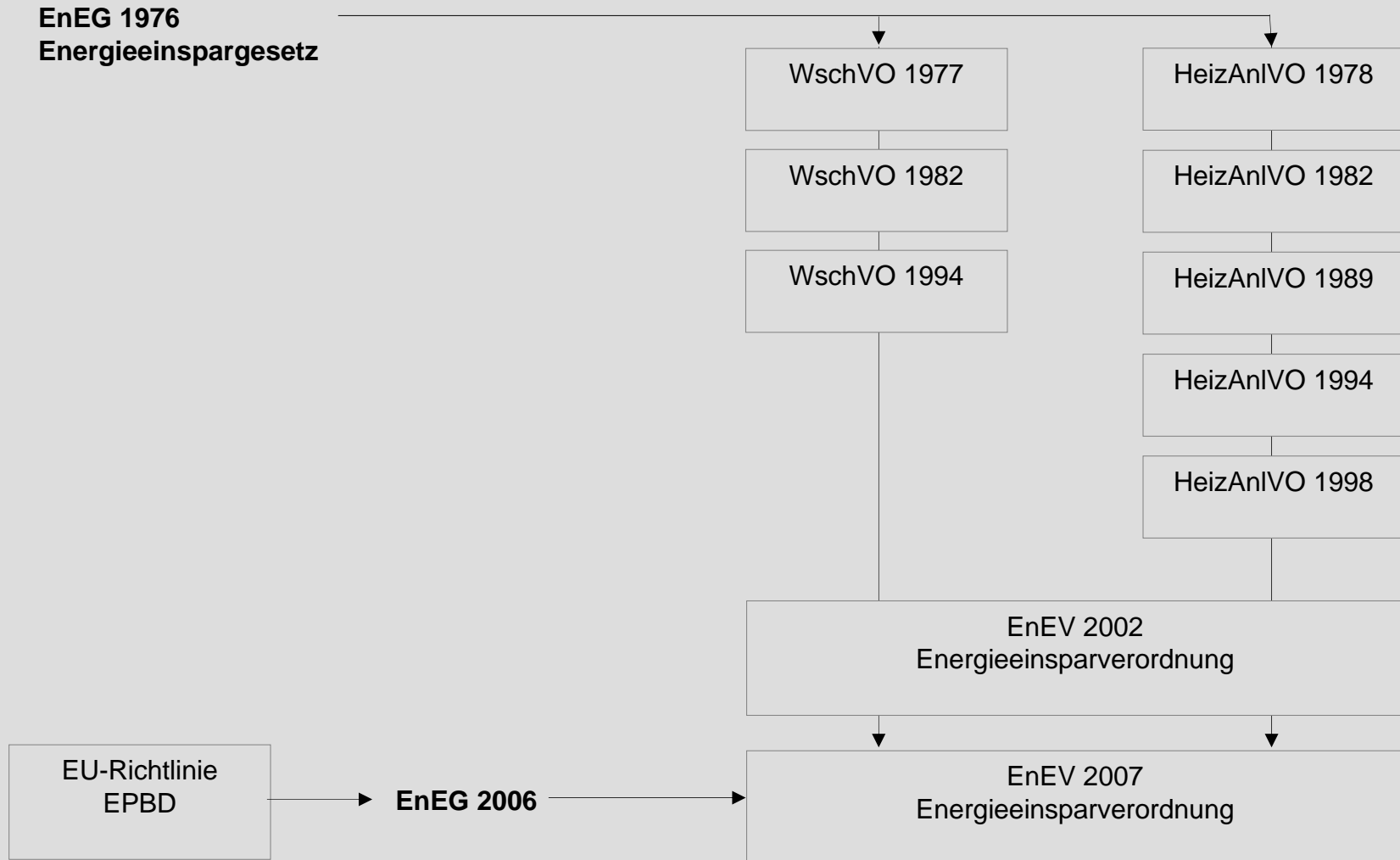


Die Bewertung der Klima- und Kältetechnik durch die Energieeinsparverordnung 2007 und die DIN V 18599

Dipl.-Ing. Heiko Schiller

schiller engineering
Hamburg
www.schiller-engineering.com
info@schiller-engineering.com



- Bewertung der Gebäudehülle, Heizungstechnik, Trinkwarmwasseranlagen und (Wohnungs-) Lüftungsanlagen
- Verfahren ausschließlich am Wohnungsbau orientiert: Nutzungsprofil, Luftwechsel, Wärmequellen
- EnEV-Grenzwerte nur in Abhängigkeit der Geometrie (A/V-Verhältnis); ohne Differenzierung nach Nutzungsart
- keine Bewertung von Raumkühlung, Beleuchtung und RLT-Anlagen (Kühlfunktion, Be- und Entfeuchtung, tatsächliche Luftwechsel, Luftförderung...)
- teilweise realitätsferne Ergebnisse für den Energiebedarf

- Einbeziehung von Klimaanlage (RLT-Anlagen und Raumkühlsysteme) in die Bilanzierung des Jahres-Primärenergiebedarfs
- Berücksichtigung der Klimatisierung bei verbrauchs- und bedarfsorientierten Energieausweisen
- „Einzelanforderungen“ an die Energieeffizienz
- Energetische Inspektion von Klimaanlage

§ 4

Anforderungen an Nichtwohngebäude

(1) Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit der in Anlage 2 Tabelle 1 angegebenen technischen Ausführung nicht überschreitet.

1. Zoneneinteilung nach Nutzungsart, Konditionierungsart und Eingabe der geometrischen Daten: A, V

Beispiele: Bürozone (natürlich belüftet)
Bürozone (klimatisiert)
Konferenzbereich
Verkehrswege

2. Schritt: Eingabe der Nutzungsrandbedingungen

Beispiele: Raumtemperatur, Feuchtebereiche
Nutzungszeit
interne Wärmequellen
Trinkwarmwasserbedarf
Luftwechsel

3a. Berechnung Referenzenergiebedarf nach **DIN V 18599** (zonenweise)

Technische Ausführung Referenzgebäude nach EnEV Anlage 2

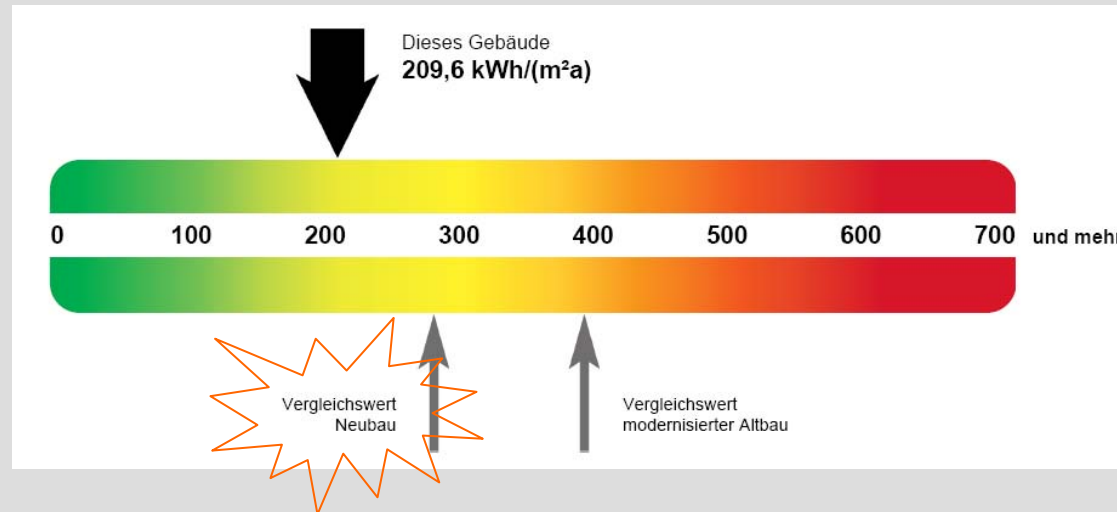
- Wärmedämmung $H'_{T,ref}$ (Referenzwert)
- Referenzsystem Heizung
- Referenzsystem RLT
- Referenz-TWW-Anlage
- Referenzausführung Beleuchtung

3b. Bewertung der Gebäudeplanung nach **DIN V 18599** (zonenweise)

Verwendung von Planungswerten

- Planungswert Wärmedämmung H'_T
- geplante Ausführung Heizungsanlage
- geplante Ausführung RLT-Anlage
- geplante Ausführung TWW-Anlage
- geplante Ausführung Beleuchtung

$$Q_{P,Ref} > Q_{P,Nachweis}$$



Der Primärenergiebedarf für das Kühlsystem und die Kühlfunktion der RLT ist bei den Nutzungen

- Einzel-, Gruppen-, Großraumbüro
- Klassenräume
- WC- und Sanitärräume
- Lager, Technik, Archive
- Sporthallen, (Parkhäuser)

gleich NULL zu setzen.

- Ventilatorleistungen
 - reine Abluftanlagen $p_{SFP} = 1,25 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
 - Zu- und Abluftanlagen ohne Nachheiz- und Kühlfunktion: $p_{SFP} = 1,60 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Zuluft) bzw. $p_{SFP} = 1,25 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Abluft)
 - Zu- und Abluftanlagen mit geregelter Luftkonditionierung: $p_{SFP} = 2,00 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Zuluft) bzw. $p_{SFP} = 1,25 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Abluft)

- Rückwärmzahl 45 %, als Kreislaufverbund-System mit unregelter Pumpe

- Luftbefeuchtung
 - bei Dampfbefeuchtung: Elektrodampfbefeuchter
 - bei Wasserbefeuchtung: Hochdruckbefeuchter

- NUR-LUFT-ANLAGEN als Variabel-Volumenstrom-System

- Kälteerzeugung
 - luftgekühlter Kaltwassersatz mit Kolben- oder Scrollverdichter
 - Verdichter mehrstufig schaltbar
 - Kältemittel R134a
 - Kaltwassertemperaturen 6 / 12 °C

- Raumkühlsystem
 - Fan-Coil-System 14 / 18 °C
 - spez. Pumpenleistung $35 \text{ W}_{\text{el}}/\text{kW}_{\text{Kälte}}$; 10 % Überströmung
 - hydraulischer Abgleich, geregelte Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung

- Erzeugerkreis inkl. RLT-Kühlung
 - spez. Pumpenleistung $25 \text{ W}_{\text{el}}/\text{kW}_{\text{Kälte}}$; 30 % Überströmung
 - hydraulischer Abgleich, unregelmäßige Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung, Verteilung außerhalb der konditionierten Zone

§15: Klimaanlage und sonstige Anlagen der Raumluftechnik

Anwendung: erstmaliger Einbau oder Erneuerung von Anlagen > 12 kW bzw. > 4.000 m³/h

(1) Strombedarf

- Begrenzung der spezifischen Ventilatorleistung auf SFP 4 („Specific Fan Power“) nach DIN EN 13779
- Ausnahme: Schwebstofffilter bei Sonderanwendungen

(2) Be- und Entfeuchtung

- Befeuchter müssen regelbar sein (Verdunstungsbefeuchter)
- Luftfeuchte muss direkt gemessen werden (keine Taupunktregelung)
- Sollwerte für Befeuchtung und Entfeuchtung müssen getrennt einstellbar sein

(3) Variable Volumenströme

- Bedarfsgerechte Volumenstromregelung bei Anlagen > 9 m³/h je m² Nutzfläche
- Voraussetzung: geeignete Indikatoren (Bsp.: Zeit, Belegung, Last, CO₂)

Aufrechterhaltung der energetischen Qualität einer Anlage

- *EPBD: Prüfung des Wirkungsgrades (Effizienz)*
- Warum? Hohe Sensitivität von Störungen auf Energieeffizienz
- kurze Überwachungszyklen sinnvoll
- eher handwerkliche Qualifikation

Vorschläge für Verbesserung der energetischen Qualität:

- *EPBD: Prüfung der Anlagendimensionierung, Ratschläge für mögliche Verbesserungen und Alternativlösungen*
- Impulse durch
 - technischen Fortschritt
 - Nutzungsänderungen
- längere Inspektionszyklen möglich
- ingenieurmäßige Qualifikation zwingend

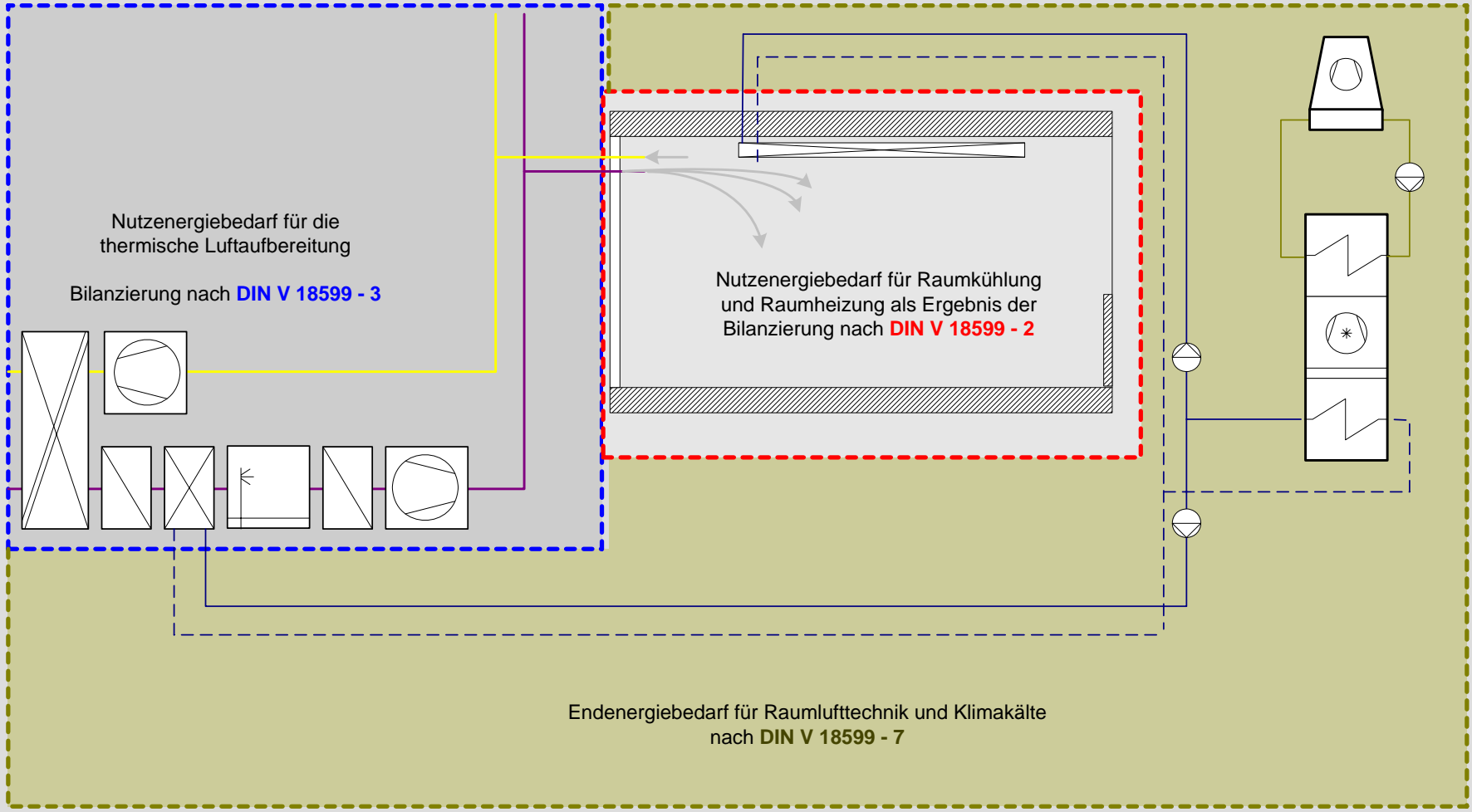
§11 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

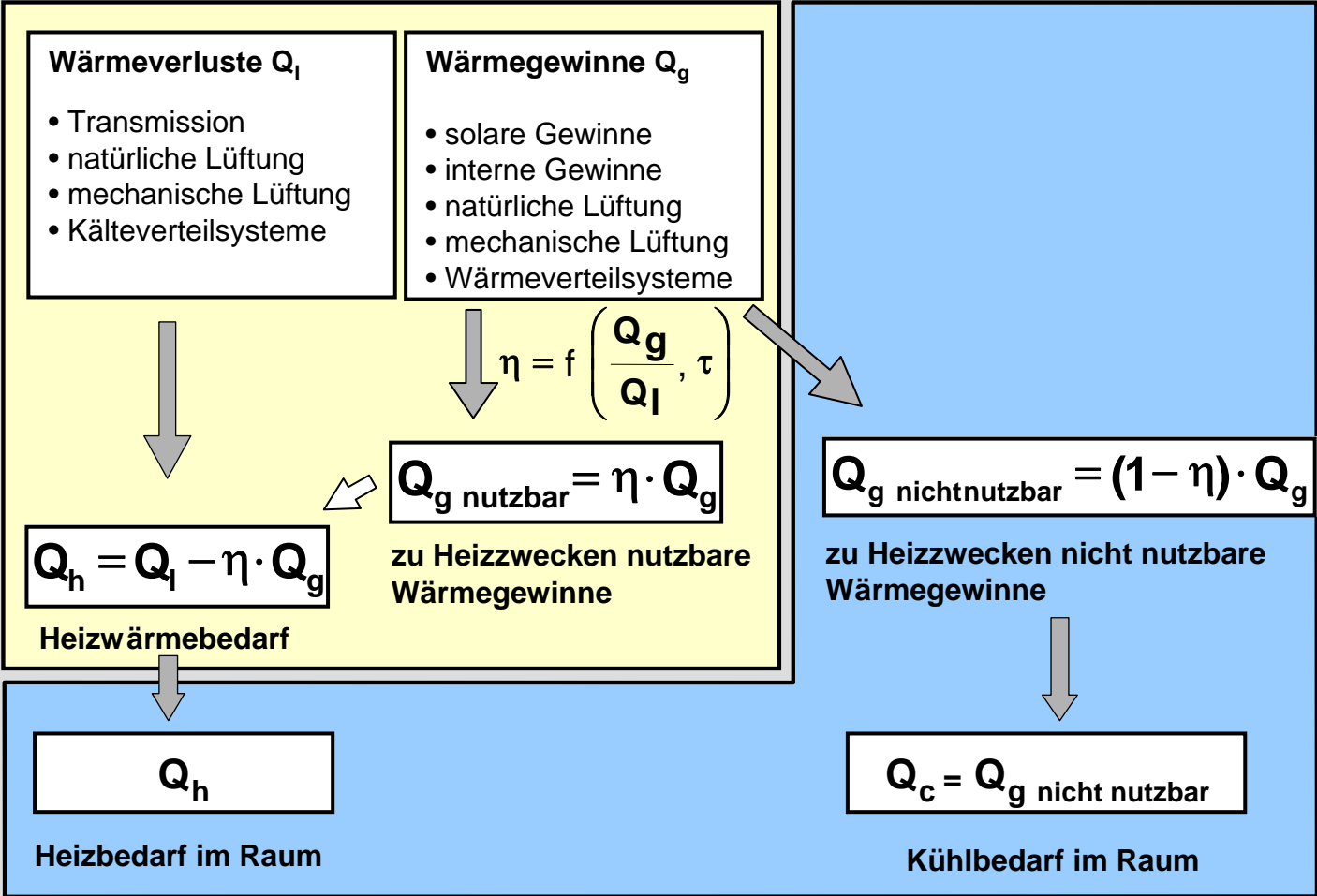
- (3) Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl- und Raumluftechnik sowie der Warmwasserversorgung sind vom Betreiber sachgerecht zu bedienen. Komponenten mit wesentlichem Einfluss auf den Wirkungsgrad solcher Anlagen sind vom Betreiber regelmäßig zu warten und instand zu halten....



§12 Inspektion von Klimaanlage

- (1) Nennleistung > 12 kW kalorische Kühlleistung
- (2) Inhalte:
 - Überprüfung der Anlagenauslegung (Raumnutzung, Bauphysik, Sollwerte, Nutzungszeiten)
 - Feststellung der Effizienz wesentlicher Komponenten
 - Ratschläge für Verbesserungen, Austausch oder Alternativlösungen
- (3) Erstinspektion:
 - erstmalig im zehnten Jahr nach Errichtung oder wesentlicher Erneuerung
 - 4 – 12 Jahre alte Anlagen innerhalb von 6 Jahren
 - 12 – 20 Jahre alte Anlagen innerhalb von 4 Jahren
 - > 20 Jahre alte Anlagen innerhalb von 2 Jahren
- (4) Wiederkehrende Inspektion: nach 10 Jahren
- (5) Berechtigung:
 - Uni-, Hochschul- oder FH-Abschluss Versorgungstechnik oder TGA; 1 Praxis in RLT
 - Maschinenbau-, Verfahrenstechnik- oder Bauingenieure; 3 Jahre Praxis in RLT





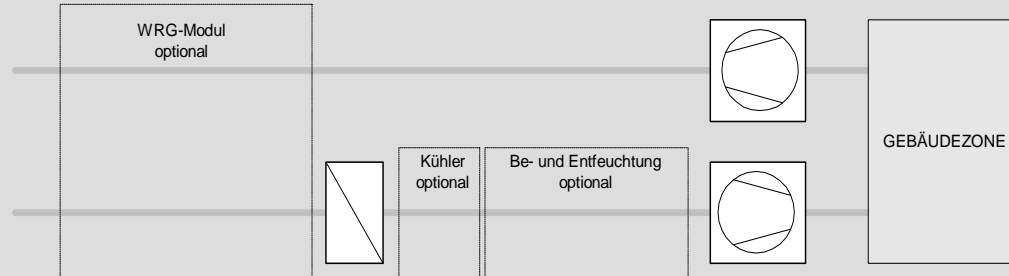
Quelle: Prof. Dr.-Ing. L. Rouvel)

- Implizites Berechnungsverfahren mit tabellierten Kennwerten für 46 Anlagenvarianten
- Monatsverfahren oder Jahresverfahren
- Einflussgrößen
 - tägliche Betriebszeit (Wettereinfluss Tag / Nacht)
 - jährliche Betriebszeit (Betriebstage, Betriebsunterbrechungen)
 - variable Zulufttemperaturen
 - Variabel-Volumenstrom-Systeme
 - Typ und Effizienz der Wärmerückgewinnung
 - Luftförderung und Einfluss der Ventilatorwärme
 - Befeuchtersystem
 - Feuchteanforderungen (Sollwerte)
- Ergebnisse: Nutzenergiebedarf Wärme, Kälte, Dampf und Endenergiebedarf für Luftförderung

1. Schaltungsmerkmale



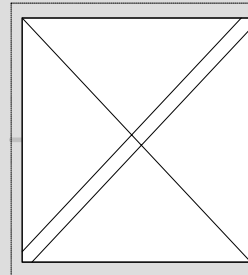
Grundschialtung, bestehend aus Lufterhitzer und Ventilatoren



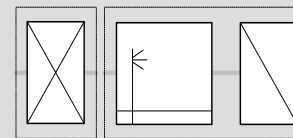
2. Betriebsführungsmerkmale

- Feuchteanforderungen
 - keine
 - geringe
 - hohe
- Regelung Verdunstungsbefeuchter
 - Taupunktregelung
 - direkte Feuchteregelung
- Volumenstromregelung

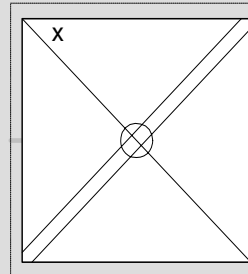
WRG ohne Feuchteübertragung



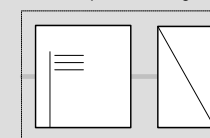
Luftkühler Verdunstungsbefeuchtung



WRG mit Feuchteübertragung



Dampfbefeuchtung



3. Effizienzmerkmale

- Wärmerückgewinnungseffizienz
- Ventilatoreffizienz



Höherer Stellenwert als bei Heizsystemen

- Mehrere Hydraulische Kreise:
 - Primärkreis (Kältemaschine),
 - Kühlwasserkreis
 - Raumkühlsysteme
 - RLT-Anlagen
- Kleinere Spreizungen – höhere Volumenströme
 - Kühldecken, TBA: 2 .. 4 K
 - RLT-Kühlung: 6 .. 8 K
 - im Vergleich: Heizsysteme 20 .. 30 K
- Betriebszeiten: z. B. 24-h-Betrieb bei TBA

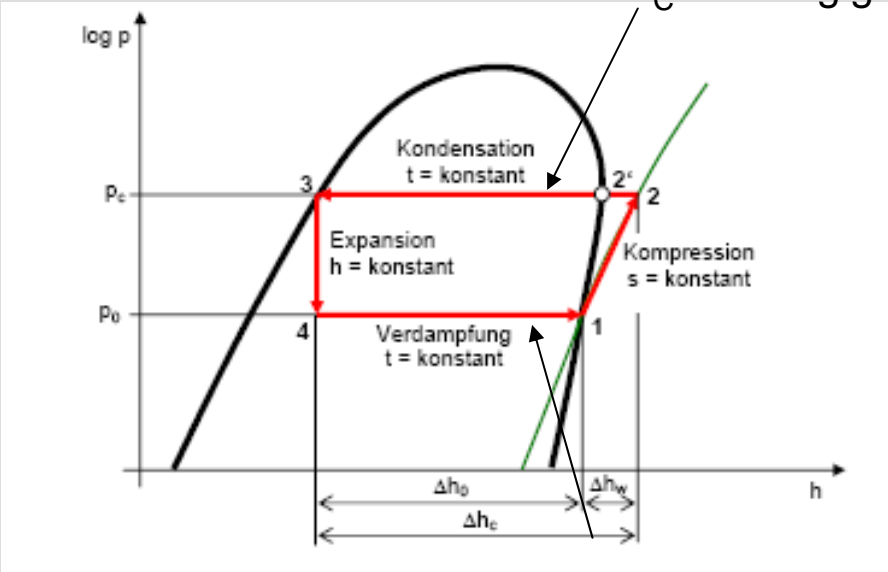
Berechnungsverfahren DIN V 18599- 7:

- alternativ: auf Basis von Pauschalwerten oder auf Basis einer vorliegenden Rohrnetzrechnung
- Einflussgrößen: Temperaturspreizung, Rohrnetzlänge, Druckverluste, hydraulischer Abgleich, Pumpenwirkungsgrad, Pumpensteuerung, Drehzahlregelung

Kompressionskältemaschinen								Absorptionskältemaschinen	
wassergekühlt				luftgekühlt				wassergekühlt	
Indirekte Systeme (Wasserkühlmaschinen)		Direkte Systeme (Direktverdampfer-Anlagen)		Indirekte Systeme (Wasserkühlmaschinen)		Direkte Systeme (Direktverdampfer-Anlagen, Raumklimasysteme)		Indirekte Systeme (Wasserkühlmaschinen)	
Nasskühler	Trockenkühler	Nasskühler	Trockenkühler	Kompaktbauweise	Splitbauweise	Einzel-System	Multi-System	Nasskühler	Trockenkühler
Kolben- und Scrollverdichteranlagen		Kolben- und Scrollverdichteranlagen		Kolben- und Scrollverdichteranlagen		Splitgerät	Multisplitgerät	H ₂ O/LiBr-Absorptionskälteanlagen	
Schrauben-/Turboverdichteranlagen		Schrauben-/Turboverdichteranlagen		Schraubenverdichteranlagen		Kompaktklimagerät	VRF-System		

Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung (2)

T_C : abhängig von Umgebungstemperatur, Rückkühlsystem



$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_o - \dot{Q}_C} < \frac{T_0}{T_0 - T_C} = \eta_{Carnot}$$

T_0 : abhängig von Raumtemperatur, Raumkühlsystem

Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung (3)

$$Q_{C, f, elektr} = \frac{Q_{C, outg, a}}{EER \cdot PLV_{AV}}$$

- $Q_{C, outg, a}$ Jahresnutzenergiebedarf Kälte
- EER Nennkälteleistungszahl (energy efficiency ratio)
- PLV_{AV} mittlerer Teillastfaktor (part load value)
- $Q_{C, f, elektr}$ Endenergiebedarf Kompressionskältemaschine (elektrisch)

Beispiel: Standardwerte EER (wassergekühlt)

Kältemittel	Kühlwasser-ein-/austritts-temperatur °C	Kaltwasser-austritts-temperatur °C	Mittlere Verdampfungs-temperatur °C	Standardwert Nennkälteleistungszahl EER		
				üblicher Leistungsbereich		
				Kolben- und Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW	Schrauben- verdichter 200 kW bis 2000 kW	Turbo- verdichter 500 kW bis 8000 kW
R134a	27/33	6	0	4,0	4,5	5,2
		14	8	4,6	5,3	5,9
	40/45	6	0	3,1	2,9	4,1
		14	8	3,7	3,7	4,8
R407C	27/33	6	0	3,8	4,2	–
		14	8	4,4	4,9	–
		6	0	2,0	2,7	–

Einflussgrößen auf PLV_{AV}

- Art der Teillastregelung am Verdichter
- Einsatzgebiet der Maschine: RLT-Kühlung, Raumkühlung
- Lastprofil
- Art des Rückkühlsystems
- Kühlwasserregelung

Ziel 2009: Verschärfung der Anforderungen um ca. 30 %!

- Das Referenzgebäudeverfahren wird beibehalten – die Anforderungen gleichmäßig verschärft
 - Effizientere Wärmerückgewinnung
 - Niedrigere spezifische Ventilatorleistungen
 - Niedrigere spezifische Pumpenleistungen Kaltwasser
 - Höhere Verdampfungstemperaturen bei Kältemaschinen zur Raumkühlung
- Der Primärenergiebedarf zur Kühlung wird bei Büronutzungen zu 50 % angerechnet!
- Der zulässige Sonneneintragskennwert nach DIN 4108 – 2 muss um 30 % unterschritten werden.
- Neue Einzelanforderung § 15 für RLT-Anlagen: Wärmerückgewinnung verpflichtend!
- Änderung DIN V 18599 – 7: Produktkenndaten für Kälteerzeugung zulässig!