

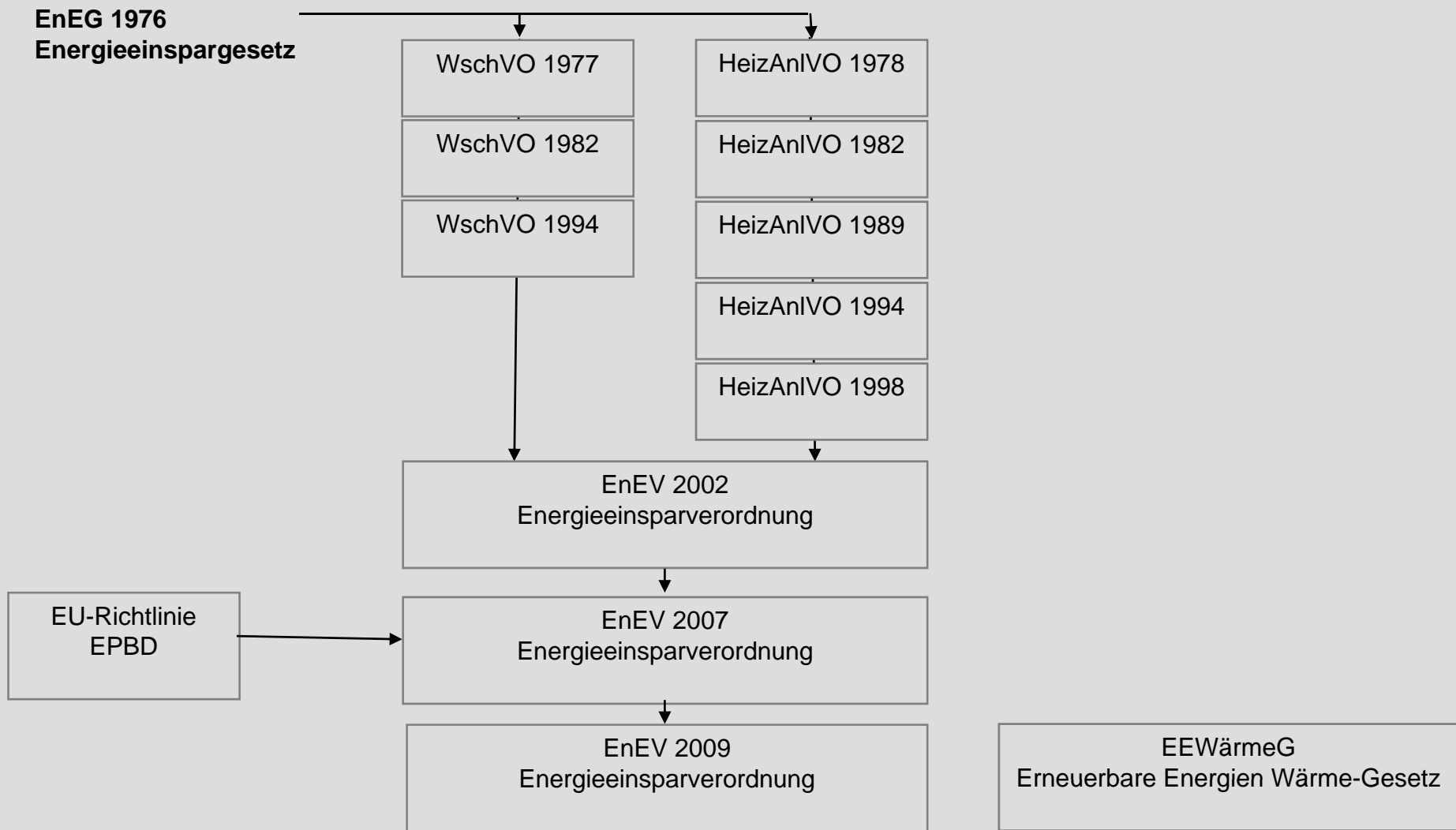
## **Einfluss von EnEV 009 und EEWärmeG auf die Klima- und Kältetechnik**

Dipl.-Ing. Heiko Schiller

schiller engineering  
Hamburg

[www.schiller-engineering.com](http://www.schiller-engineering.com)  
[info@schiller-engineering.com](mailto:info@schiller-engineering.com)

# Vorgeschichte



- 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 **Referenzausführung** 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

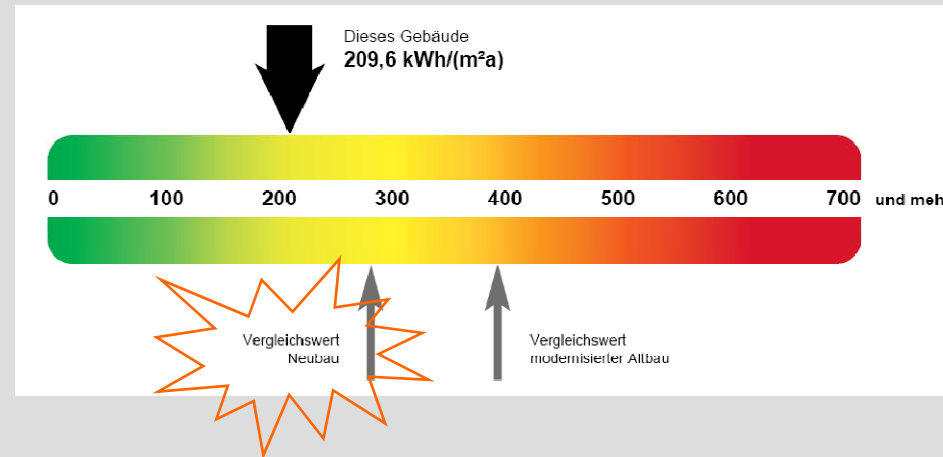
- Wärmedämmung  $U_{ref}$  (Referenz-U-Werte)
- Referenzsystem Heizung
- Referenzsystem RLT
- Referenz-TWW-Anlage
- Referenzausführung Beleuchtung

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

Verwendung von Planungswerten

- Planungs-U-Werte
- 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 darf bei den Nutzungen

- Einzel-, Gruppen-, Großraumbüro
- Klassenräume
- Bettzimmer
- WC- und Sanitärräume
- (17) Sonstige Aufenthaltsräume
- Verkehrsflächen
- Nebenflächen
- Lager, Technik, Archive
- Sporthallen

nur zu 50 % auf den Referenz-Primärenergiebedarf angerechnet werden.

## Referenzausführung: Raumluftechnik

(siehe EnEV Anhang 2: „Anforderungen Nichtwohngebäude“)

schiller engineer ing

<p>Raumluftechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu- und Abluftanlage mit geregelter Luftkonditionierung</li> </ul>	<p>spezifische Leistungsaufnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zuluftventilator <math>P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})</math></li> <li>- Abluftventilator <math>P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})</math></li> </ul> <p>Zuschläge nach DIN EN 13779 : 2007-04 (Abschnitt 6.5.2) können nur für den Fall von HEPA-Filtern, Gasfiltern oder Wärmerückführungsklassen H2 oder H1 angerechnet werden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom), <ul style="list-style-type: none"> <li>Rückwärmzahl <math>\eta_r = 0,6,</math></li> <li>Zulufttemperatur: <math>18^\circ\text{C}</math></li> <li>Druckverhältniszahl <math>f_p = 0,4</math></li> </ul> </li> </ul> <p>Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes</p>
<p>Raumluftechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftbefeuchtung</li> </ul>	<p>für den Referenzfall ist die Einrichtung zur Luftbefeuchtung wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen</p>
<p>Raumluftechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nur-Luft-Klimaanlagen</li> </ul>	<p><u>als Variabel-Volumenstrom-System ausgeführt:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Druckverhältniszahl <math>f_p = 0,4</math></li> </ul> <p>Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes</p>



## Referenzausführung: Kältetechnik

(siehe EnEV Anhang 2: „Anforderungen Nichtwohngebäude“)

schiller engineer ing

### Raumkühlung

- Kältesystem:  
Kaltwasser Fan-Coil, Brüstungsgerät  
Kaltwassertemperatur 14/18°C;
- Kaltwasserkreis Raumkühlung:  
Überströmung 10%;  
spezifische elektrische Leistung der Verteilung  $P_{d, spez} = 30 \text{ W}_{el}/\text{kW}_{Kälte}$   
hydraulisch abgeglichen,  
geregelter Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt,  
saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung

### Kälteerzeugung

- Erzeuger:  
Kolben/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt  
Kaltwassertemperatur
- bei mehr als 5000 m<sup>2</sup> mittels Raumkühlung konditionierter Nettogrundfläche, für diesen Konditionierungsanteil 14/18 °C
  - ansonsten 6/12°C
- Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT Kühlung:  
Überströmung; 30%  
spezifische elektrische Leistung der Verteilung  $P_{d, spez} = 20 \text{ W}_{el}/\text{kW}_{Kälte}$   
hydraulisch abgeglichen,  
ungeregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung, Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.

### §15: Anlagen der Kühl- und Raumluftechnik

Anwendung: erstmaliger Einbau oder Erneuerung von Anlagen > 12 kW bzw. > 4.000 m<sup>3</sup>/h

#### Strombedarf

- Begrenzung der spezifischen Ventilatorleistung auf SFP 4 („**S**pecific **F**an **P**ower“) nach DIN EN 13779
- Ausnahme: Hochleistungsfilter

#### Be- und Entfeuchtung

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

#### Variable Volumenströme

- Bedarfsgerechte Volumenstromregelung bei Anlagen > 9 m<sup>3</sup>/h je m<sup>2</sup> Nutzfläche
- Voraussetzung: geeignete Indikatoren (Bsp.: Zeit, Belegung, Last, CO<sub>2</sub>)

### **EnEV 2009: Wärmerückgewinnung**

- Klassifizierung H3 nach DIN EN 13053

### **EnEV 2009: Dämmung von Kaltwasserleitungen**

Specific Fan Power SFP

$$\rho_{\text{SFP}} = \frac{P_{\text{el,Wirk}}}{\dot{V}_L}$$

SFP4 DIN EN 13779: < 2 kW/m<sup>3</sup>

$$P_{\text{el,Wirk}} = \frac{\dot{V}_L \cdot \Delta p_{\text{ges}}}{\eta_{\text{sys}}}$$

$$\rho_{\text{SFP}} = \frac{\Delta p_{\text{ges}}}{\eta_{\text{sys}}}$$

Systemwirkungsgrad

$$\eta_{\text{sys}} = \frac{\dot{V}_L \cdot \Delta p_{\text{ges}}}{P_{\text{el,Wirk}}} = \eta_{\text{FU}} \cdot \eta_{\text{Motor}} \cdot \eta_{\text{Riemen}} \cdot \eta_{\text{Ventilator}} \cdot \eta_{\text{Einbau}}$$

Tabelle 5 — Rückwärmzahlen und Druckverluste in Abhängigkeit der Betriebsstunden je Luftseite

		Luftvolumenstrom $\text{m}^3 \times \text{s}^{-1}$				
		0,55 bis 1,39	> 1,39 bis 2,78	> 2,78 bis 6,94	> 6,94 bis 13,89	> 13,89
Betriebsstunden $h \times a^{-1}$	< 2 000	- -	0,40 <sup>a</sup> 150 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup> 175 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup> 200 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup> 225 <sup>b</sup>
	≥ 2 000 bis 4 000	0,40 <sup>a</sup> 175 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup> 200 <sup>b</sup>	0,47 <sup>a</sup> 225 <sup>b</sup>	0,53 <sup>a</sup> 250 <sup>b</sup>	0,58 <sup>a</sup> 275 <sup>b</sup>
	> 4 000 bis 6 000	0,43 <sup>a</sup> 200 <sup>b</sup>	0,45 <sup>a</sup> 225 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup> 250 <sup>b</sup>	0,58 <sup>a</sup> 275 <sup>b</sup>	0,63 <sup>a</sup> 300 <sup>b</sup>
	> 6 000	0,45 <sup>a</sup> 225 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup> 250 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup> 275 <sup>b</sup>	0,63 <sup>a</sup> 300 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup> 325 <sup>b</sup>
<sup>a</sup> Rückwärmezahl (min.)						
<sup>b</sup> Druckverlust (max.), in Pa						

## 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

## Zentrale Forderung:

- Anteilige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien über die Anforderungen der EnEV hinaus
- Alternativen: Umweltenergie, Kraft-Wärme-Kopplung, Ersatzmaßnahme EnEV-Unterschreitung

## Wärmeenergiebedarf ist die die zur Deckung

- a) des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung sowie
- b) des **Kältebedarfs für Kühlung**,

jeweils einschließlich der Aufwände für Übergabe, Verteilung und Speicherung jährlich benötigte Wärmemenge.

## Deckungsanteile:

- Solare Energie: 15 % (bei Wohngebäuden 3 bzw.4 % der Wohnfläche als Kollektorfläche)
- Gasförmige Biomasse: 30 % (nur bei KWK anrechenbar)
- Flüssige Biomasse: 50 %
- Feste Biomasse: 50 %
- Geothermie und Umweltwärme: 50 %
- Abwärme oder KWK: 50 %
- Unterschreitung EnEV (Haupt- und Nebenanforderung) bzw. Länderverordnungen: -15 %



## Präzisierung für Kältebedarf:

- Kompressionskältemaschinen: „elektrischen Energie, die zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung der Kälte (inklusive Verluste) benötigt wird“
- Absorptionskältemaschinen: „die hierfür benötigte Erzeugernutzwärmeabgabe“

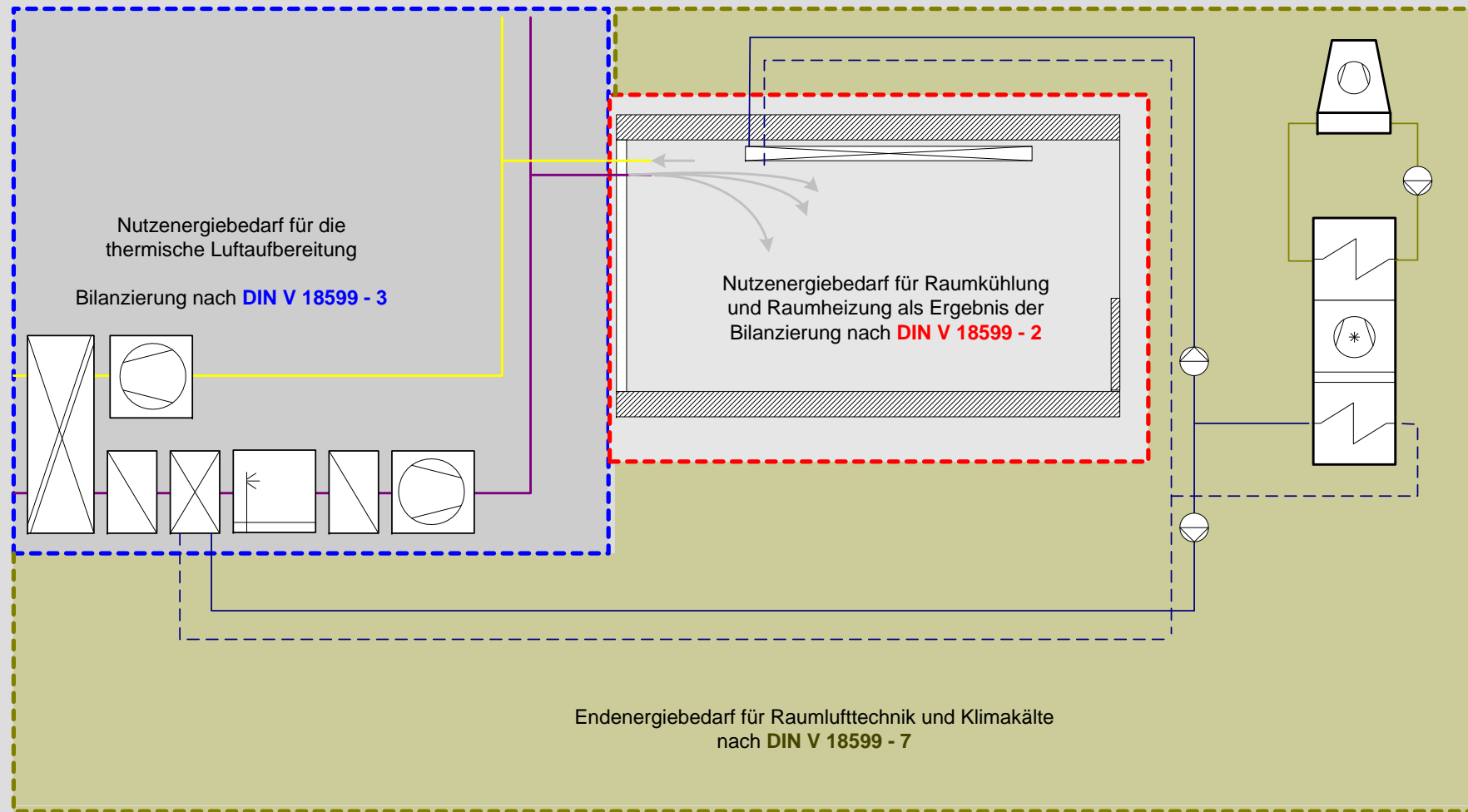
## Anrechnung von Wärmerückgewinnung aus Lüftungsanlagen:

- Voraussetzungen: **Leistungszahl > 10** und **Rückwärmzahl > 0,70**
- Im Nichtwohngebäude berechnet sich die Leistungszahl als die Leistung der Wärmerückgewinnung im Referenzbetriebszustand gemäß DIN EN 308 bei einem ausgeglichenen Massenstromverhältnis von 1:1 bezogen auf den Anteil der aufgenommenen elektrischen Leistung der Ventilatoren, der zum Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage(n) notwendig ist. Der Wärmerückgewinnungsgrad muss bei ausgeglichenen Massenströmen (Zuluftmenge gleich Abluftmenge) mindestens 70 % betragen.
- Auslegungstemperaturen nach DIN EN 308: Außenluft / Abluft = +5 °C / +25 °C

## Neu bei Energieverbrauchsausweisen:

### 2.2.4 Energieverbrauchsermittlung bei gelieferter Kälte

Wird für ein Gebäude Kälte (z. B. Kaltwasser zu Kühlzwecken) aus externer Quelle bezogen, so ist die dafür erfasste Energiemenge dem Heizenergieverbrauch zuzurechnen und dabei keiner Witterungsbereinigung zu unterziehen (d. h. dem Energieverbrauchsanteil für zentrale Warmwasserbereitung zuzurechnen).





### 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

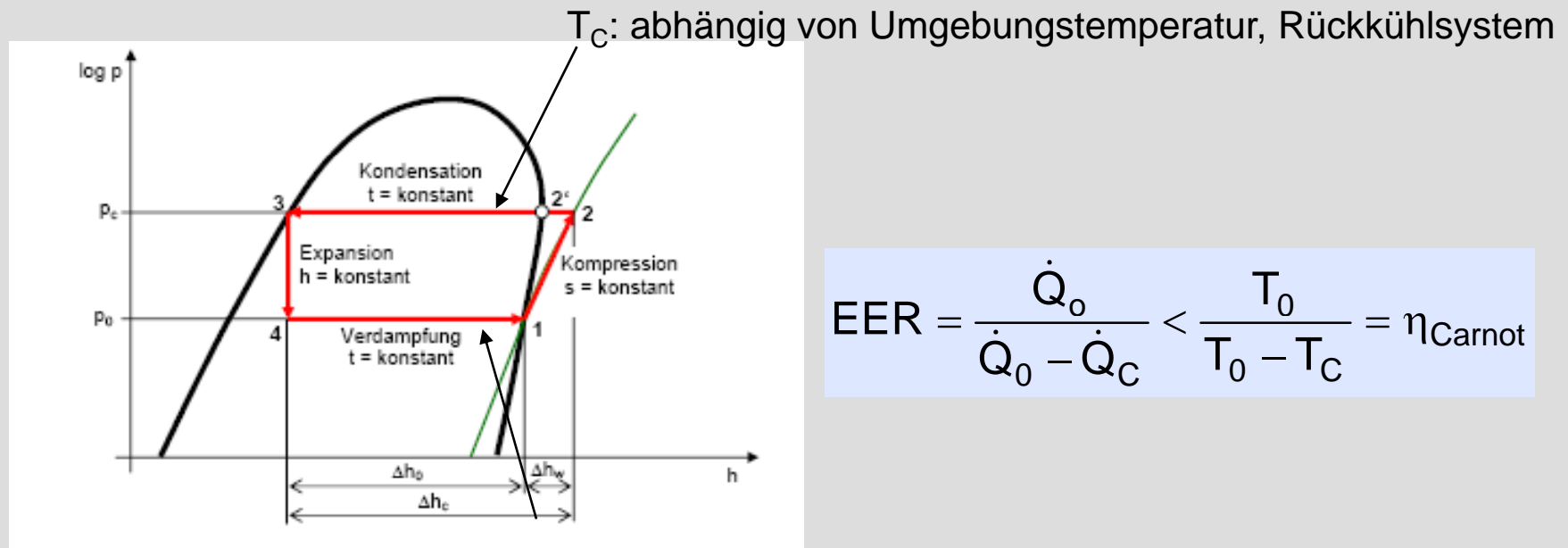
### Berechnungsverfahren DIN V 18599- 7:

- 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 <sub>2</sub> O/LiBr-Absorptionskälteanlagen	
Schrauben-/Turboverdichteranlagen		Schrauben-/Turboverdichteranlagen		Schraubenverdichteranlagen		Kompaktklimagerät	VRF-System		

## Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung (2)

schiller engineer ing



$$EER = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_0 - \dot{Q}_C} < \frac{T_0}{T_0 - T_C} = \eta_{\text{Carnot}}$$

$T_0$ : 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 <i>EER</i>		
				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