

# CHILLVENTA eSPECIAL

Refrigeration | AC & Ventilation | Heat Pumps

13.–15.10.2020

CONNECTING  
EXPERTS.



NÜRNBERG MESSE

**COP**  
**COB**  
**SEEIR**



# VDMA 24247

## Energieeffizienz von Kälteanlagen

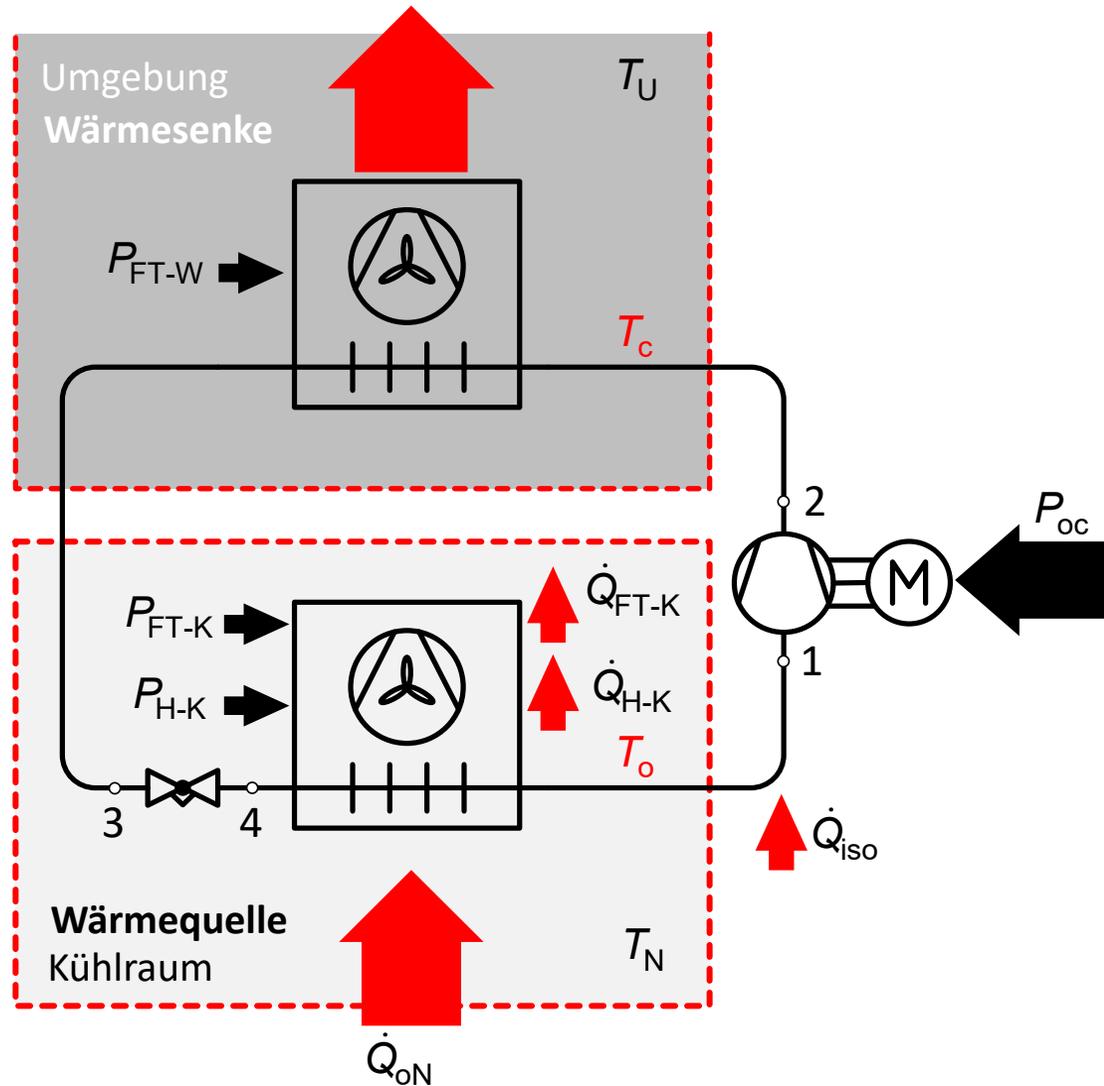
### Teil 2: Anforderungen an das Anlagenkonzept und die Komponenten

Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann  
Sprecher des Arbeitskreises

# Gliederung

- 1) Relevante Temperaturen und Energieströme
- 2) Einführung in die Methode
- 3) Effizienzgrade zur Bewertung einer Kälteanlage im stationären Betriebszustand
- 4) SEEIR: Seasonal Energy Efficiency Ratio für individuelle Lastprofile
- 5) Kenngrößen des Kältelastverlaufs, Temperaturprofil der Umgebung
- 6) Berechnen des saisonalen Energiebedarfs
- 7) Zusammenfassung, Ausblick

# Temperaturen und Energieströme

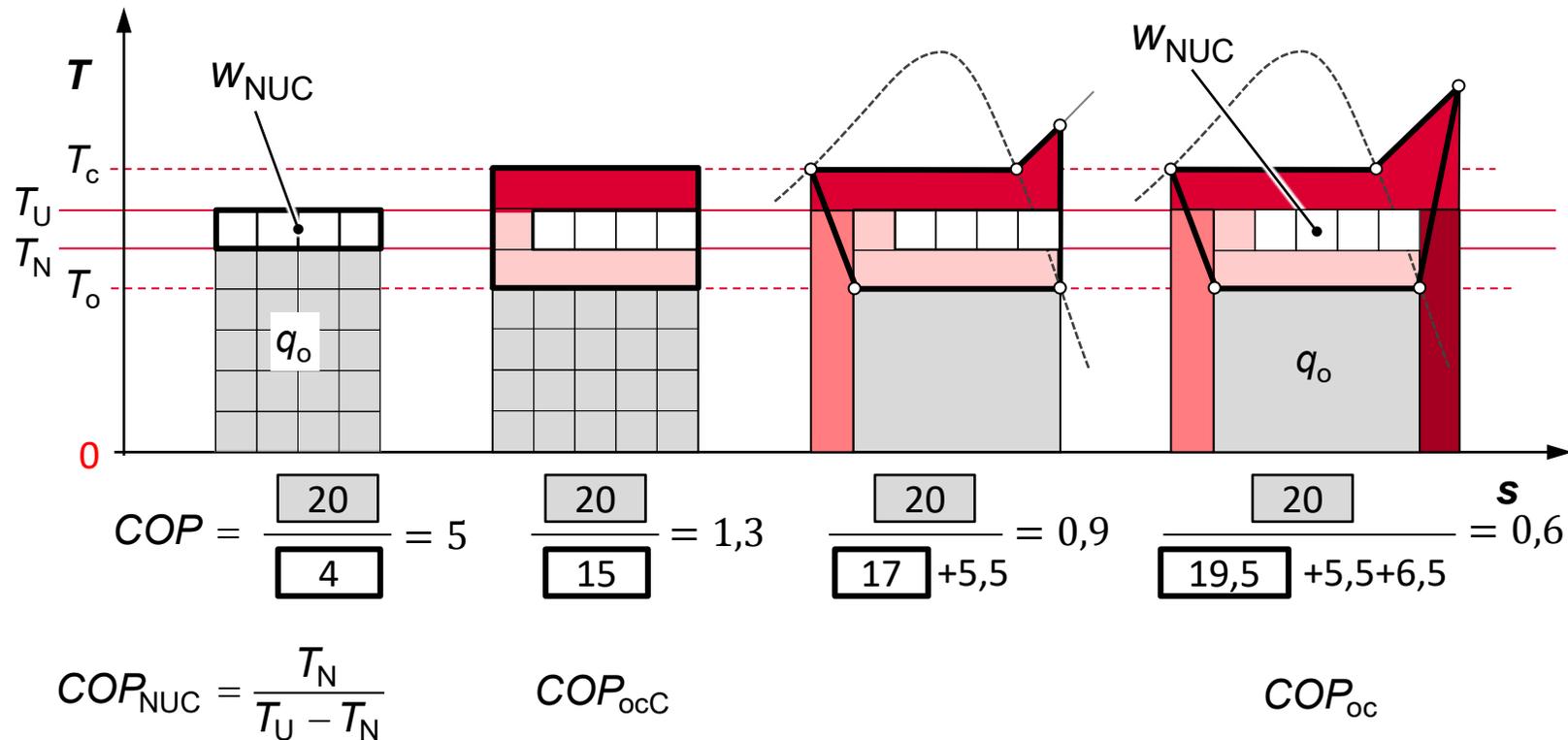


## Erklärung

- $T_c$  Verflüssigungstemperatur
- $T_U$  Umgebungstemperatur (Wärmesenke)
- $T_N$  Nutztemperatur (Wärmequelle)
- $T_o$  Verdampfungstemperatur
  
- $\dot{Q}_o$  Kälteleistung des Verdichters
- $\dot{Q}_{oN}$  Nutzwärmestrom
- $\dot{Q}_{FT-K}$  Wärmestrom durch Fluidtransport auf der kalten Seite
- $\dot{Q}_{FT-W}$  ... auf der warmen Seite
- $\dot{Q}_{H-K}$  Wärmestrom durch Abtauheizung
- $\dot{Q}_{iso}$  Wärmestrom in Saugleitung
  
- $P_{ges}$  Summe aller Antriebsleistungen
- $P_{oc}$  Antriebsleistung für die Verdichter
- $P_{H-K}$  elektr. Abtauleistung
- $P_{FT-K}$  Antriebsleistung für Fluidtransport auf der kalten Seite
- $P_{FT-W}$  ... auf der warmen Seite

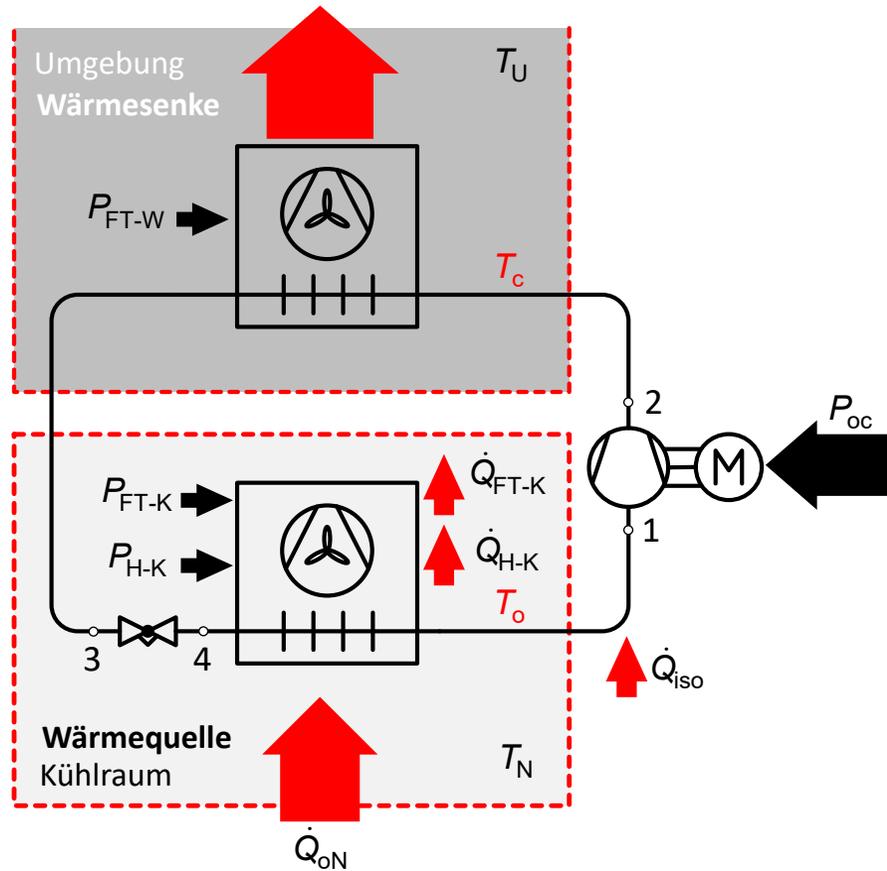
# Vom CARNOT-Prozess zum theoretischen Vergleichsprozess

## Evolution der Methode (beispielhaft)



# Effizienzgrade zur Bewertung einer Kälte-Anlage im stationären Betriebszustand

## Energieeffizienzgrad



	Kälte- erzeugungs- effizienz	Wärme- transport- effizienz	Fluid- transport- effizienz	Kälte- nutzungs- effizienz
$\eta_{ges} =$	$\eta_{KC}$	$\eta_{WT}$	$\eta_{FT}$	$\eta_{Qo}$
$=$	$\frac{COP_{oc}}{COP_{ocC}}$	$\frac{COP_{ocC}}{COP_{NUC}}$	$\frac{P_{oc}}{P_{ges}}$	$\frac{\dot{Q}_{oN}}{\dot{Q}_o}$
$=$	$\frac{\dot{Q}_o}{P_{oc}}$	$\frac{T_o}{T_c - T_o}$	$\frac{P_{oc}}{P_{ges}}$	$\frac{\dot{Q}_{oN}}{\dot{Q}_o}$
	$\frac{T_o}{T_c - T_o}$	$\frac{T_N}{T_U - T_N}$		

$$\eta_{ges} = \frac{\frac{\dot{Q}_{oN}}{P_{ges}}}{\frac{T_N}{T_U - T_N}} = \frac{\dot{Q}_{oN}}{P_{ges}} \cdot \frac{T_U - T_N}{T_N} = \frac{COP_{NU}}{COP_{NUC}}$$

# Saisonal Energy Efficiency Ratio für individuelle Kriterien

## *SEER*

Energieeffizienz für eine saisonbezogene Bewertung

- für gewerbliche und industrielle Anwendungen
  
- für vergleichbare Nutzungsprofile an Kälteanlagen,
- die luft- oder wassergekühlt oder mit Verdunstungsverflüssiger betrieben werden

$$SEER = \frac{\text{Gesamtkühlbedarf}}{\text{Gesamt-Elektroenergiebedarf}}$$

Die erforderlichen Daten zur Berechnung:

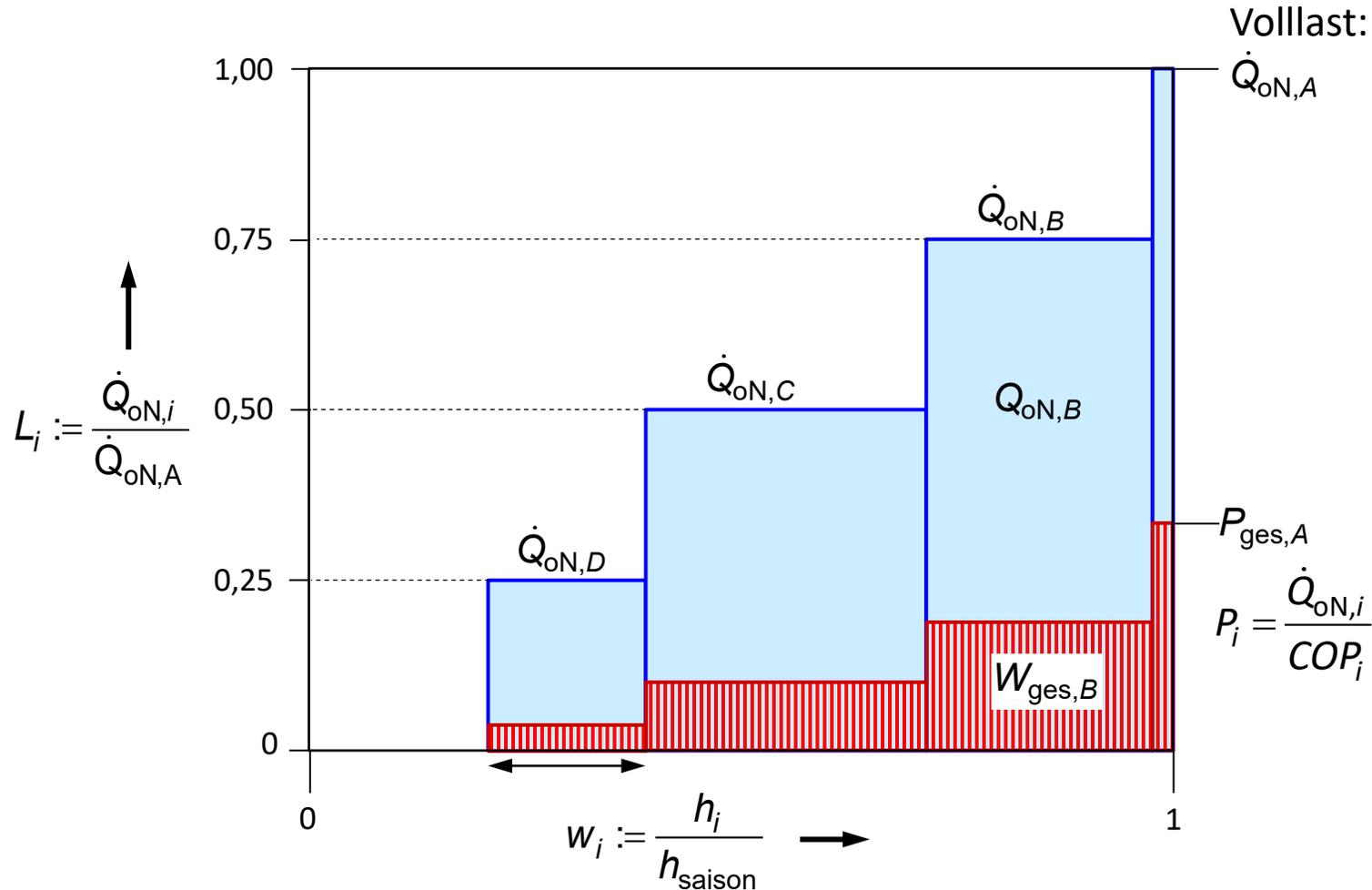
### (a) jahreszeitliches Kältelastprofil

### (b) jahreszeitliche Temperaturprofile

- Wärmequellentemperatur (Nutztemperatur)
- Temperaturprofil der Wärmesenke zur Wärmeabgabe während der Saison (Umgebungstemperatur)

# Kenngrößen des Lastverlaufs

Beispiel



$$COP_{NU-i} = \eta_{ges-i} \cdot COP_{NUC-i}$$

$$SEEiR = \frac{Q_{oN}}{W_{ges}}$$

$$= \frac{\sum \dot{Q}_{oN,i} h_i}{\sum P_i h_i}$$

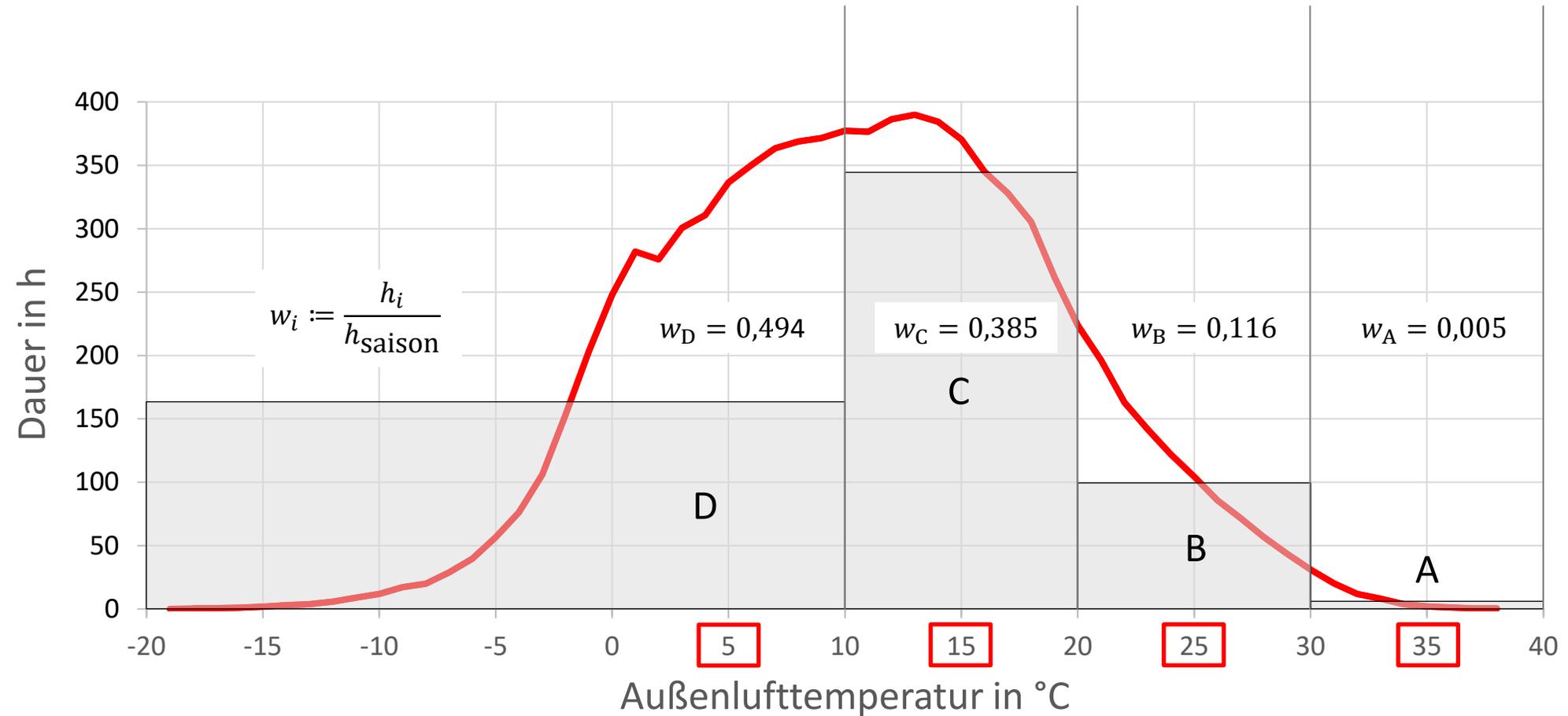
$$= \frac{\sum \dot{Q}_{oN,i} h_i}{\sum \frac{\dot{Q}_{oN,i}}{COP_{NU-i}} h_i}$$

$$SEEiR = \frac{\sum_{i=A}^D w_i \cdot L_i}{\sum_{i=A}^D \frac{w_i \cdot L_i}{COP_{NU-i}}}$$

- $L_i$  auf Volllast bezogene Kälteleistung eines Betriebspunkts
- $w_i$  relative Betriebsdauer eines Betriebspunkts
- $h_i$  Betriebsstunden

# Jahreszeitliches Temperaturprofil der Wärmesenke

zur Wärmeabgabe während der Saison (Strasbourg), Beispiel



2020-09-12 ar  
Temperaturprofil : DIN EN DIN EN 14825:2019-07 SEPR

# Kühllastprofile → Energiebedarf

- 1: Prozesskälte Nahrungsmittel, Saisonbetrieb
  - 2: Immer Volllast
  - 3: Eissport, ganzjährig
  - 4: Prozessluft-Kälteanlagen, Saisonbetrieb
  - 5: **Prozesskälte Fertigungstechnik** und Lebensmittelverarbeitung
  - 6: Lebensmittellagerung
  - 7: Prozesskälte Chemie (konst. Kühlwassertemperatur)
  - 8: EUROVENT (ESEER-Wert)-Bedingungen
  - 9: ARI 540 (IPLV-Wert)-Bedingungen
- Freies** : Eigene Festlegung

$L_i$  auf Volllast bezogene Kälteleistung eines Betriebspunkts  
 $w_i$  relative Betriebsdauer eines Betriebspunkts

**Beispiel:**  $h_{\text{Saison}} = 8760 \text{ h}$ , Temperaturen gültig für Strasbourg

Betriebspunkt	$L_i$	$t_U$ in °C luftgekühlter Verflüssiger	$t_f$ in °C Verdunstungs- verflüssiger	$t_U$ in °C wassergekühlter Verflüssiger	$w_i$
A	1,00	35	23	30	0,005
B	0,93	25	18	23	0,116
C	0,87	15	11	16	0,385
D	0,80	5	4	9	0,494

Für jeden einzelnen Betriebszustand gelten die Einschränkungen wie zur Berechnung der Gesamteffizienz

→ **Energiebedarf für eine Saison**

$$E_{\text{saison}} = h_{\text{saison}} \cdot \dot{Q}_{\text{oN-A}} \cdot \sum_{i=A}^D \frac{w_i \cdot L_i}{\text{COP}_{\text{NU-i}}}$$

# Zusammenfassung

Das Einheitsblatt VDMA 24247-2 befasst sich mit der Bewertung der saisonalen Energieeffizienz von Kälteanlagen für gewerbliche und industrielle Anwendungen, die bei wechselnden Betriebszuständen arbeiten.

Es werden 4 Effizienzkennzahlen berechnet, die verschiedene Wirkzusammenhänge der Kälteanlage bewerten.

Das Verfahren ist für einzelne, stationäre Betriebszustände anwendbar.

Für die Anwendung des Verfahrens sind nur wenige Angaben erforderlich:

- Antriebsleistungen der Verdichter, Pumpen, Ventilatoren,
- Wärmeströme, insbesondere die Kälteleistung,
- Temperaturen:  
Verdampfungs-, Wärmequellentemperatur,  
Verflüssigungs-, Wärmesenktemperatur,

Stoffdaten sind nicht erforderlich.

Darauf aufbauend wird die Bewertung der **saisonalen Energieeffizienz** für Kälteanlage möglich, die bei wechselnden Betriebszuständen arbeiten.

Die erforderlichen Daten dafür sind:

- a) der jahreszeitlich abhängige Kältebedarf einer Saison
- b) die jahreszeitlichen Temperaturprofile der Wärmequelle (Nutztemperatur) und der Wärmesenke zur Wärmeabgabe während der Saison (Umgebungstemperatur)

## Ausblick

Aktuell wird das Einheitsblatt überarbeitet, anschließend soll es erweitert werden, um auch

- zeotrope Kältemittelgemische,
- transkritische CO<sub>2</sub>-Prozesse,
- Absorptionsprozesse und
- Systeme mit unterschiedlichen Nutz- und Umgebungstemperaturen bewerten zu können.

→ **Sie möchten dabei gern mitwirken?**  
Der Arbeitskreis begrüßt sie gern!

# Kontakt

Dr. Karin Jahn  
karin.jahn@vdma.org

**VDMA e.V.**  
Kälte- und Wärmepumpentechnik  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt  
Telefon +49 69 6603-1277

Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann  
michael.arnemann@hs-karlsruhe.de

Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik  
Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft  
Moltkestraße 30  
76133 Karlsruhe  
Telefon +49 721 925-1842

**Thank you for your  
attention.**

**CONNECTING  
EXPERTS.**

