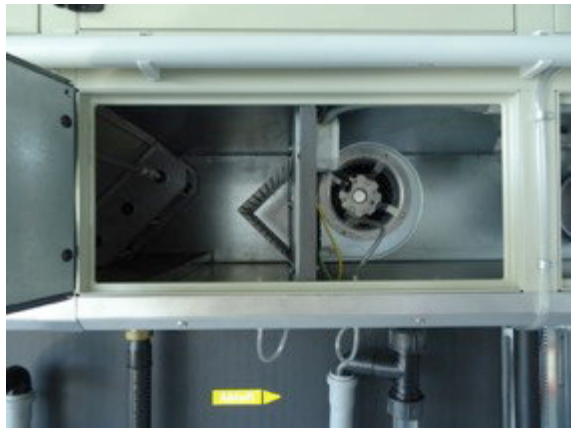
Kapitel 8



[A8.1]

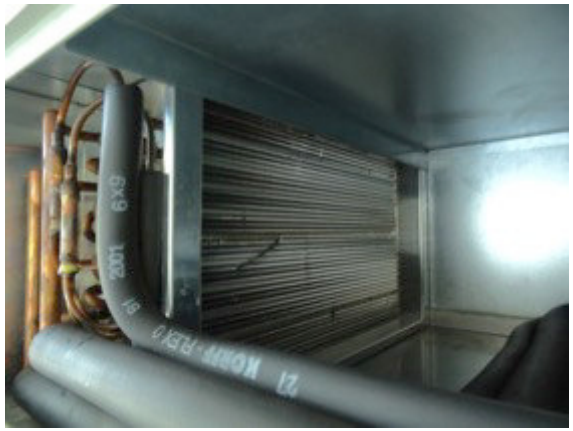


[A8.8]

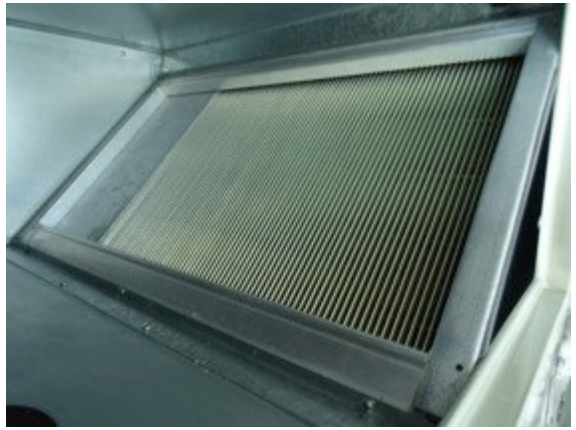


[A8.2]

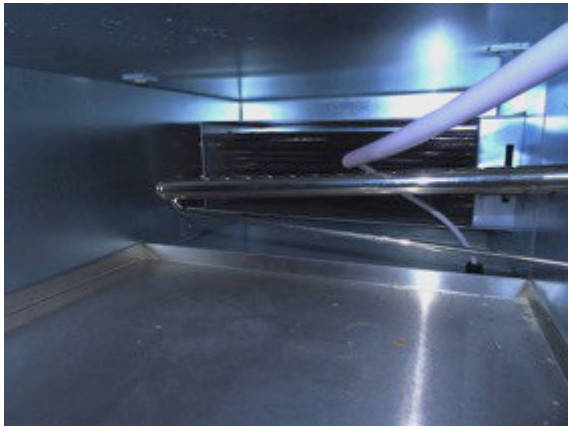
[A8.3]



[A8.4]

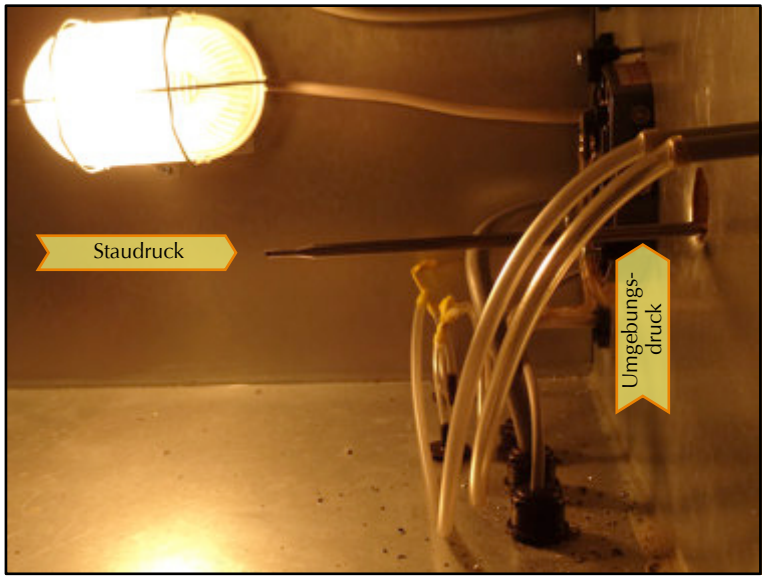


[A8.5]

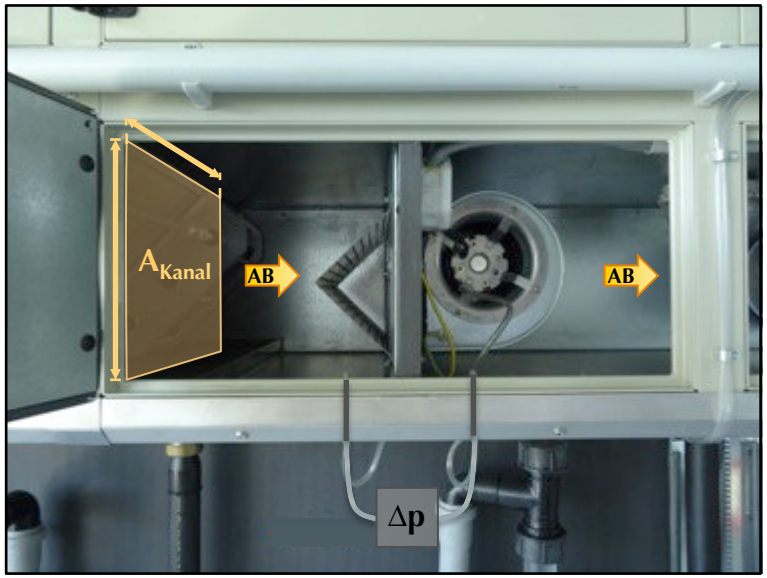


[A8.6]

[A8.7]



[A8.9]

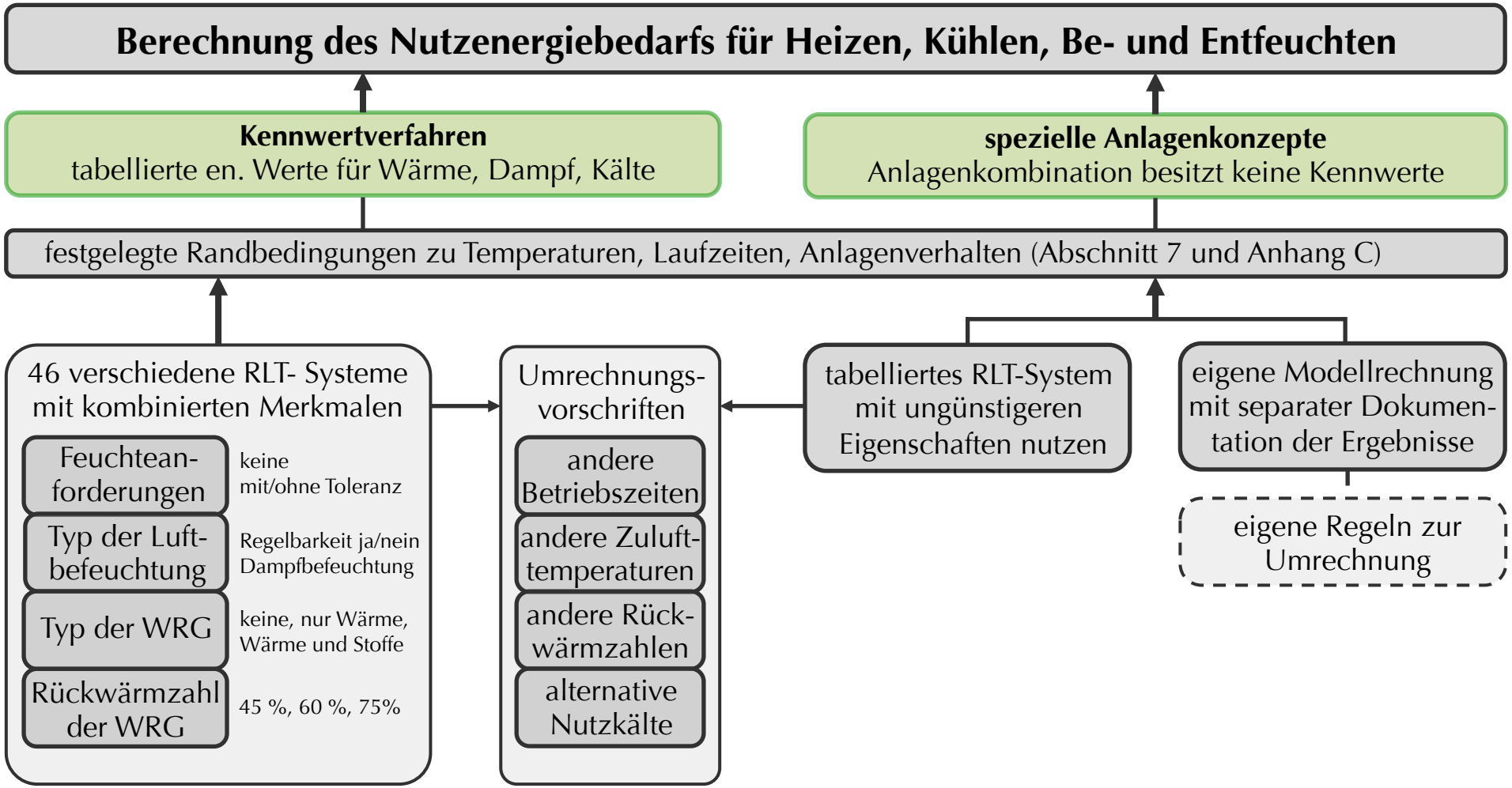


[A8.10]

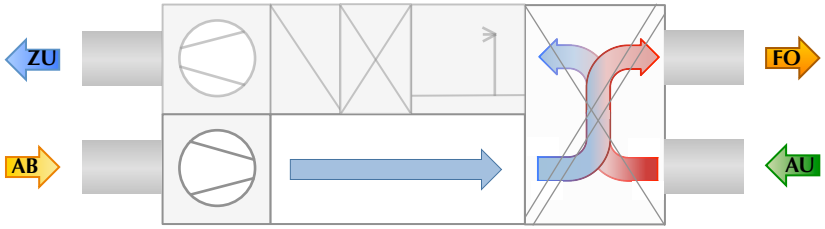
Berechnung des Endenergiebedarfs für die Luftförderung

- Anlagen mit konstantem Volumenstrom
- Anlagen mit variablem Volumenstrom
- zeit-/nutzungs-abhängiger Volumenstrom
- kühllast-abhängiger Volumenstrom

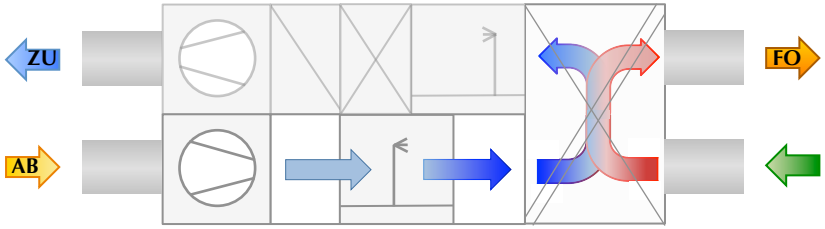
[A8.11]


Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten
Kennwertverfahren
tabellierte en. Werte für Wärme, Dampf, Kälte
spezielle Anlagenkonzepte
Anlagenkombination besitzt keine Kennwerte
festgelegte Randbedingungen zu Temperaturen, Laufzeiten, Anlagenverhalten (Abschnitt 7 und Anhang C)
46 verschiedene RLT- Systeme mit kombinierten Merkmalen
Feuchtean-forderungen
keine mit/ohne Toleranz
Typ der Luft-befeuchtung
Regelbarkeit ja/nein Dampfbefeuchtung
Typ der WRG
keine, nur Wärme, Wärme und Stoffe
Rückwärmzahl der WRG
45 %, 60 %, 75%
Umrechnungs-vorschriften
andere Betriebszeiten
andere Zuluft-temperaturen
andere Rück-wärmzahlen
alternative Nutzkälte
tabelliertes RLT-System mit ungünstigeren Eigenschaften nutzen
eigene Modellrechnung mit separater Dokumen-tation der Ergebnisse
eigene Regeln zur Umrechnung

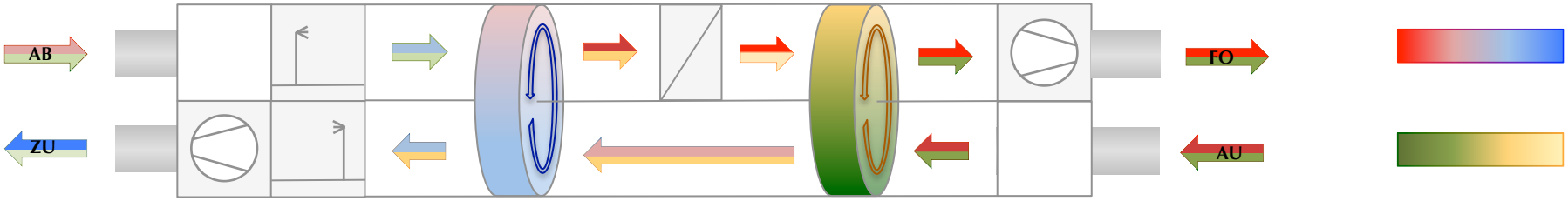
[A8.12]



[A8.13]

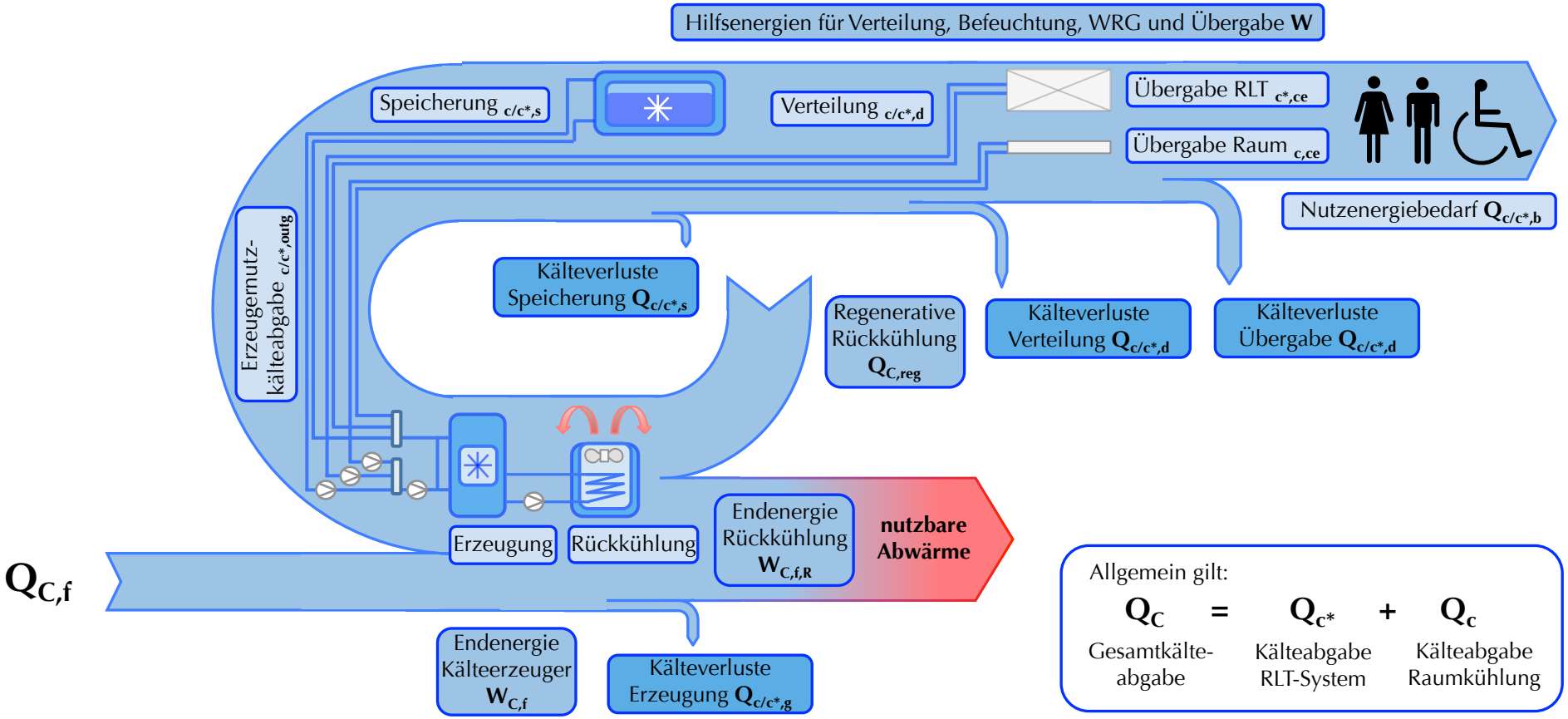


[A8.14]

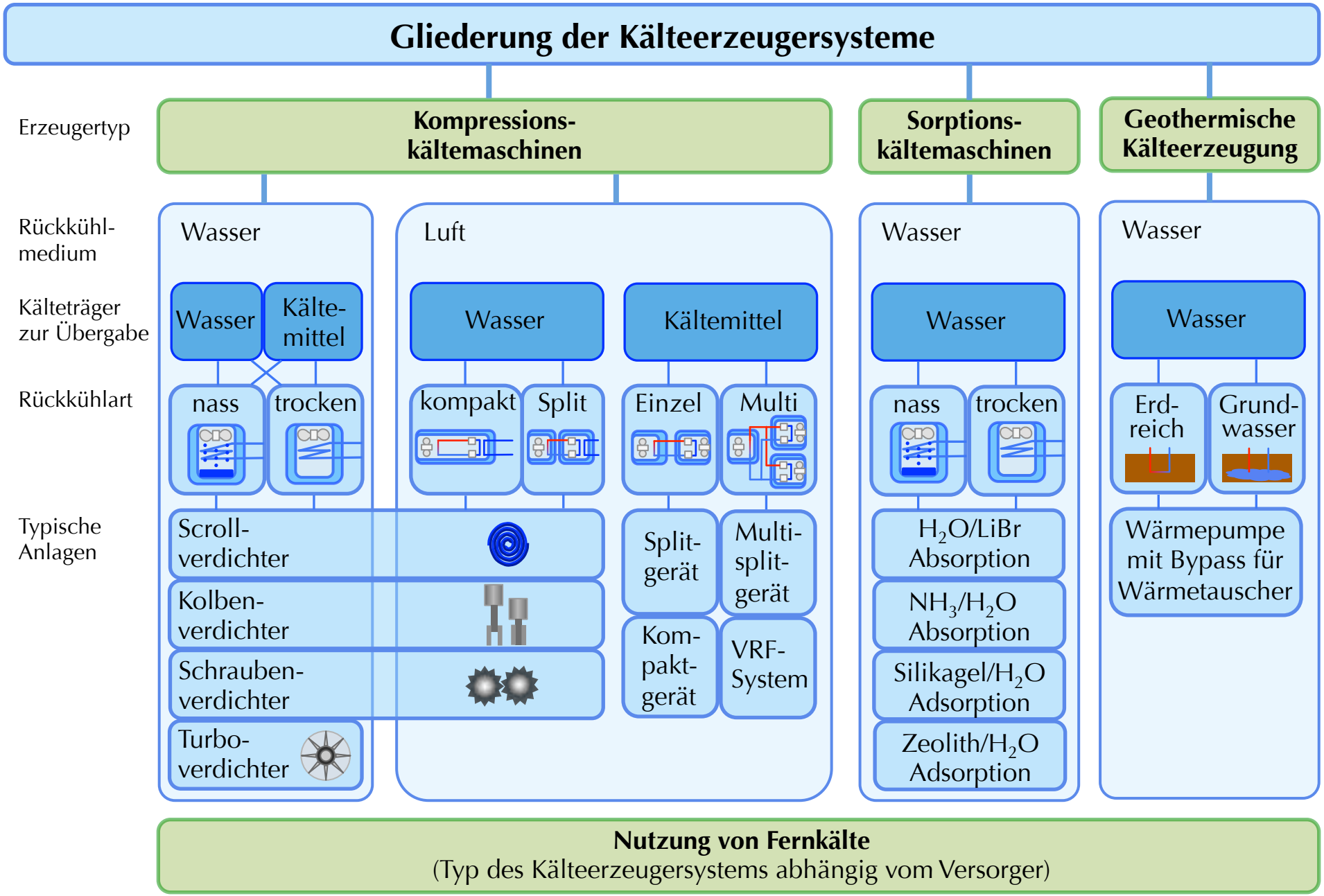


[A8.15]

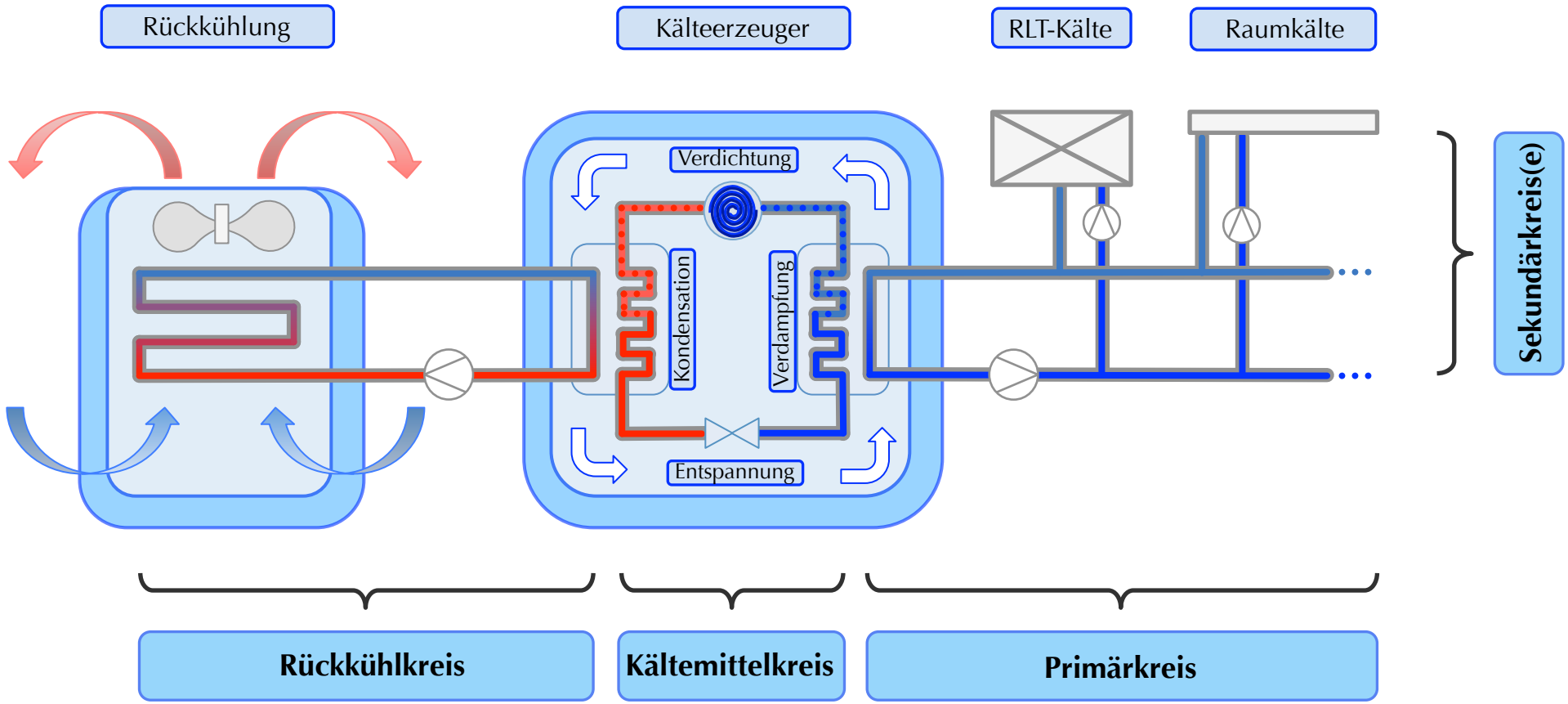
Endenergiebedarf für die RLT- und Raumkälte $Q_{C,f}$



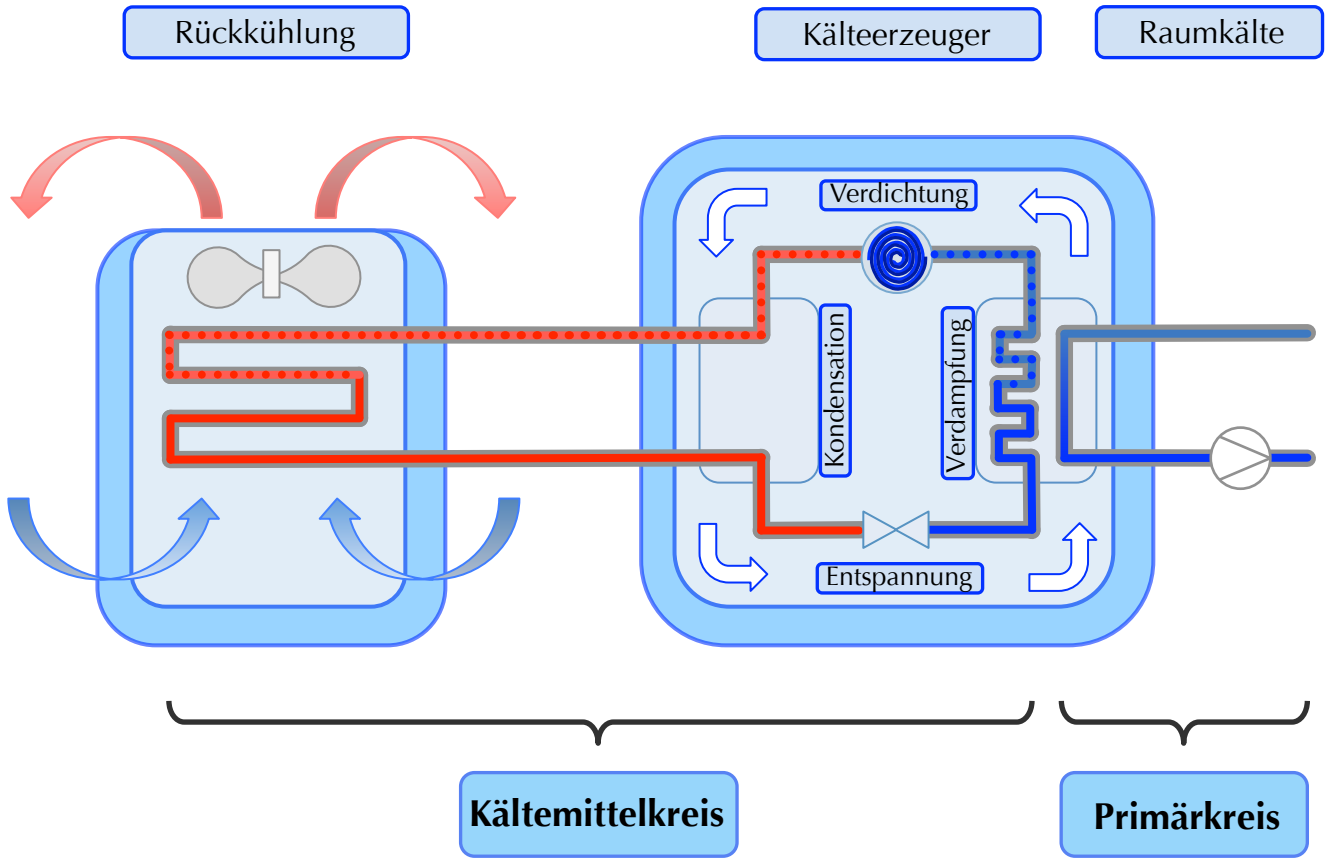
[A9.1]


Gliederung der Kälteerzeugersysteme
Erzeugertyp
Kompressions-kältemaschinen
Sorptions-kältemaschinen
Geothermische Kälteerzeugung
Rückkühl-medium
Wasser
Luft
Wasser
Wasser
Kälteträger zur Übergabe
Wasser
Kälte-mittel
Wasser
Kältemittel
Wasser
Wasser
Rückkühlart
nass
trocken
kompakt
Split
Einzel
Multi
nass
trocken
Erd-reich
Grund-wasser
Typische Anlagen
Scroll-verdichter
Kolben-verdichter
Schrauben-verdichter
Turbo-verdichter
Split-gerät
Multi-split-gerät
Kom-pakt-gerät
VRF-System
H_2O/LiBr Absorption
NH_3/H_2O Absorption
Silikagel/H_2O Adsorption
Zeolith/H_2O Adsorption
Wärmepumpe mit Bypass für Wärmetauscher
Nutzung von Fernkälte
(Typ des Kälteerzeugersystems abhängig vom Versorger)

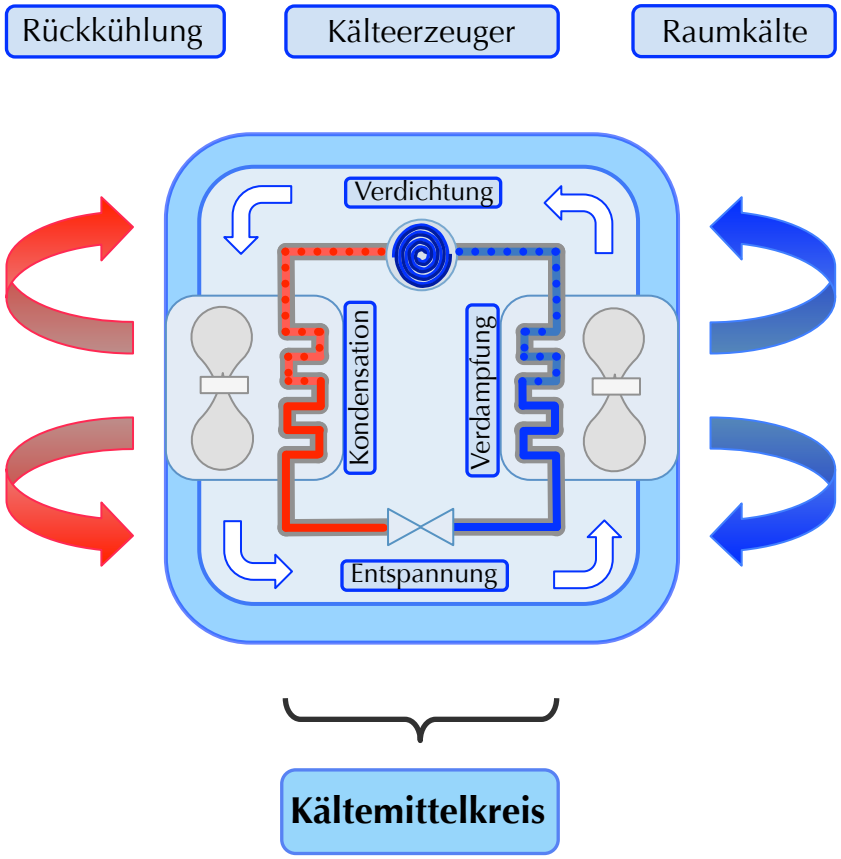
[A9.2]


Rückkühlung
Kälteerzeuger
RLT-Kälte
Raumkälte
Verdichtung
Kondensation
Verdampfung
Entspannung
Sekundärkreis(e)
Rückkühlkreis
Kältemittelkreis
Primärkreis

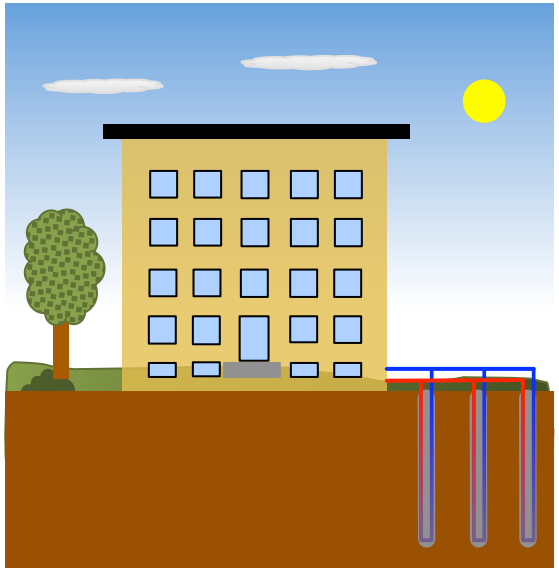
[A9.3]

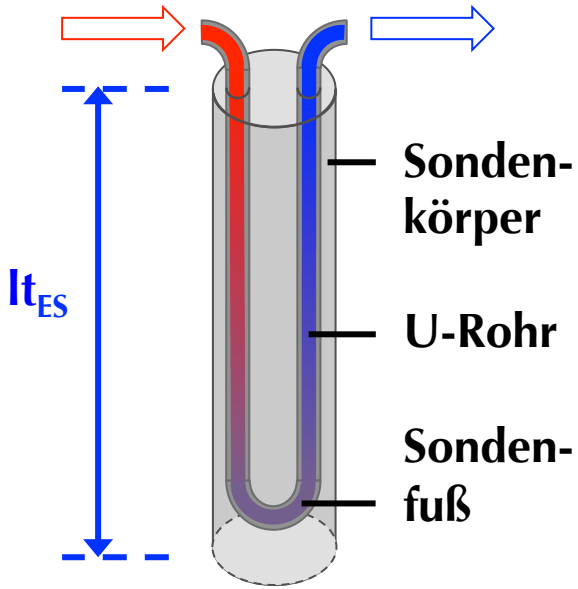

Rückkühlung
Kälteerzeuger
Raumkälte
Verdichtung
Kondensation
Verdampfung
Entspannung
Kältemittelkreis
Primärkreis

[A9.4]

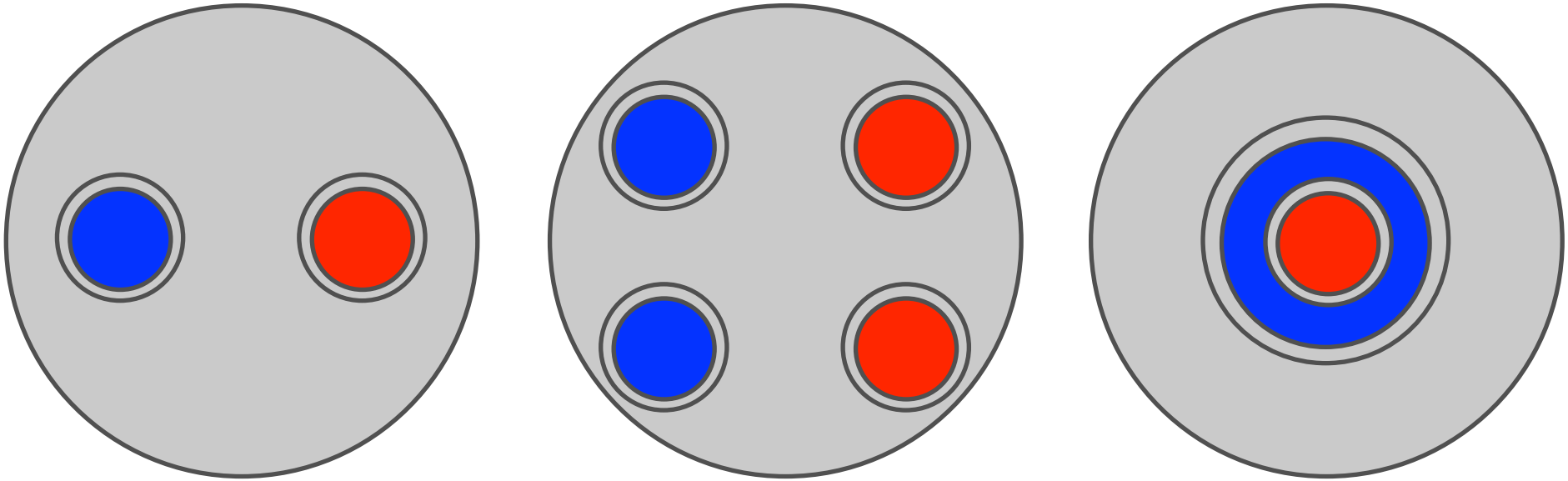

Rückkühlung
Kälteerzeuger
Raumkälte
Verdichtung
Kondensation
Verdampfung
Entspannung
Kältemittelkreis

[A9.5]

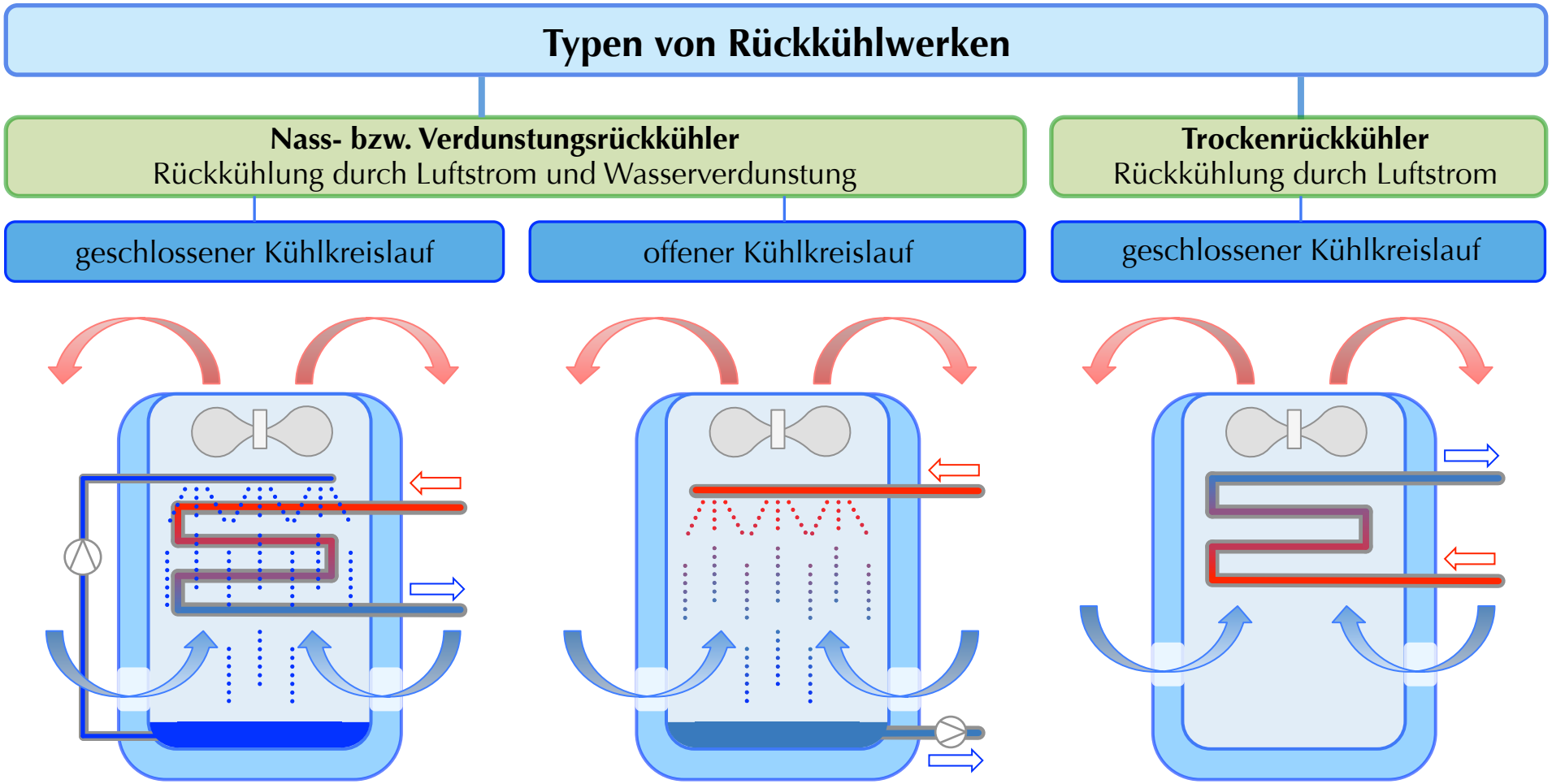




[A9.6]



[A9.7]

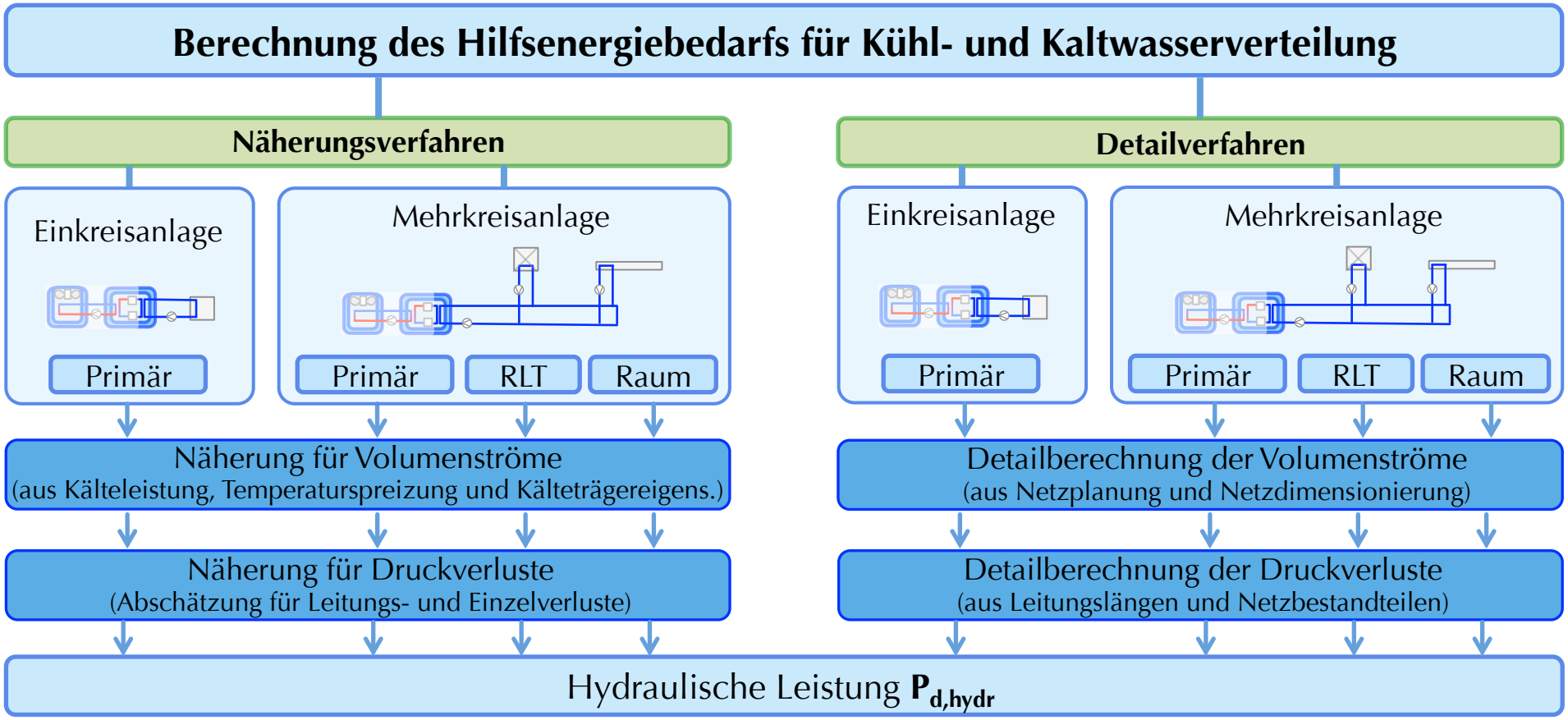

Typen von Rückkühlwerken
Nass- bzw. Verdunstungsrückkühler
Rückkühlung durch Luftstrom und Wasserverdunstung
Trockenrückkühler
Rückkühlung durch Luftstrom
geschlossener Kühlkreislauf
offener Kühlkreislauf
geschlossener Kühlkreislauf

[A9.8]

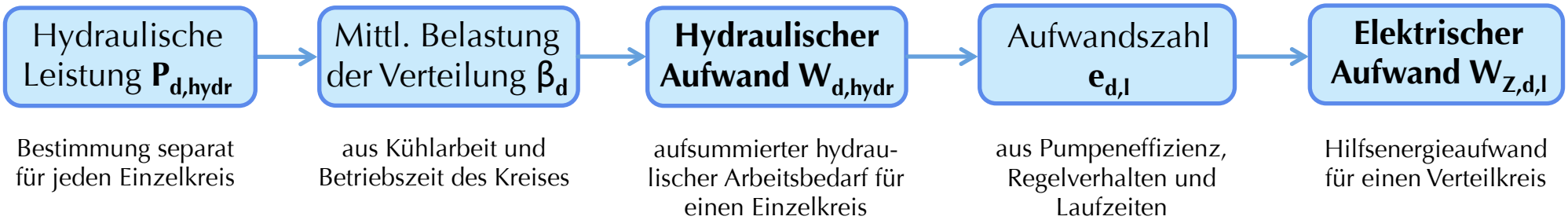
Bild Lüftungskanäle fehlt noch

[A9.9]

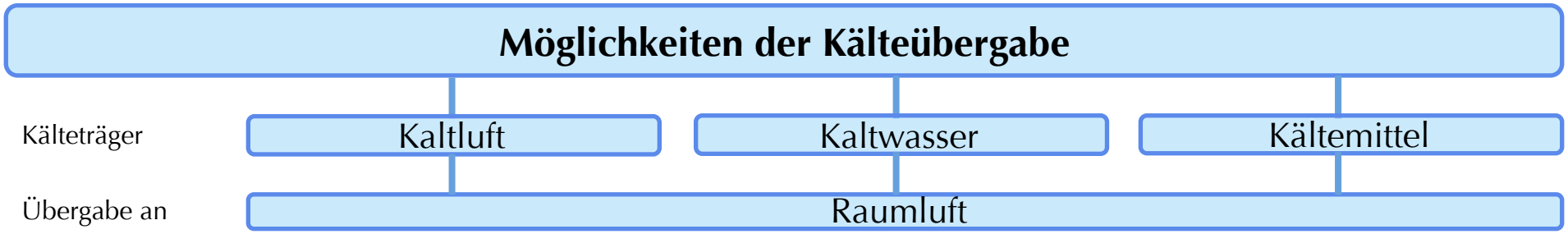
[A9.10]


Berechnung des Hilfsenergiebedarfs für Kühl- und Kaltwasserverteilung
Näherungsverfahren
Detailverfahren
Einkreisanlage
Primär
Mehrkreisanlage
Primär
RLT
Raum
Einkreisanlage
Primär
Mehrkreisanlage
Primär
RLT
Raum
Näherung für Volumenströme
(aus Kälteleistung, Temperaturspreizung und Kälteträgereigens.)
Detailberechnung der Volumenströme
(aus Netzplanung und Netzdimensionierung)
Näherung für Druckverluste
(Abschätzung für Leitungs- und Einzelverluste)
Detailberechnung der Druckverluste
(aus Leitungslängen und Netzbestandteilen)
Hydraulische Leistung $P_{d,hydr}$

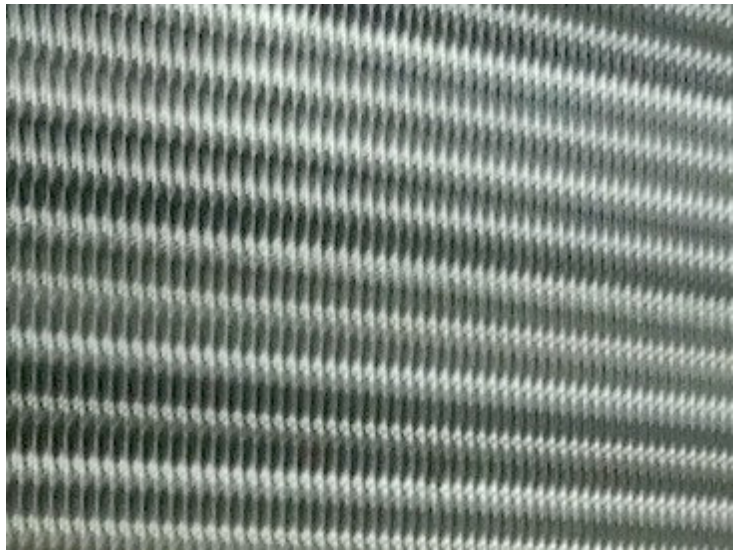
[A9.12]


Hydraulische Leistung $P_{d,hydr}$
Mittl. Belastung der Verteilung β_d
Hydraulischer Aufwand $W_{d,hydr}$
Aufwandszahl $e_{d,l}$
Elektrischer Aufwand $W_{Z,d,l}$
Bestimmung separat für jeden Einzelkreis
aus Kühlarbeit und Betriebszeit des Kreises
aufsummierter hydraulischer Arbeitsbedarf für einen Einzelkreis
aus Pumpeneffizienz, Regelverhalten und Laufzeiten
Hilfsenergieaufwand für einen Verteilkreis

[A9.13]



[A9.14]



[A9.15]

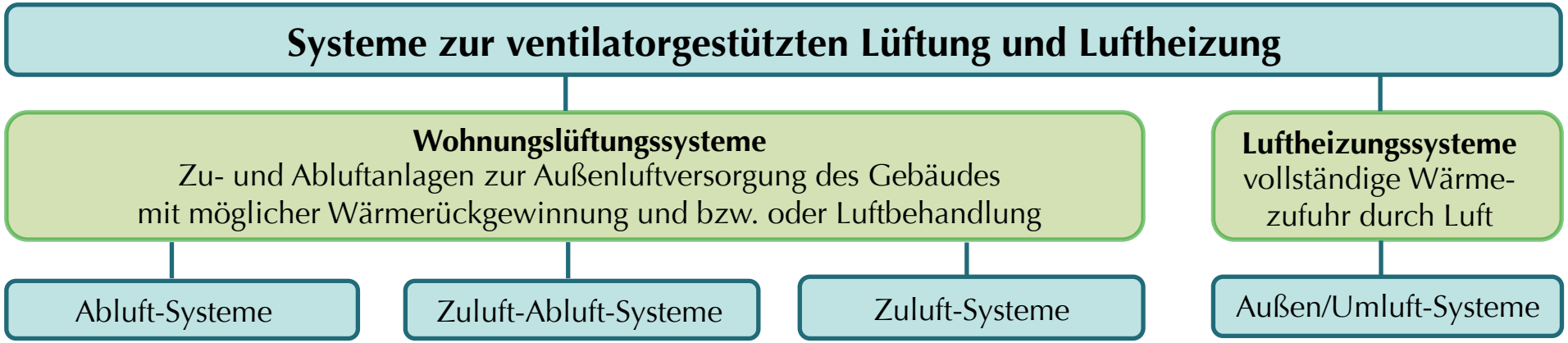
[A9.16]

[A9.11]

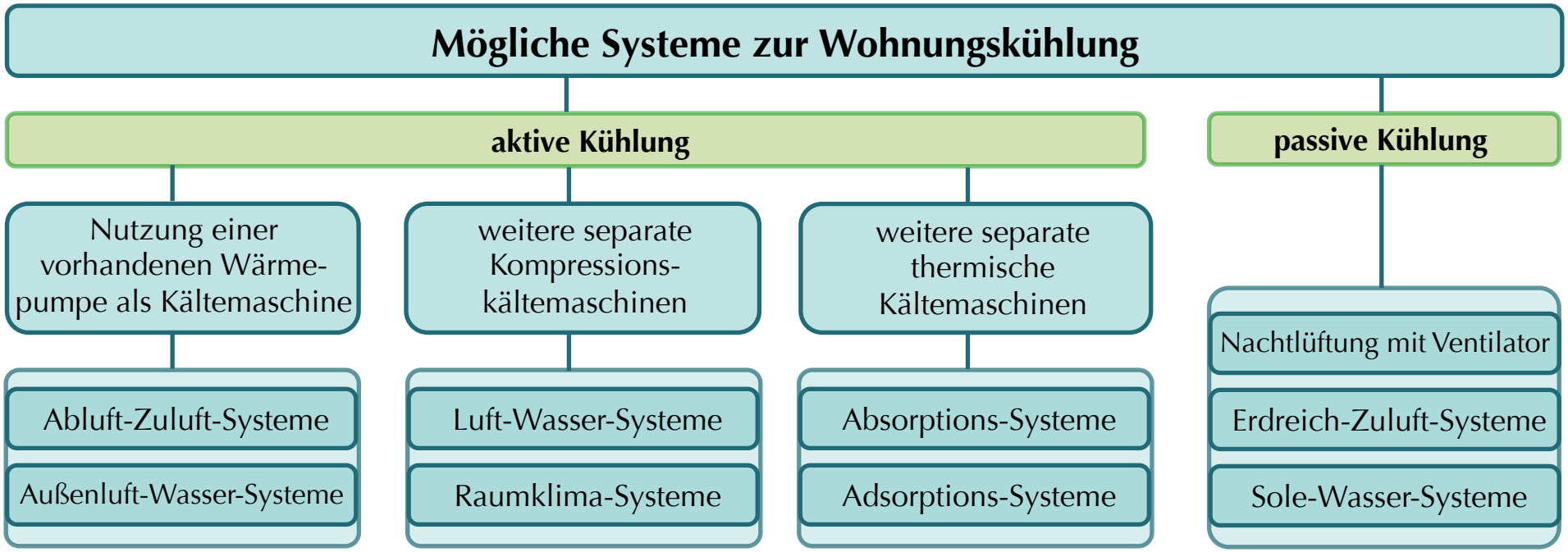
[A9.18]

Kapitel 10

[A10.1]

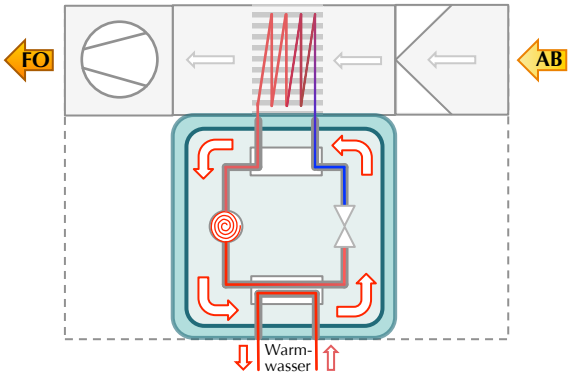

Systeme zur ventilatorgestützten Lüftung und Luftheizung
Wohnungslüftungssysteme
Zu- und Abluftanlagen zur Außenluftversorgung des Gebäudes
mit möglicher Wärmerückgewinnung und bzw. oder Luftbehandlung
Luftheizungssysteme
vollständige Wärme-
zufuhr durch Luft
Abluft-Systeme
Zuluft-Abluft-Systeme
Zuluft-Systeme
Außen/Umluft-Systeme

[A10.2]

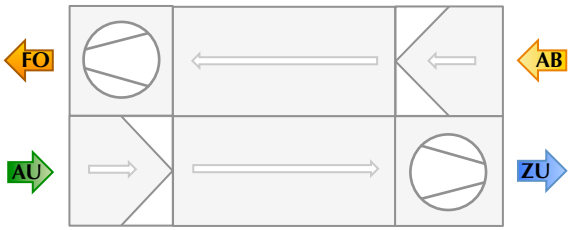

Mögliche Systeme zur Wohnungskühlung
aktive Kühlung
passive Kühlung
Nutzung einer
vorhandenen Wärme-
pumpe als Kältemaschine
weitere separate
Kompressions-
kältemaschinen
weitere separate
thermische
Kältemaschinen
Abluft-Zuluft-Systeme
Außenluft-Wasser-Systeme
Luft-Wasser-Systeme
Raumklima-Systeme
Absorptions-Systeme
Adsorptions-Systeme
Nachtlüftung mit Ventilator
Erdreich-Zuluft-Systeme
Sole-Wasser-Systeme

[A10.12]

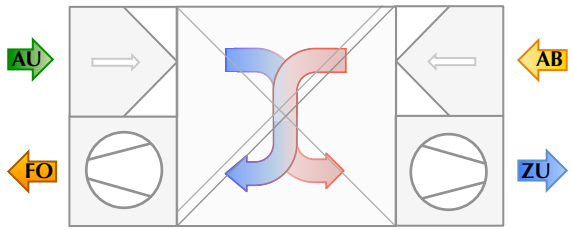
[A10.3]



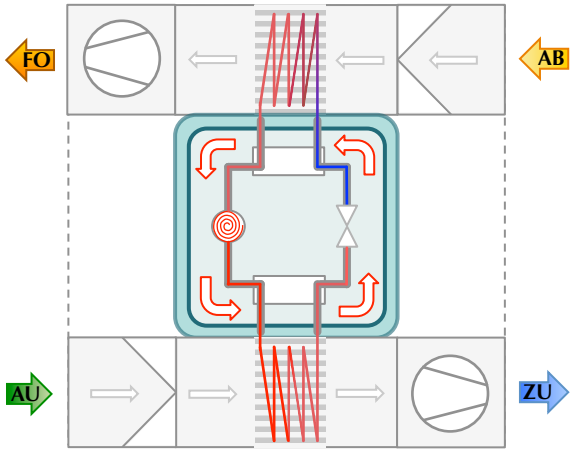
[A10.4]



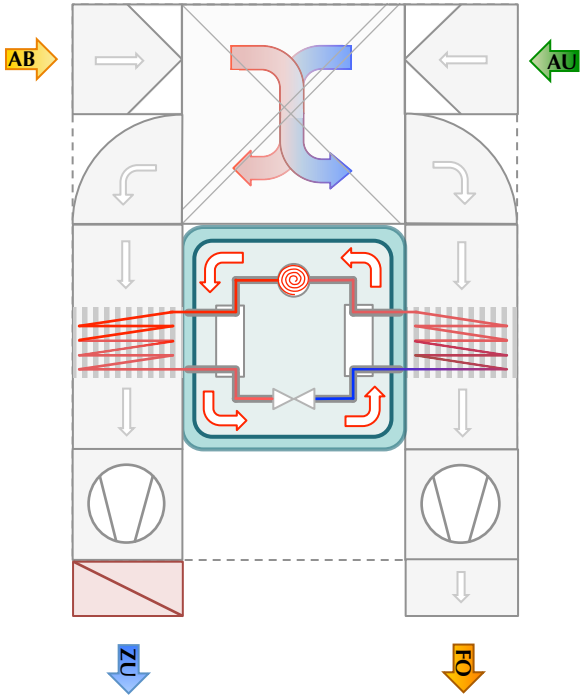
[A10.5]



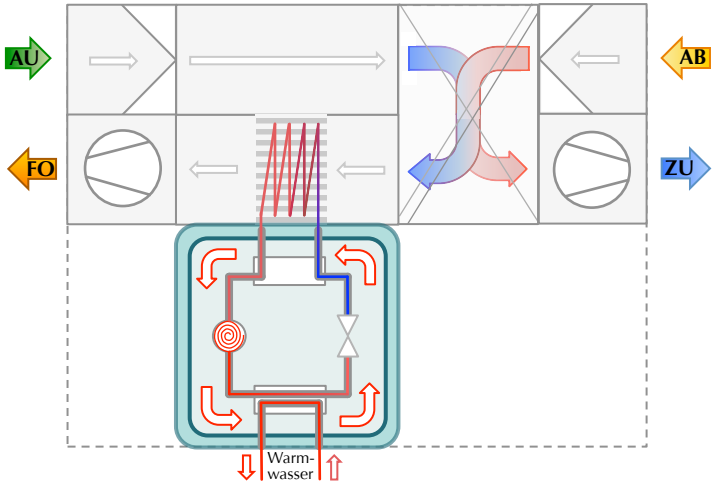
[A10.6]



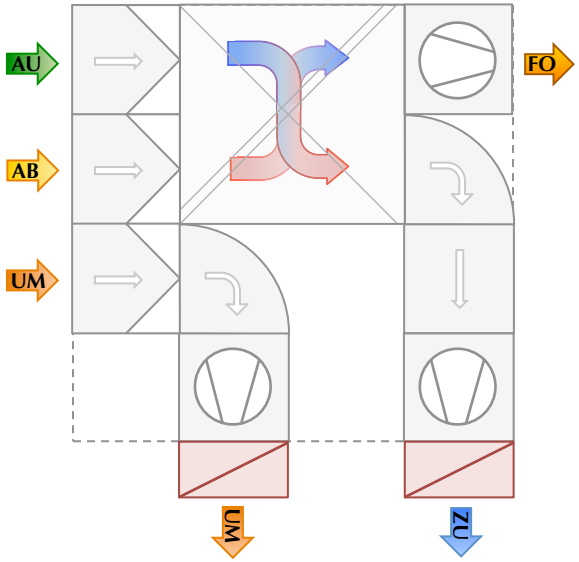
[A10.7]



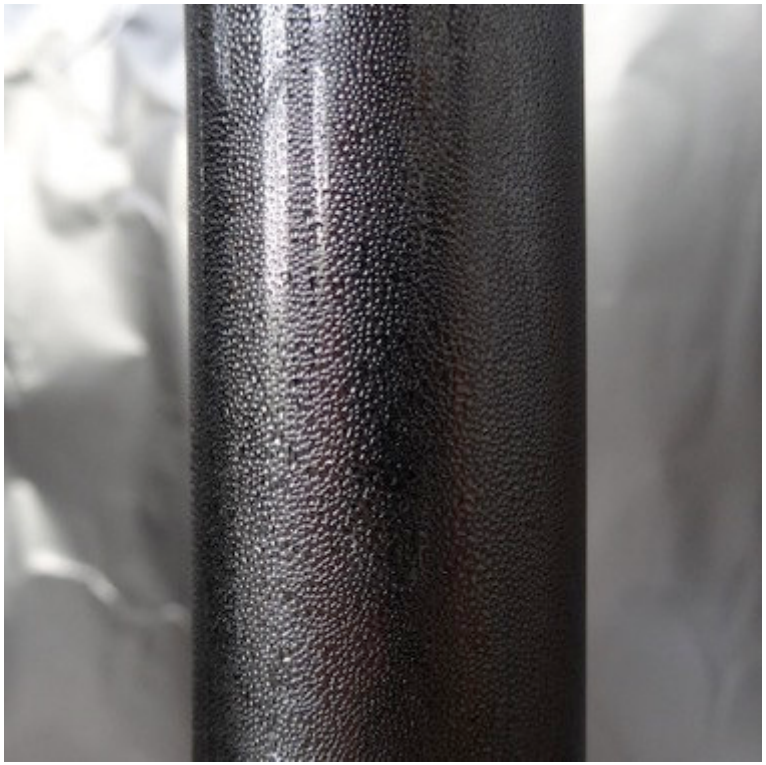
[A10.10]



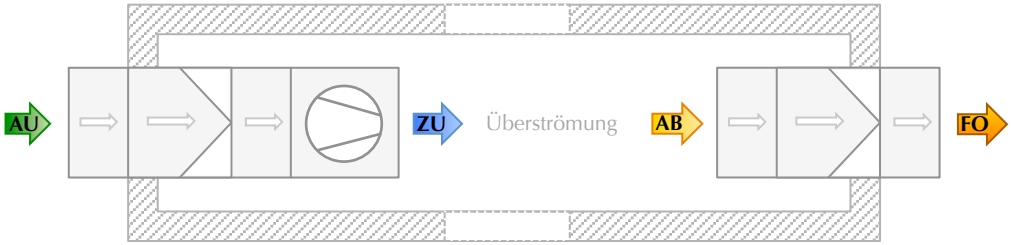
[A10.8]



[A10.11]

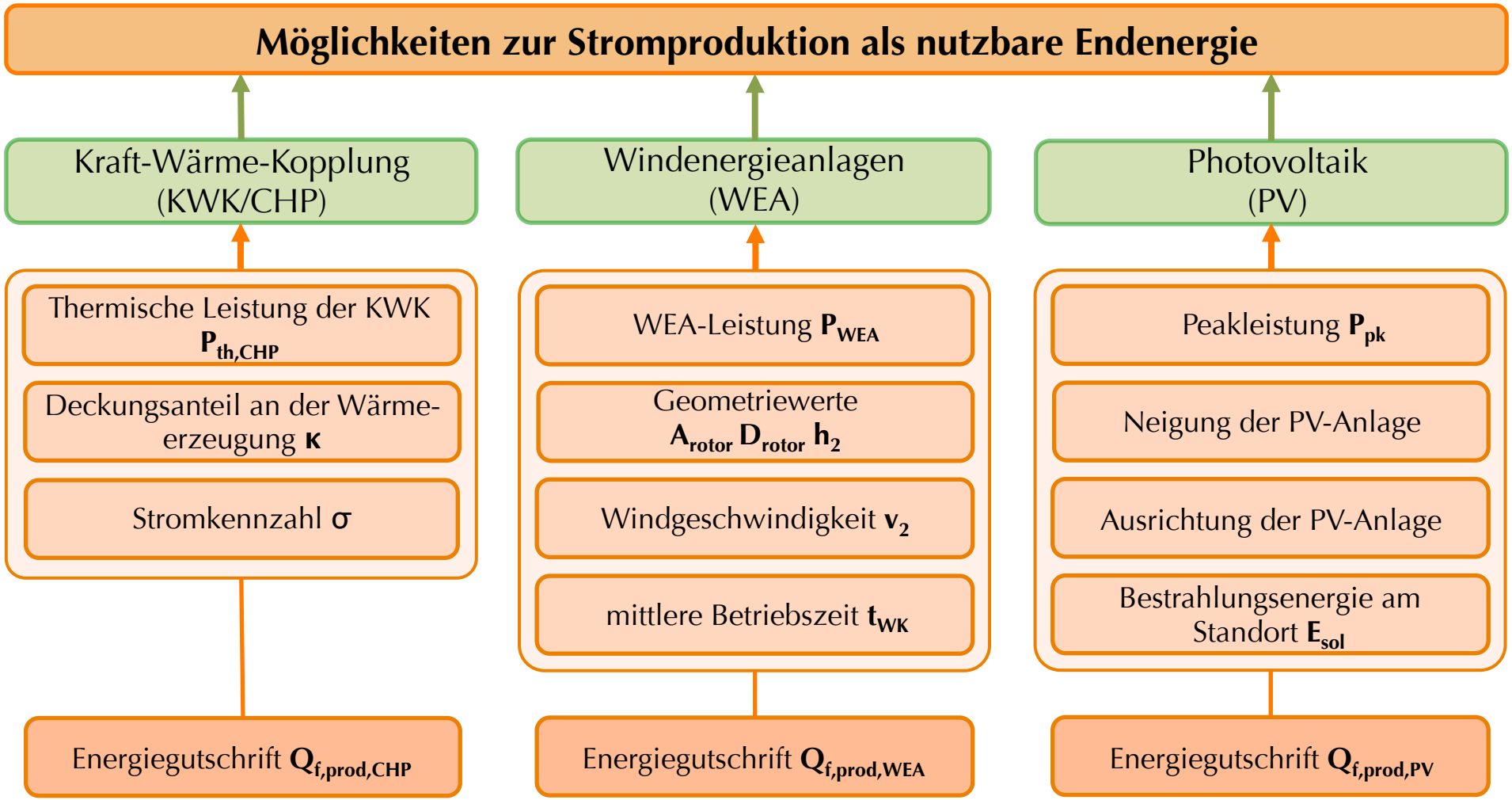


[A10.13]

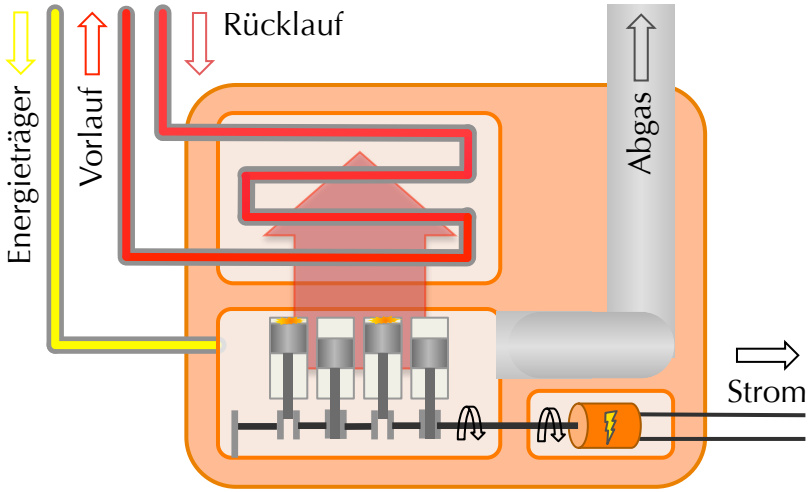


[A10.9]

Kapitel 11



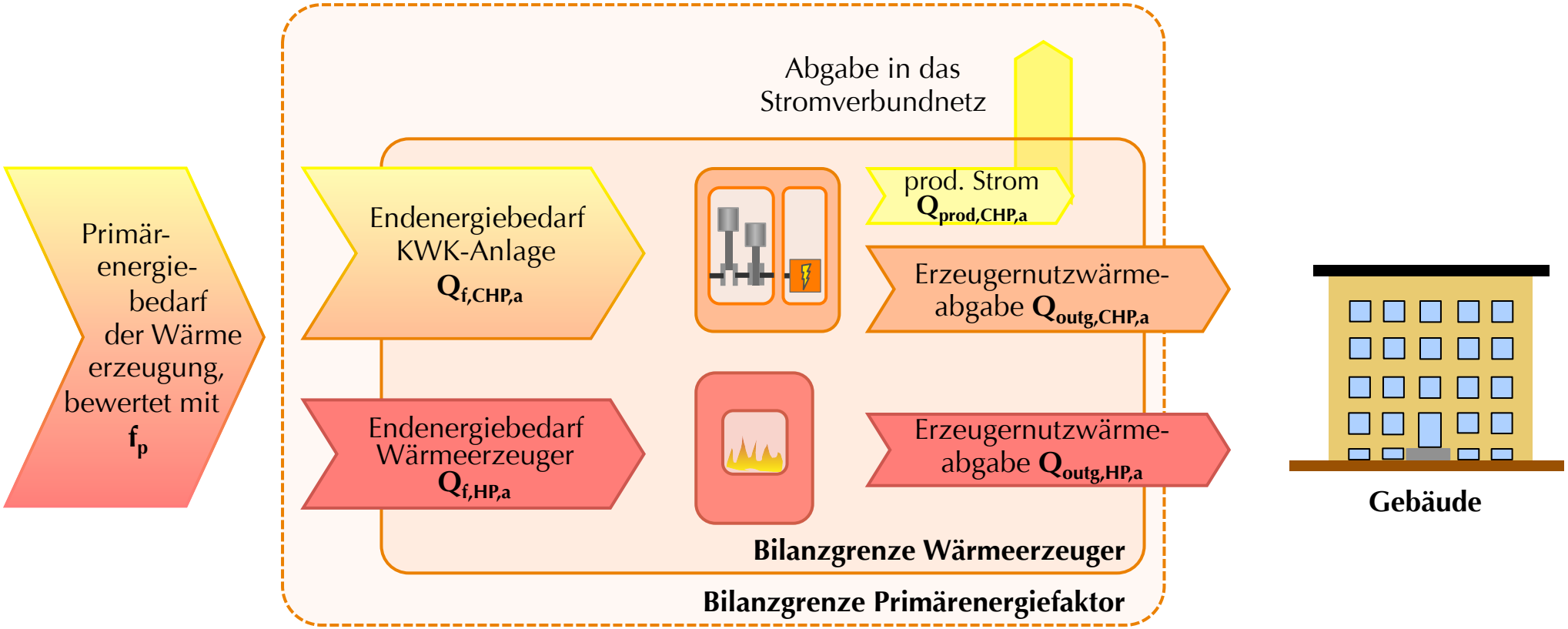
[A11.1]



[A11.2]

[A11.3]

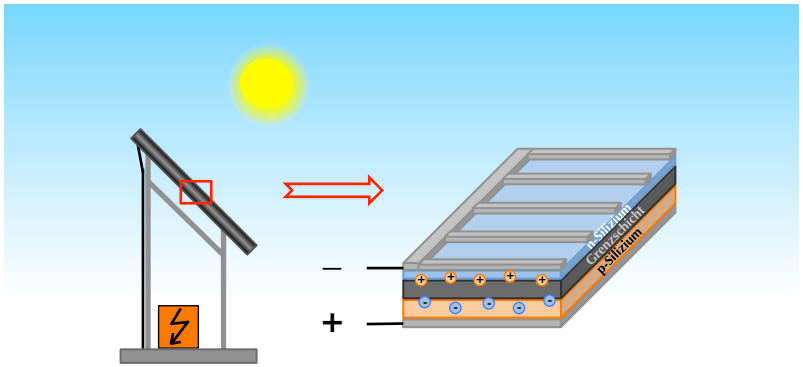
[A11.5]

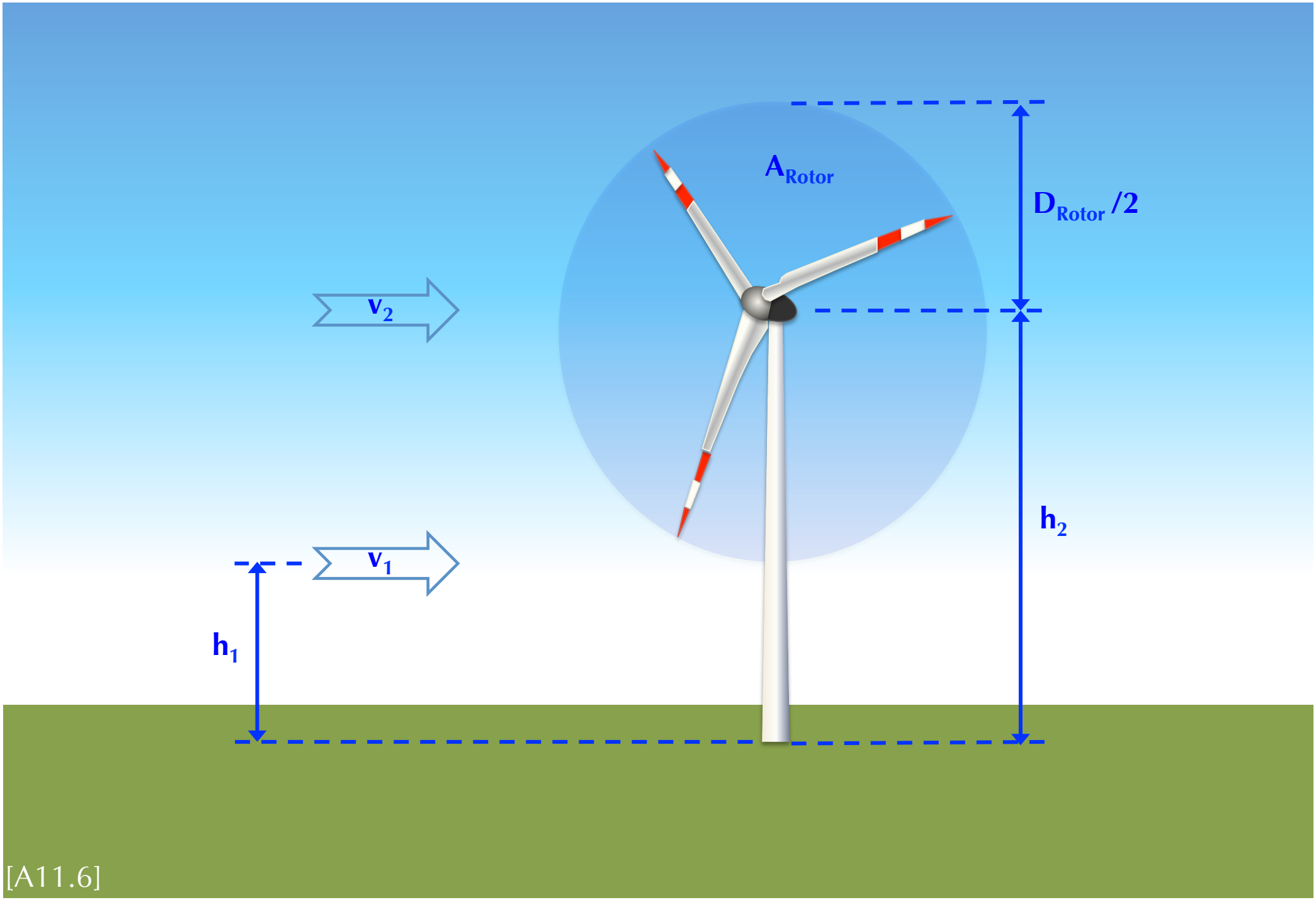


[A11.4]

[A11.7]

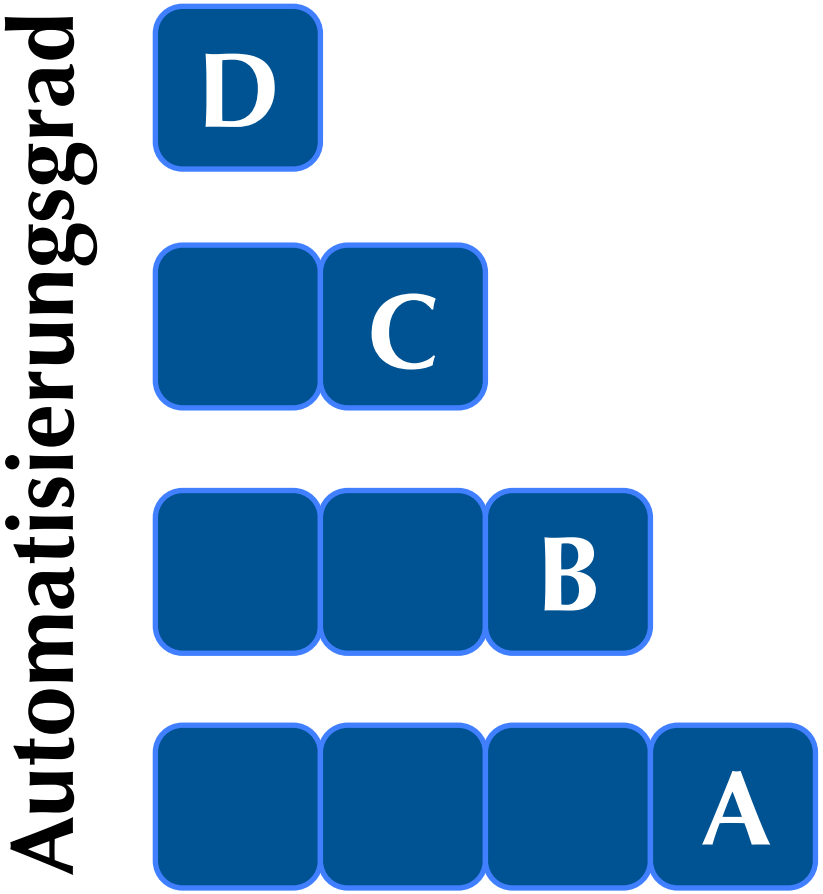
[A11.8]





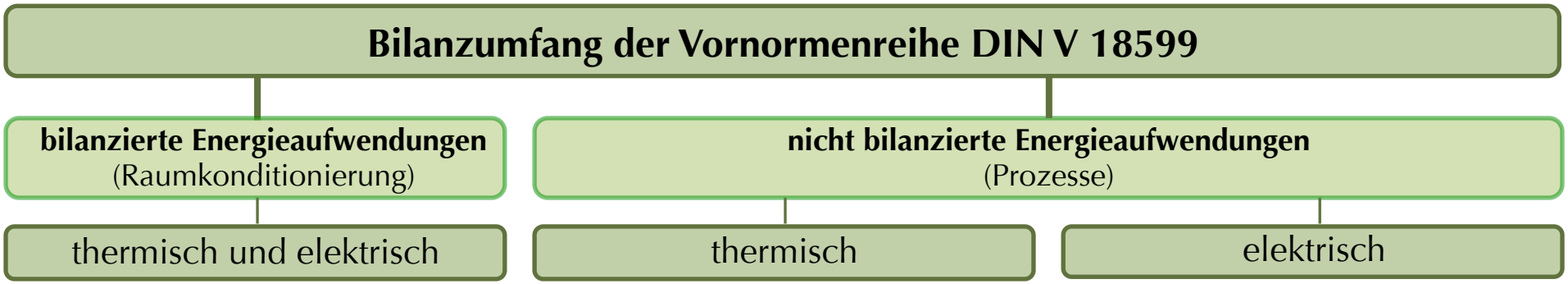
[A11.6]

Kapitel 12

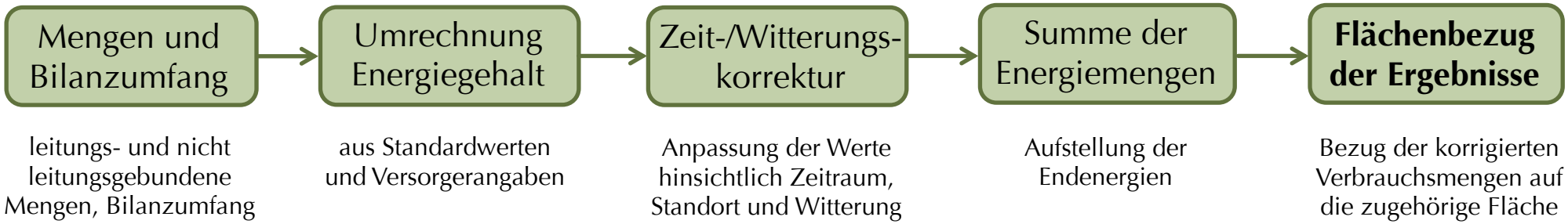


[A12.1]

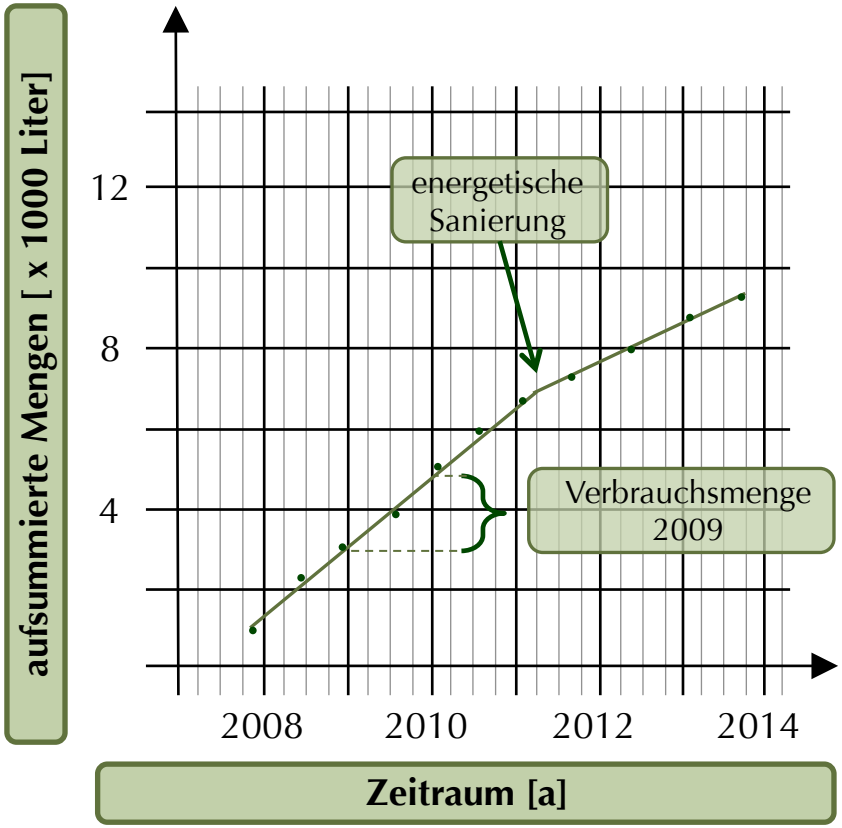
Kapitel 13



[A13.1]



[A13.2]



[A13.3]

①

Wärme- und Kälteenergiebedarf (Summe der Erzeugernutzenergieabgaben)			
… Heizung	37.386,88	kWh/a	
… RLT-Heizung	602,15	kWh/a	
… Kühlung	3.020,37	kWh/a	
… RLT-Kühlung	1.425,51	kWh/a	∑ = 44.761,11 kWh/a
… Trinkwarmwasser	2.326,20	kWh/a	
… Wohnungslüftung	-	kWh/a	
… Wohnungskühlung	-	kWh/a	
… Befeuchtung/Dampf	-	kWh/a	

②

Erfüllung aus Nutzung regenerativer Energie im Gebäude					
Regenerative Erträge oder Ersatzmaßnahme		Ertrag, in kWh/a	erreichter Deckungsgrad DG, in %	notwendiger Pflichtanteil PA, in %	Erfüllungsgrad $EG = DG / PA$, in %
Solarthermie					
Wärme aus KWK	Biogasbetrieb				
	anderer Brennstoff				
Wärme aus Kesseln	feste Biomasse				
	flüssige Biomasse				
Wärmepumpen					
Wärme- und Kälterückgewinnung		11.274,22	20,1	50,0	40,2
regenerative Kälteerzeugung					
Zwischenwert 1 (Summe)					40,2 %

③

Erfüllung aus Übererfüllung der EnEV						
Ergebnisse des EnEV-Nachweises				erreichter Deckungsgrad DG, in %	notwendiger Pflichtanteil PA, in %	Erfüllungsgrad $EG = DG / PA$, in %
Haupt-anforde-rung	Verhältnis Primärenergie Ist / Referenz		0,906	9,40	15	62,7
Neben-anforde-rung	Verhältnis H_T' Ist / Max.	bei Wohnbauten				
	Verhältnis Ü Ist / Max.	Nichtwohnbauten; opake Bauteile	0,521	47,90	15	319,3
		Nichtwohnbauten; transparente Bauteile	0,583	41,70	15	278,0
		[a]				
Zwischenwert 2 (Mindestwert)						62,7 %

④

Erfüllung aus Nutzung regenerativer Energie über Wärme/Kältenetze				
Art des Wärmenetzes	gelieferte Energie, in kWh/a	Anteil an der Erzeugernutzenergieab-gabe a, in %	Erfüllungsgrad des Netzmixes $EG_{Wärme}$ bzw. $EG_{Kälte}$, in %	$a \cdot EG_{Wärme}$ bzw. $a \cdot EG_{Kälte}$, in %
Wärme aus Wärmenetzen				
Kälte aus Kältenetzen				
Zwischenwert 3 (Summe)				%

⑤

Gesamterfüllung des EEWärmeG			
Zwischenwert 1 (gebäudeinterne EE)	Zwischenwert 2 (EnEV-Übererfüllung)	Zwischenwert 3 (EE über Wärme/Kältenetze)	Summe
40,2 %	62,7 %	- %	102,9 %

Ergebnis		
Das Gebäude erfüllt die Anforderungen des EEWärmeG.	☒ ja	☐ nein

Hinweis

[a] Bei Bedarf weitere Zeilen einfügen.

[A14.1]

1	5a	9
2	5b	10
3a	6	11
3b	7	EnEV
4	8	

[A15.1]

A	E
B1	F
B2	
C	EnEV+
D	Statistik

[A15.2]

Abbildungsverzeichnis
Anwendungsleitfaden 18599

[A1.1] Übersicht der enthaltenen, formalen Strukturelemente im Anwendungsleitfaden an einer Beispielseite

[A2.1] Beziehungen zwischen der EnEV und der DIN V 18599

[A2.2] Übersicht über die Möglichkeiten zur Bilanzierung des Energiebedarfs, bei der Bilanzierung von Wohngebäuden kann die DIN V 18599 in Neubau und Bestand zum Einsatz kommen, bei Nichtwohngebäuden besteht die Verpflichtung dazu

[A2.3] Beziehungen zwischen dem EEWärmeG und der DIN V 18599

[A3.1] Schematischer Zusammenhang der Ebenen des Energiebedarfs und der Anlagentechnik im Nichtwohnbau

[A3.2] Schematischer Zusammenhang der Ebenen des Energiebedarfs und der Anlagentechnik im Wohnbau

[A3.3] Übersicht über die Herkunft der bilanzierten Wärmequellen bzw. Wärmesenken nach DIN V 18599

[A3.4] Schematische Darstellung eines Nichtwohngebäudes mit typischen Eigenschaften hinsichtlich Nutzung, Anlagentechnik und Baukonstruktion und beispielhafte Zuordnung der bilanzierten Wärmequellen bzw. Wärmesenken nach DIN V 18599 zu den relevanten Bestandteilen der Betrachtung

[A3.5] Gekürzter Berechnungsablauf zur Bestimmung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs

[A3.6] Energieflussdiagramm für den Heizfall (Bild links), die ungeregelten Wärmeeinträge der Anlagentechnik in konditionierte Bereiche bilden interne Wärmequellen und reduzieren den Heizwärmebedarf

[A3.7] Energieflussdiagramm für den Kühlfall (Bild unten), die ungeregelten Wärmeeinträge der Anlagentechnik in konditionierte Bereiche bilden interne Wärmequellen, die den Kühlbedarf erhöhen

[A3.8] Schematische Überlagerung der monatlichen Wärmequellen und Wärmesenken zur bilanziellen Abbildung eines gesamten Jahres sowie zur Sichtbarkeit des Nutzenergiebedarfs für Heizung und Kühlung, formal findet dabei die Bilanzierung jeweils parallel mit Sommer- und Winterranddaten statt, in Monaten ohne Heiz- und Kühlbedarf entsteht ein neutrales Ergebnis auf Höhe der Nulllinie (im Schema nicht dargestellt)

[A3.9] Systematik in der Bezeichnung energetischer Kenngrößen

[A4.1] Grundsätzliche Zuordnung von Räumen zu Zonen per Hand auf dem Grundriss eines Verwaltungsgebäudes im Bestand (blau: Nutzungsprofil 1 (Einzelbüro), violett: Nutzungsprofil 16 (WC- und Sanitärräume in NW-Gebäuden), braun: Nutzungsprofil 20 (Lager, Technik, Archiv), grün: Nutzungsprofil 19 (Verkehrsflächen), rot: Nutzungsprofil 36 (Labor)), nach Aufnahme der Konditionierung erfolgte eine weitere Einteilung

[A4.2] Beispielhaftes Schema zum Ablauf der Zonierung für ein Nichtwohngebäude mit Berücksichtigung aller Teilungskriterien

[A4.3] Vertikale Maßbezüge von Bauteilen bei unterschiedlichen Konditionierungseigenschaften

[A4.4] Horizontale Maßbezüge von Bauteilen bei unter-schiedlichen Konditionierungseigenschaften

[A4.5] Verschiedene zulässige Möglichkeiten zur beispielhaften Teilung eines nicht rechteckigen Grundrisses in Einzelbereiche zur Ermittlung der charakteristischen Länge und Breite

[A4.6] Schematische Darstellung des Temperaturverlaufs im stationären Fall durch eine Außenwand, bestehend aus Innenputz, Klinkermauerwerk und Außendämmung

[A4.7] Beispielhafte Grundrisse eines Kellergeschosses mit thermisch nicht konditioniertem Bereich (grau) und thermisch konditioniertem Bereich (rot) mit Darstellung von Flächenangaben (A) und Perimeter (P)

[A4.8] Herstellerangaben eines Fensters im Abstandhalter (von links nach rechts) über Glastyp, Herstelldatum, Wärmedurchgangskoeffizienten, Scheibendicken und Scheibenabstand: „EDU ISOLIERGLAS 20.08.2008 8817/4 4mm 1,1m Gas/Float 4mm, 4/16/4“

[A4.9] Ein Feuerzeug vor einem Fenster ruft jeweils zwei Reflexionen an den Oberflächen der Glasscheiben hervor, ebenfalls erkennbar ist die rötlich verfärbte Spiegelung auf der Rahmenseite der inneren Scheibe, es handelt sich hier sehr wahrscheinlich um eine 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung

[A4.10] Detailberechnung einer einbindenden Geschossdecke in eine Außenwand (λ in (W/(mK)): 1) Stahlbetondecke (λ = 2,30), 2) Trittschalldämmung (λ = 0,035), 3) Zementestrich (λ = 1,40), 4) Hohlziegelmauerwerk (λ = 0,08), 5) Dämmstoffeinlage (λ = 0,035), 6) Gips-Innenputz (λ = 0,51), 7) Hohlziegelmauerwerk (λ = 0,08), 8) Kalk-Zement-Außenputz (λ= 1,00); der positive längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient von ψ = 0,069 W/(mK) bedeutet einen höheren Energieabfluss als bei der reinen Betrachtung der Außenwand

[A4.11] Versuchsaufbau zur Gebäudedichtheitsmessung in der Eingangstür eines Wohnhauses

[A4.12] Schematische Darstellung vom Einwirken der Sonneneinstrahlung auf opake und transparente Flächen als mögliche Wärmequelle (links) und dem möglichen Abstrahlen von Wärmeenergie über opake Flächen des Gebäudes mit Wirkung einer Wärmesenke (rechts)

[A4.13] Schematische Darstellung aller Einflussgrößen bei der Bestimmung der Strahlungswärmequellen durch transparente Bauteile

[A5.1] Allgemeiner Zusammenhang der Bilanzierung von Beleuchtung für einen Berechnungsbereich

[A5.2] Darstellung der Tageslichttiefe, durch die gleich-bleibende Fassade entsteht eine kontinuierliche Fläche

[A5.3] Schematische Tageslichtbreite für ein Fenster, durch die Nachbarfenster ergibt sich eine Gesamtfläche

[A5.4] Ein rundes Dachoberlicht oberhalb einer abgehängten Decke, relevant ist hier die lichte Raumhöhe

[A5.5] Beispielhafte Darstellung der tageslichtversorgten Fläche durch ein Dachoberlicht in Höhe der Nutzebene

[A5.6] Glühlampe

[A5.7] Halogenglühlampe

[A5.8] Leuchtstofflampe stabförmig

[A5.9] Kompaktleuchtstofflampen für externe Vorschaltgerät

[A5.10] Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät

[A5.11] Metallhalogen-Hochdrucklampe

[A5.12] Natriumdampf-Hochdrucklampe

[A5.13] Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

[A5.14] LED (Licht emittierende Diode)

[A5.15] Konventionelles Vorschaltgerät (engl. conventional ballast)

[A5.16] Verlustarmes Vorschaltgerät (engl. low-loss ballast)

[A5.17] Elektronisches Vorschaltgerät (engl. electronic ballast)

[A5.18] direktes Licht

[A5.19] indirektes Licht

[A5.20] direkt/indirektes Licht

[A5.21] Möglichkeiten zur Ermittlung der spezifischen elektrischen Bewertungsleistung
[A6.1] Zusammenhang der Bilanzgrößen zur Bestimmung des Endenergiebedarfs für die Wärmeerzeugung nach DIN V 18599-5

[A6.2] Typische Anlagen zur Wärmeerzeugung mit einer Auswahl zugehöriger Energieträger (*Umweltwärme und Sonnenenergie stehen vollständig regenerativ zur Verfügung und entfallen später bei der Primärenergiebewertung)

[A6.3] Schematische Darstellung eines Gas-Gebläsekessels mit Brennwerttechnologie in Bereitschaft (oben), Teillastbetrieb (Mitte) und Nennlastbetrieb (unten) mit jeweiliger Zuordnung der normativen Kennwerte zur Berechnung der Erzeugerwärmeverluste und des Hilfsenergiebedarfs.

[A6.4] Typenschild eines Kessels mit angebrachten Wartungsnachweisen. Aus den Angaben gehen z.B. Nennleistung (35 kW), Brennstoff (Erdgas H), Typ (NT-Kessel), Abgastemperatur (102°C) und eingeregelter Maximal-Volumenstrom (3,54 m3/h) hervor.
[A6.5] Schematische Darstellung einer Erdreich-Wasser-Wärmepumpe mit Bezeichnung der angeschlossenen Kreise sowie einer beispielhaft installierten Fußbodenheizung

[A6.6] Schematische Abdeckung der Heizlast bei Wärmepumpe und Nacherzeuger bei Alternativ-, Parallel- und Teilparallelbetrieb mit Verteilung der Heizgradstunden in jeder Temperaturklasse sowie den Anteilen des jeweiligen Erzeugers durch farbliche Kennzeichnung

[A6.7] Eine Solarthermie-Anlage auf dem Dach eines Laborgebäudes mit schematischen geometrischen Eigenschaften

[A6.8] Blick in eine geöffnete Fernwärme-Hausstation, erkennbar sind der Wärmeübertrager (linke Seite), die installierten Kreisläufe sowie die Messeinrichtungen
[A6.9] Installiertes Blockheizkraftwerk (BHKW) mit erkennbarem Pufferspeicher (rechts) und der Einbindung in das Hausstromnetz (links oben)

[A6.10] Schematische Darstellung eines Heizungsverteilnetzes im Einrohrsystem (links) und Zweirohrsystem (rechts) mit Vorlauf (Volllinie) und Rücklauf (Strichlinie)

[A6.11] Typen von zentralen Heizungsverteilnetzen zur Längenabschätzung nach DIN V 18599-5

[A6.12] Alte Heizungs-Umwälzpumpe mit vier statischen Leistungsstufen, diese war auf die geringste Stufe (1300 U/Min, 42W, 230 V(AC)) geregelt
[A6.13] Ersatz für die obere Pumpe: Hocheffizienzpumpe mit stufenlos regelbarer Leistung (1200-4230 U/Min, 3-40 W, 230 V (AC)), hier gerade mit einer aktuellen Leistung von 10 Watt

[A6.14] Übersicht über die Systematik der Heizwärmeübergabe

[A6.15] Plattenheizkörper mit Messeinrichtung

[A6.16] Deckenstrahlplatten in einer Eingangshalle

[A6.17] Heizungskonvektor

[A6.18] Hellstrahler in einer Produktionshalle

[A6.19] Direktelektrischer Heizkörper

[A6.20] Dunkelstrahler in einer Produktionshalle

[A6.21] Fußbodenheizung (unverkleidet)

[A6.22] Schematische Darstellung Wandheizung

[A6.23] Schematische Temperaturschichtung der Heizflächen in einem hydraulisch nicht abgeglichenen (links) und einem hydraulisch abgeglichenen Heizungsverteilnetz mit Plattenheizkörpern (rechts)

[A6.24] Ventileinsatz eines manuellen Thermostatventils mit abgeschraubtem Thermostatkopf, erkennbar ist die Möglichkeit der Voreinstellung der Durchflussöffnung durch das rote Drehelement, die Einteilung der Stufenregelung des Volumenstroms ist herstellerabhängig [37]

[A6.25] Automatischer Differenzdruckregler zwischen dem Vor- und Rücklauf eines Heizungsnetzabschnittes, erkennbar ist das Verbindungsröhrchen zwischen beiden Strängen, das den hydraulischen Druckabgleich bzw. den Permanentabgleich sicherstellt [36]

[A6.26] links: P-Regler (gewöhnliches manuelles Thermostatventil) an einem Plattenheizkörper

[A6.27] rechts: PI-Regler (elektronisch geregeltes Ventil) an einem Konvektor

[A7.1] Zusammenhang der Bilanzgrößen zur Bestimmung des Endenergiebedarfs für Trinkwarmwasser nach DIN V 18599-8

[A7.2] Elektrischer Durchlauferhitzer unter einem Handwaschbecken

[A7.3] Wandhängender, gasbetriebener Durchlauferhitzer

[A7.4] Elektrischer Trinkwarmwasserboiler mit Ausgussbecken

[A7.5] Schematische Darstellung unterschiedlicher Speichertypen für Trinkwarmwasser

[A7.6] Platzsparende und bauliche getrennte Installation aus einem Gas-Heizkessel (oben) mit Gebläsebrenner (vorn) und einem indirekt beheizten Trinkwarmwasserspeicher (unten, liegend), der durch eine separate Leitungsinstallation und einer Speicherladepumpe versorgt wird.

[A7.7] Eine bestehende Installation eines bivalenten Solarspeichers, zu erkennen sind die Ladekreise des Solarerzeugers zur Vorerwärmung (untere Hälfte) und die des Gaskessels (obere Hälfte) zur Nacherhitzung

[A7.8] Abbildung eines wandhängenden, elektrisch beheizten Trinkwarmwasserspeichers in einem Sanitärbereich. Erkennbar sind die elektronische Regeleinrichtung am unteren Ende des Speichers sowie eine direkt angeschlossene Zapfstelle für Trinkwarmwasser.

[A7.9] Ein gasbeheizter Trinkwarmwasserspeicher mit Kaltwasserzulauf, Typenschild (beide in der Mitte), erkennbarer Brennereinheit (Rand unten) sowie zentrales Abgasrohr

[A7.10] TWW-Speicherladepumpe

[A7.11] Netztyp I: einmalige horizontale Etagenanbindung, Steigestränge in den Geschossen

[A7.12] Netztyp II: horizontale Verteilung in den Etagen, einzelner Steigestränge zwischen den Geschossen

[A7.13] Netztyp III: ausschließlich Anbindeleitungen mit wenigen Zapfstellen, dezentral

[A8.1] Schematische Zusammensetzung des Bilanzierungsansatzes in DIN V 18599-3:2011-12

[A8.2] Ventilator (Radialventilator)

[A8.3] Erhitzer (im Hintergrund)

[A8.4] Kühler

[A8.5] Kreuzstromwärmeübertrager (Wärmerückgewinnung)

[A8.6] stabförmiger Dampfbefeuchter (Dampf-Lanze, im Vordergrund)

[A8.7] Regelungs- und Messtechnik zur Anlagensteuerung

[A8.8] Angaben zur Dimensionierung und den Druckverlusten einer RLT-Anlage auf einem angebrachten Aufkleber (hier für den Zuluftstrom, gleiches gilt für den Abluftstrom)

[A8.9] Reale Messung des Volumenstroms in einem Lüftungskanal mit einem Prandtl-Staurohr. Aus der Druckdifferenz lässt sich die Geschwindigkeit und mit den Kanalinnenabmessungen der Volumenstrom bestimmen.

[A8.10] Messung der Druckdifferenz aus jeweils einem Messpunkt vor und direkt hinter dem Abluftventilator (Revisionsöffnung bei der Messung geschlossen)

[A8.11] Möglichkeiten und Einflussgrößen zur Bestimmung des RLT-Nutzenergiebedarfs

[A8.12] Möglichkeiten und Einflussgrößen zur Bestimmung des RLT-Nutzenergiebedarfs

[A8.13] Schematische RLT-Anlage im Sommerfall mit WRG ohne Verdunstungskühlung im Abluftstrom

[A8.14] Schematische RLT-Anlage im Sommerfall mit WRG sowie Verdunstungskühlung im Abluftstrom

[A8.15] Schematische Darstellung einer adsorptionsgestützten Klimatisierung mit einem Sorptionsrad/Zuluftentfeuchter (rechts), einem Rotor zur Wärme-/Kälterückgewinnung (links) und Befeuchtern im Zuluft- und Abluftstrom (indirekte Verdunstungskühlung) sowie einem Regenerationserhitzer zur Ablufterwärmung

[A9.1] Energieflussdiagramm für den bilanziellen Zusammenhang des Endenergiebedarfs für Kälteversorgung

[A9.2] Gliederung der Kältererzeugersysteme nach Erzeugerart, Rückkühlung und Kältenutzung

[A9.3] Anlagenbestandteile für ein Kältesystem, bestehend aus einer Kompressionskältemaschine (Scrollverdichter), einer separaten Rückkühlung (trocken) sowie Verteilkreisen für RLT- und Raumkälte. Zur Versorgung des Systems sind ein Kältemittelkreis (Kältemittel), ein Rückkühlkreis (Wasser mit eventuellem Frostschutzzusatz) sowie zur Verteilung und Übergabe ein Primär- und mehrere Sekundärkreise (jeweils Kaltwasser) notwendig.

[A9.4] Anlagenbestandteile für ein Kältesystem, bestehend aus einer Kompressionskältemaschine (Scrollverdichter), das abweichend zur vorherigen Anlage eine Direktverdampfung des Kältemittels aufweist, der Kältemittelkreis wird direkt im Rückkühler (trocken) abgekühlt, es entfällt ein separater Rückkühlkreis. Die Verteilung der Kälte erfolgt ebenso über einen Primärkreis (Kaltwasser) und Sekundärkreise (Kaltwasser, hier nicht wiederholt ausführlich dargestellt).

[A9.5] Anlagenschema für ein Kompaktklima-gerät. Die erzeugte Kälte der Kompressionskältemaschine (Scrollverdichter) entsteht durch die Direktverdampfung des Kältemittels im Kältemittelkreis. Die Kälteverteilung geschieht direkt über einen Ventilator in den Raum, die warme Abluft der Rückkühlung (trocken, Ventilator) muss durch z.B. einen Schlauch abgeleitet werden.

[A9.6] Schematische gebäudenahe Installation von Erdsonden (links) und typischer Aufbau einer Ein-U-Rohr-Erdsonde (rechts)

[A9.7] Typische Querschnittsformen von Erdsonden mit Bezeichnung nach Leitungsführung: Ein-U-Rohr-Querschnitt (1U, links), Zwei-U-Querschnitt (2U, Mitte), Koaxialsonde (rechts)

[A9.8] Schematische Darstellung der typischen Wirkungsweise von Rückkühlwerken mit anbindendem Kreislauf

[A9.9] Bodenstehendes Rückkühlwerk eines Kälteerzeugersystems, bestehen aus zwei parallelen Rückkühlern. Die Rückkühlleistung kann sich auf mehrere Rückkühlwerke aufteilen.

[A9.10] Anlagentechnische Ausführung einer Kombination von zwei parallelen Eisspeichern im Kellergeschoss eines Gewerbeunternehmens (Höhe ca. 2,20m)

[A9.11] Auf dem Dach eines Geschäftskomplexes verlaufende Lüftungskanäle, normativ wird hier eine vorhandene Dämmung von Wärme- oder Kälteverteilkanälen vorausgesetzt

[A9.12] Bestimmung der hydraulischen Leistung für die Berechnung des Hilfsenergiebedarfs für Kühl- und Kaltwasserverteilung im Näherungs- oder Detailverfahren

[A9.13] Berechnungsablauf des Hilfsenergiebedarfs für Kühl- und Kaltwasserverteilung nach Bestimmung der hydraulischen Leistung

[A9.14] Übersicht über die anlagentechnischen Möglichkeiten der Kälteübergabe

[A9.15] Detailaufnahme der Kühleroberfläche

[A9.16] Wandhängender Gebläsekonvektor

[A9.17] Installation einer Kühldecke im Bauzustand

[A9.18] Abbildung eines Kompaktklimagerätes mit Übergabe der Kaltluft (Öffnung mit schwarzen Leitrippen) in den Raum und Abführung der Erzeugerabwärme rückseitig durch einen Schlauch nach außen

[A10.1] Geöffnete Wohnungslüftungsanlage, erkennbar sind die Kanalabschnitte (oben), der Wärmeübertrager (Mitte) und darunterliegend zwei Ventilatoren

[A10.2] Übersicht zu möglichen ventilatorgestützten Wohnungslüftungs- und Luftheizungssystemen

[A10.3] Schematische Darstellung einer reinen Abluftanlage ohne eine Wärmerückgewinnung

[A10.4] Schematische Darstellung einer reinen Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch eine Abluft-Wasser-Wärmepumpe, das erwärmte Wasser kann zur Heizung und/oder Trinkwarmwasserbereitung genutzt werden.

[A10.5] Schematische Darstellung eines Abluft-Zuluft-Systems ohne Wärmerückgewinnung

[A10.6] Schematische Darstellung eines Abluft-Zuluft-Systems mit einem Wärmeübertrager

[A10.7] Schematische Darstellung eines Abluft-Zuluft-Systems mit einer Abluft-Zuluft-Wärmepumpe, dabei wird Wärme im Abluftstrom entzogen und dem Außenluftstrom zu Erwärmung zugeführt

[A10.8] Schematische Darstellung eines Abluft-Zuluft-Systems mit Wärmeübertrager und Abluft-Wasser-Wärme-pumpe, dabei wärmt Abluft die Außenluft vor, anschließend entzieht die Wärmepumpe weitere Restwärme

[A10.9] Schematische Darstellung einer von mehreren Einheiten eines dezentralen Zuluft-Systems, die Abführung der Abluft erfolgt bei zentralen und dezentralen Systemen geschossweise

[A10.11] Schematische Darstellung eines Luftheizungssystems mit Wärmeübertrager zwischen Abluft- und Zuluftstrom sowie einer separaten Umluftfunktion, wodurch dem Raum eine größere Wärmemenge zugeführt werden kann, ohne den Außenluftvolumenstrom zu erhöhen, eine Nachheizung übernimmt jeweils die Resterwärmung

[A10.10] Schematische Darstellung eines Luftheizungssystems mit Wärmeübertrager, Abluft-Zuluft-Wärmepumpe und zentralem Nacherhitzer zur Resterwärmung des Zuluftstroms

[A10.12] Mögliche Systeme zur Wohnungskühlung

[A10.13] Kondensation von Feuchtigkeit an der kalten Oberfläche der Kühlerzuleitung
[A11.1] Schematischer Zusammenhang von Einflussgrößen bei Möglichkeiten zur Stromerzeugung

[A11.2] Schematische Darstellung eines Blockheizkraftwerks (BHKW)

[A11.3] Reales Blockheizkraftwerk

[A11.4] Möglichkeiten zur Darstellung der KWK-Endergebnisse in Abhängigkeit der gewählten Bilanzgrenze

[A11.5] Eine gebäudenahe Windenergieanlage zur Stromerzeugung

[A11.6] Schematische Darstellung einer Windenergieanlage mit zugehörigen Kenngrößen

[A11.7] Eine Photovoltaikanlage mit polykristallinen Si-Solarzellen auf einem Laborgebäude

[A11.8] Schematische Darstellung einer PV-Anlage und Detail-ausschnitt einer Solarzelle

[A12.1] Kategorisierung der Automatisierungsgrade für die Bestimmung der Qualität zentraler und anlagenspezifischer Regelung

[A13.1] Übersicht über den Bilanzumfang (Auswahl) nach DIN V 18599

[A13.2] Kurzübersicht zum Ablauf der Verbrauchsauswertung

[A13.3] Beispielhafte grafische Auswertung von aufsummierten Tankquittungen für Heizöl mit der Ablesbarkeit des gemittelten Verbrauchs in einem Jahr, nach einer energetischen Sanierung sinken die Einkaufsmengen und der mittlere Verbrauch im Zeitraum 2011-2014

[A14.1] Beispiel eines ausgefüllten Nachweisformulars aus Beiblatt 2 für das EEWärmeG im Neubau mit Zuordnung der vorbeschriebenen Abschnitte. Aus den notwendigen Wärme- und Kälteenergiemengen aus Heizung (mit RLT), Kühlung (mit RLT) und Trinkwarmwasser geht die Gesamtsumme von 44.761,11 kWh/a hervor. Regenerative Elemente sind hier die Nutzung einer Wärmerückgewinnung (Ergebnisse aus der Differenz zu einer zweiten Bilanzierung ohne WRG) sowie die Unterschreitung der geltenden EnEV (aus den Bauteileigenschaften). In Summe reichen beide Anteile aus, um den Nachweis zu erfüllen (102,9 %).

[A15.1] Bestandteile der allgemeinen Dokumentation

[A15.2] Bestandteile der verk. Wohngebäude-Dokumentation

[A18.1] Beispielausschnitt des Begriffslexikons mit Erläuterungen

Quellenangaben der Abbildungen

Selbst erstellte Abbildungen auf inhaltlicher Grundlage eigener geistiger Leistung

Alle, nicht nachfolgend explizit genannten Abbildungen (Grafiken, Bilder, Schemenzeichnungen) entstammen in geistiger Idee, Anordnung und grafischer Umsetzung dem Autor Steffen Henning.

Selbst erstelle Abbildungen auf inhaltlicher Grundlage bestehender Zusammenstellung, jedoch nach starker Veränderung, detaillierter Ergänzung und/oder Neuzusammenstellung

Hierzu gehören folgende aufgeführte Abbildungen:

[A3.4] DIN V 18599-1:2011-12, Bild 1 – Übersicht über die Teile der DIN V 18599
[A3.6] [33] S.98 Abbildung „Iterative Berechnung mit Gewinnen aus Technik“
[A3.8] [33]: S.146 Abbildung „Nutzwärme (Heizwärmebedarf) und Nutzkälte (Kühlbedarf)“
[A3.9] DIN V 18599-1:2011-12, Bild 3 – Schema der Indizierung
[A4.2] DIN V 18599-1:2011-12, Bild 4 – Beispielablauf einer Zonierung
[A4.3] DIN V 18599-1:2011-12, Bild 7 – Maßbezüge im Schnitt
[A4.4] DIN V 18599-1:2011-12, Bild 6 – Maßbezüge im Grundriss
[A4.7] [33] S.162 Abbildung „Bodenplattenmaße im Grundriss“
[A4.10] [15] S. 35 Abbildung 33 und S. 36 Abbildung 34
[A6.1] DIN V 18599-4:2011-12, Bild 3 – Ablaufdiagramm zur Ermittlung des Energiebedarfs für Beleuchtung

[A6.3] [25] S.95 Abbildung 2.2.1 Prinzip-Schaltbild einer Brennwert-Heizungsanlage
[A6.5] [25] S. 113 Abbildung 2.6.2 Prinzip einer Wärmepumpe
[A6.10] [33] S.184 Abbildung „Einrohrsystem“ und „Zweirohrsystem“
[A6.11] DIN V 18599:2011-12, Anhang C, Abbildungen in Tabelle C.1
[A9.2] [52] S. 11 Abbildung 3: Wärmepumpe
[A9.14] [42] Abbildung 1: Querschnitt durch Vollklimaanlage
[A9.15] [43] S. 48 Abbildung 3.2.4 Prinzipschaltbild eines Systems zur solar unterstützten sorptionsgestützten Klimatisierung (SGK) mit Sorptionsrotor und Rotors zur Wärmerückgewinnung (WRG). Standardzyklus mit Verdunstungskühlung in der Zuluft und indirekter Verdunstungskühlung (im Abluftstrang)

[A10.3] [33] S. 220 „Bezeichnung der Kreise“ von Schiller
[A10.6] [54]: S. 2 Abbildung 1 – Schema einer Erdwärmesonde (linker Teil)
[A10.7] [54]: S. 2 Abbildung 1 – Typische Sonderbauarten (rechter Teil)
[A10.8] [55] Abbildungen (ohne Bezeichnung) S. 3 Trockenrückkühler, S. 4 Offener Verdunstungskühlturm, S. 5 Geschlossener Verdunstungskühlturm

[A10.12] DIN V 18599-7:2011-12, Bild 8 – Vorgehen bei der Berechnung des Pumpenenergiebedarfs Kühl- und Kaltwasser

[A12.4] DIN V 18599-1:2011-12, Anhang A, Bild A.1 – Bilanzierungsmethode für externe Wärme-/Kältelieferung

[A12.8] [74] Abbildung 2: Aufbau und Vorgänge in einer Solarzelle
[A14.3] DIN V 18599 Bbl. 1:2009-11, Bild 1 – Kumulierter Ölverbrauch über die Zeit
[A15.1] DIN V 18599 Bbl. 2:2012-02, Abschnitt 3.1 Formular EEWärmeG

Weitere Abbildungen zur Ergänzung des Leitfadens

Die nachfolgend aufgeführten Abbildungen wurden zur bildlichen Ergänzung dieses Leitfadens genutzt, die Bildrechte liegen bei den jeweils angegebenen Personen oder Institutionen:

Kati Jagnow	[A5.20] [A6.8] [A6.9] [A6.17] [A6.18] [A6.20] [A6.21] [A6.27] [A7.2] [A7.3] [A7.7] [A7.8] [A7.9] [A8.8] [A9.10] [A9.11] [A9.16] [A10.1] [A11.3]
Lucas Schreiber	[A4.1] [A4.11]
[23]	[A5.16] [A5.17]