

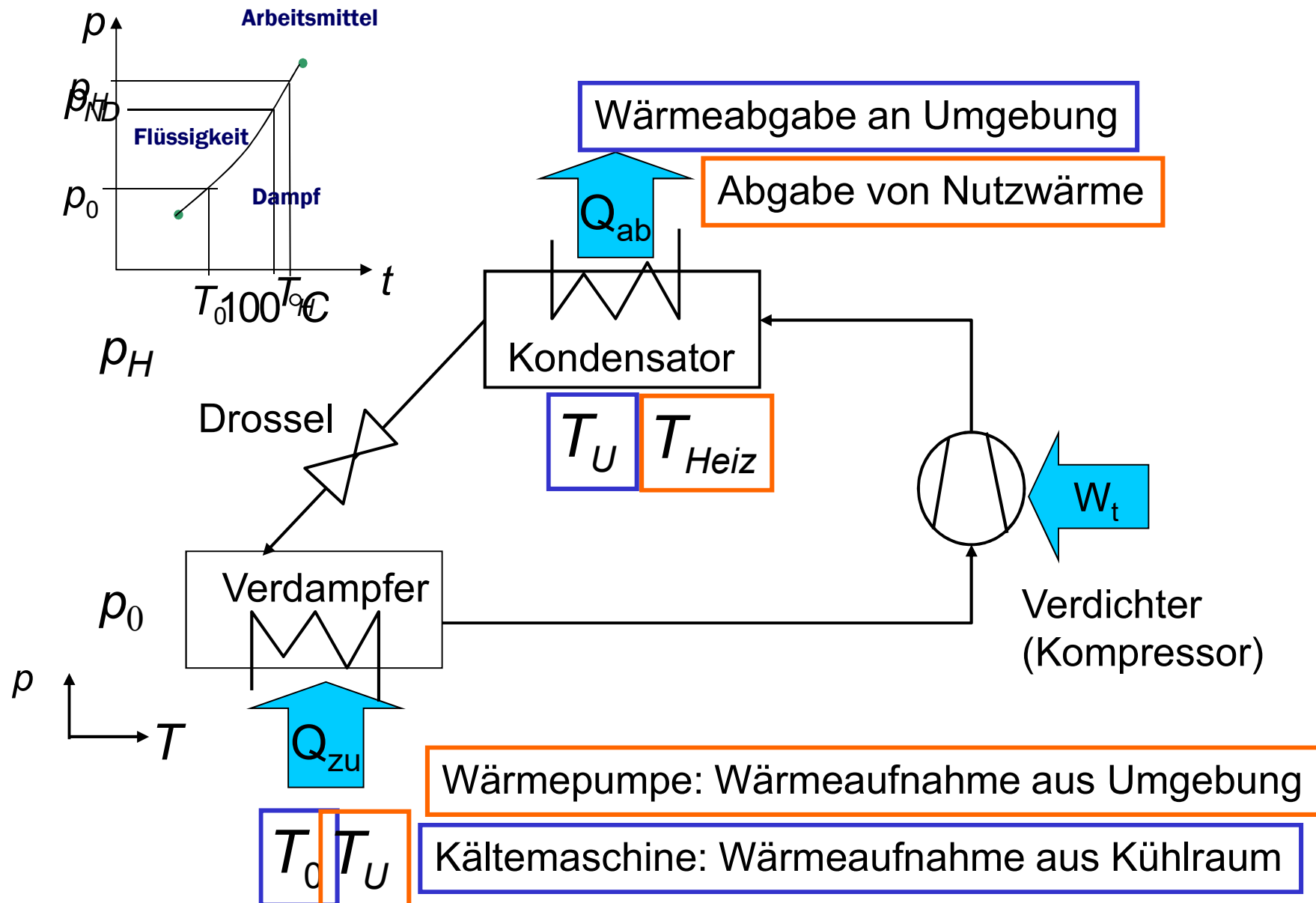


Master Regenerative Energien

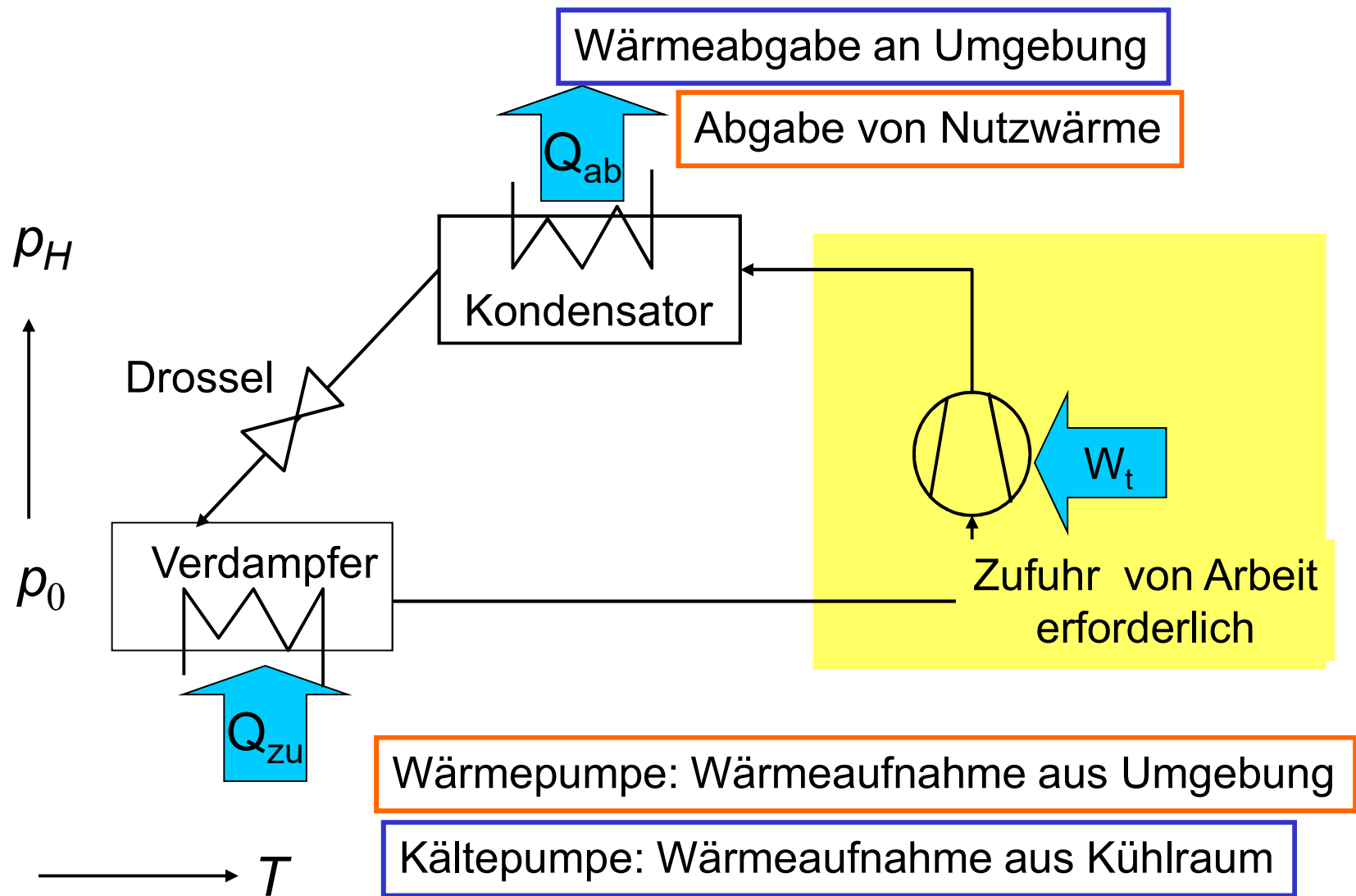
Regenerative Wärmetechnik

3. Absorptions - Wärmepumpen und -Kältemaschinen

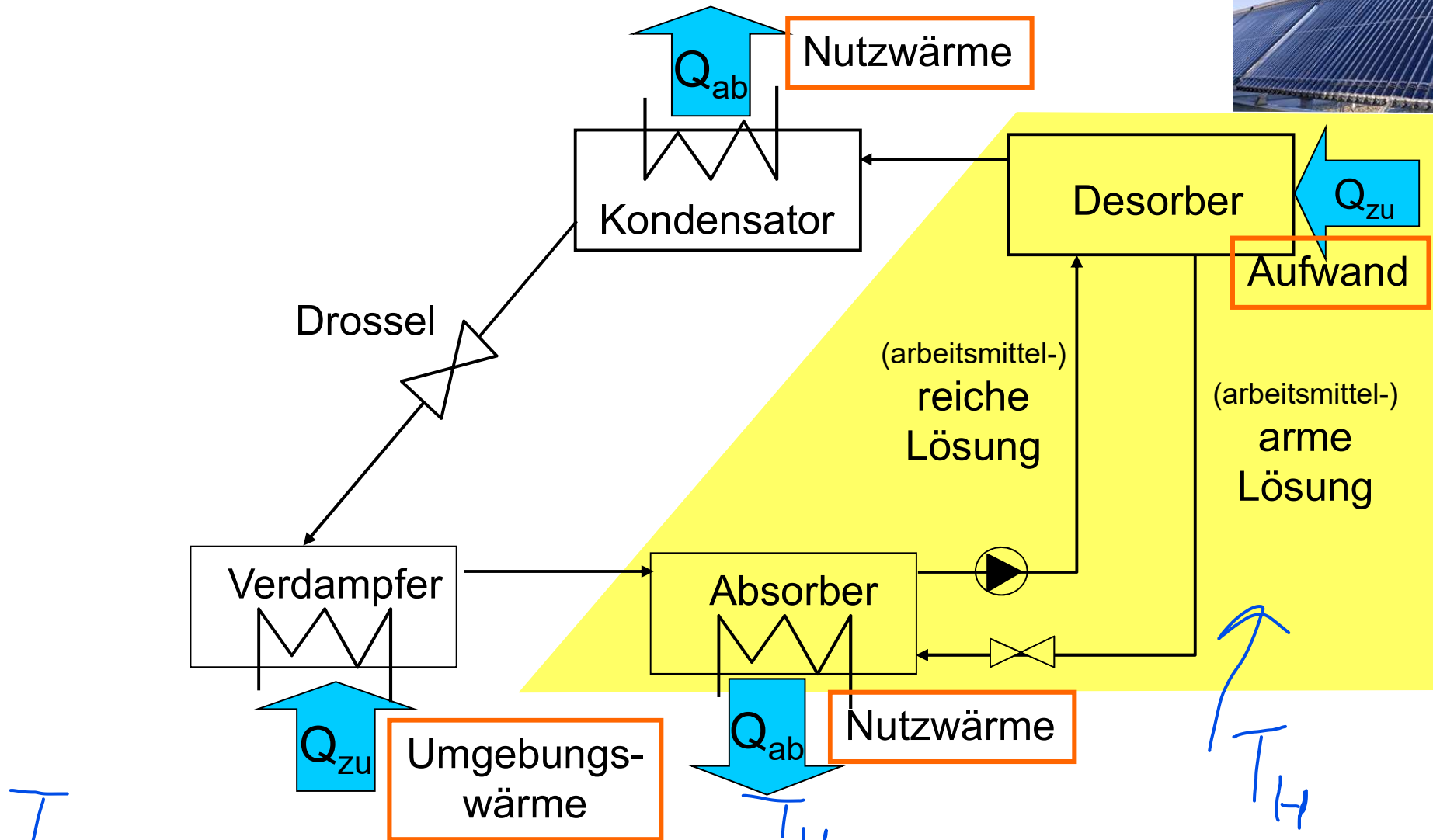
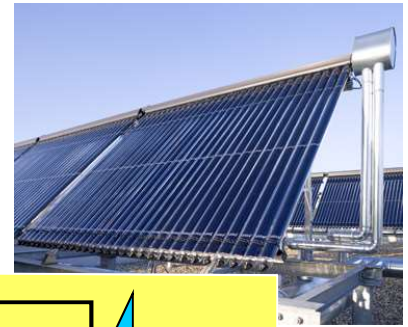
Kompressionswärmepumpe/ Kältemaschine



Kompressionsmaschinen



Absorptionswärmepumpe



Vorteile: Antriebsenergie (Ab-)Wärme,
Nutzwärme > Antriebswärme

Nachteil: Vielzahl der Apparate

Anforderungen an Arbeitsmittelgemische für Absorptionskreisprozesse

Hoher Siedepunktsabstand zwischen Arbeitsmittel und Lösungsmittel
Vollständige Mischbarkeit im ganzen Konzentrationsbereich

	Wasser als Arbeitsmittel	Ammoniak als Arbeitsmittel
	ungiftig, umweltverträglich	giftig
Temperaturbereich	über 0 °C	bis –70 °C
Druckbereich	8- 50 mbar (Klimakälte) bis 2 bar (Wärmepumpen)	0,3 – 30 bar
Verdampfungs- enthalpie	$\Delta^{LV}h_{10^\circ\text{C}} = 2480 \text{ kJ/kg}$	$\Delta^{LV}h_{10^\circ\text{C}} = 1230 \text{ kJ/kg}$
mögliche Lösungsmittel	LiBr, NaOH, CaCl ₂ , H ₂ SO ₄ , Ca(NO ₃) ₂	H ₂ O, Wasser-Salz-Mischungen

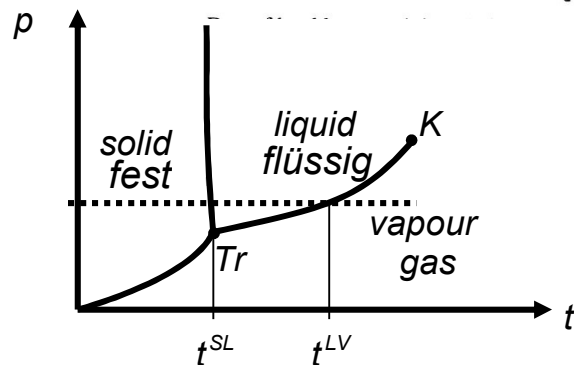
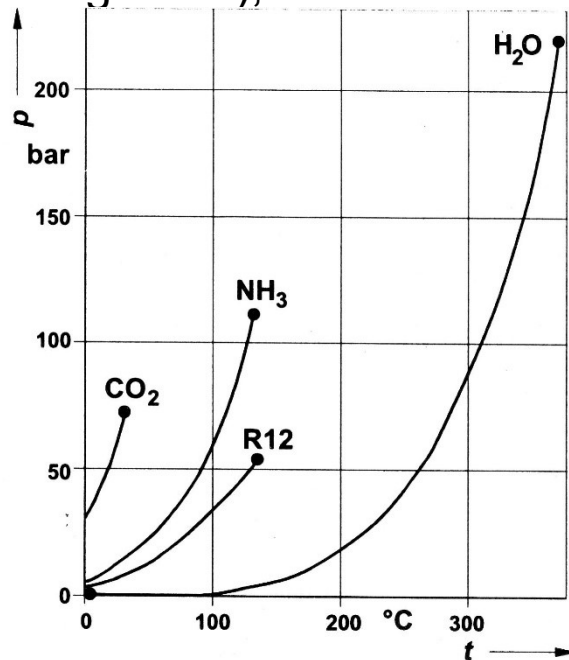
Darüber hinaus sind zahlreiche andere Arbeitsmittelgemische untersucht worden

- organische Arbeitsmittel:
 - ♦ Methanol $\Delta^{LV}h_{10^\circ\text{C}} = 1100 \text{ kJ/kg}$
 - ♦ Trifluorethanol (TFE) $\Delta^{LV}h_{10^\circ\text{C}} = 380 \text{ kJ/kg}$
 - mit Lösungsmittel:
 - Tetraethylanglycoldimethylether (E181), N-Methylpyrrolidon
- Probleme bei organischen Arbeitsmitteln bereitet insbesondere die Zersetzlichkeit bei hohen Temperaturen.

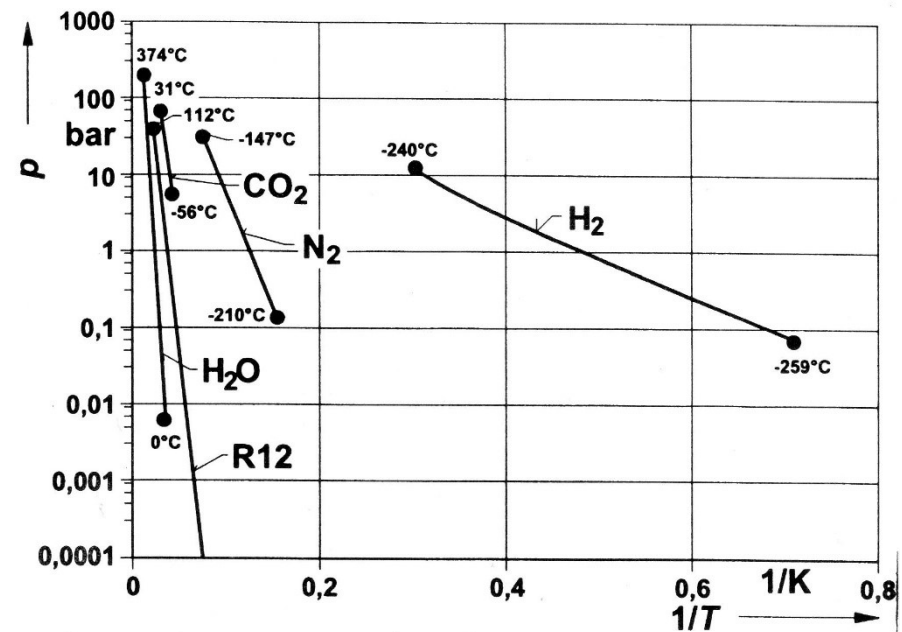
in jüngster Zeit wurden auch Ionische Flüssigkeiten (flüssige Salze) als Arbeitsmittel untersucht, hier zeichnen sich hohe Viskositäten der Stoffe als besonderes Problem ab

Dampfdruckkurven reiner Stoffe

- Der Dampfdruck ist nichtlinear mit der Temperatur verknüpft (gekrümmte Kurven im p,T-Diagramm),
- Bei der Darstellung $\lg p$ über $1/T$ -Diagramm ergeben sich näherungsweise Geraden



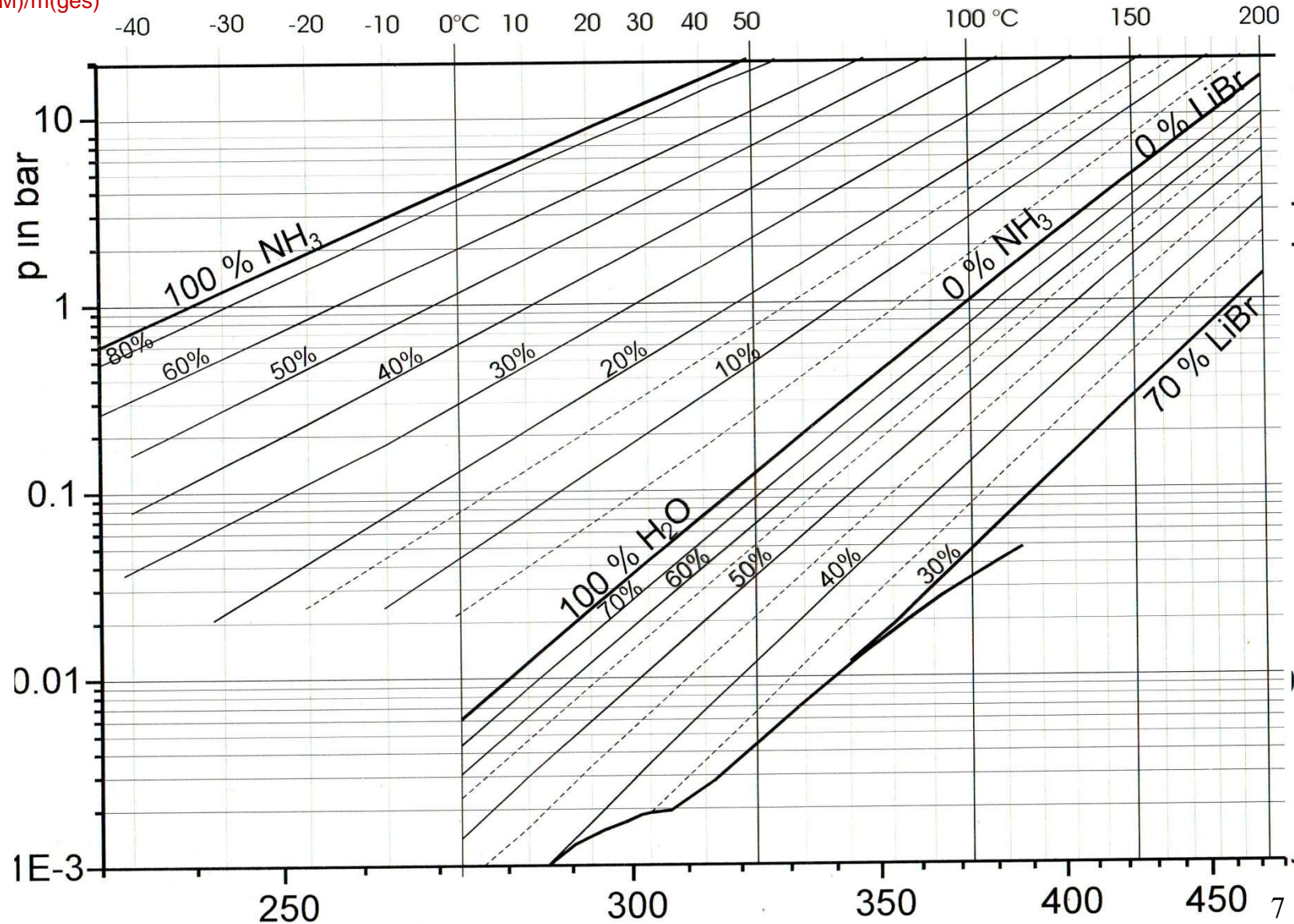
Phasendiagramm für reine Stoffe



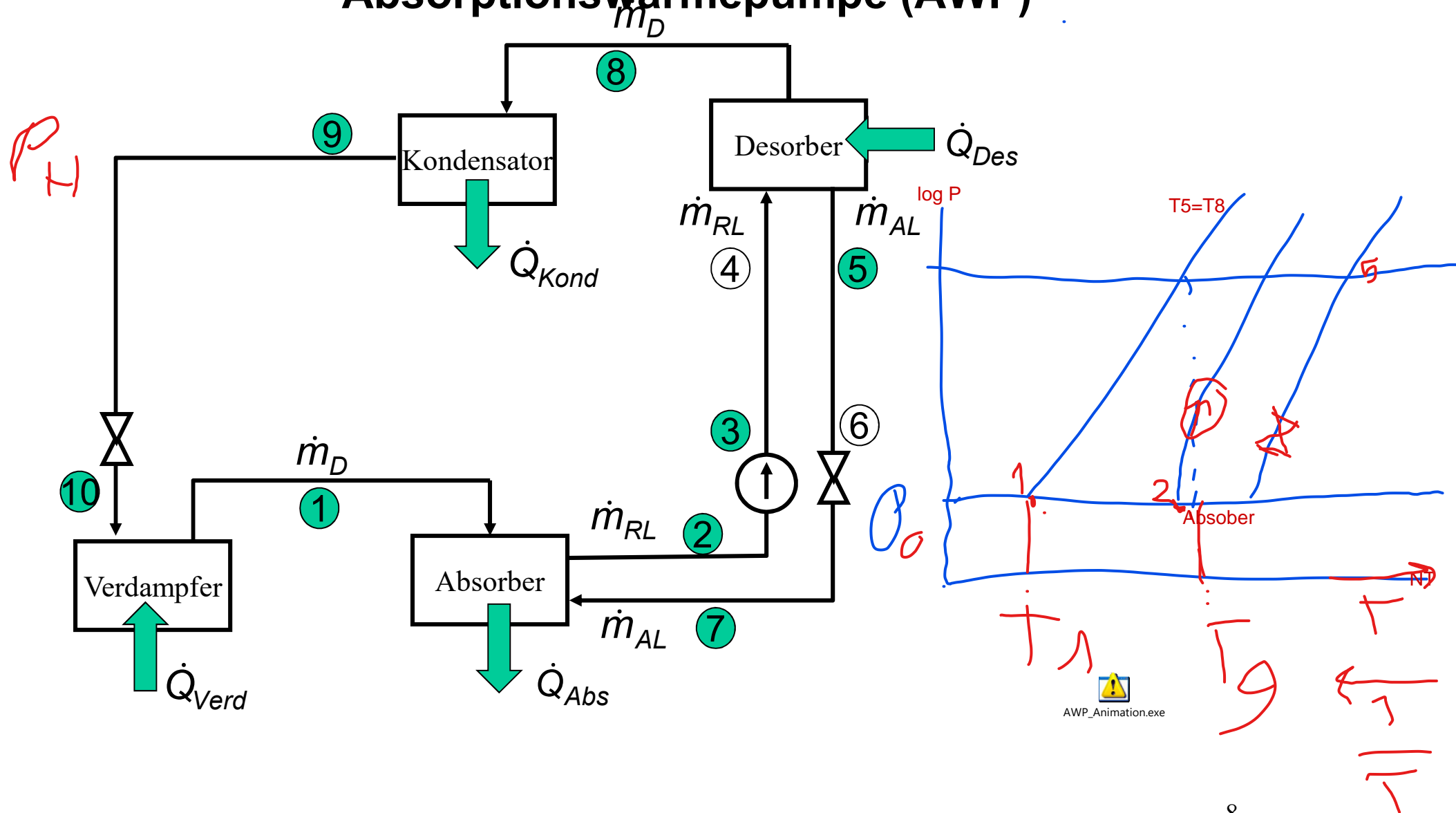
$$\lg p = A - \frac{B}{T}$$

Dampfdruckdiagramm für Arbeitsmittelgemische

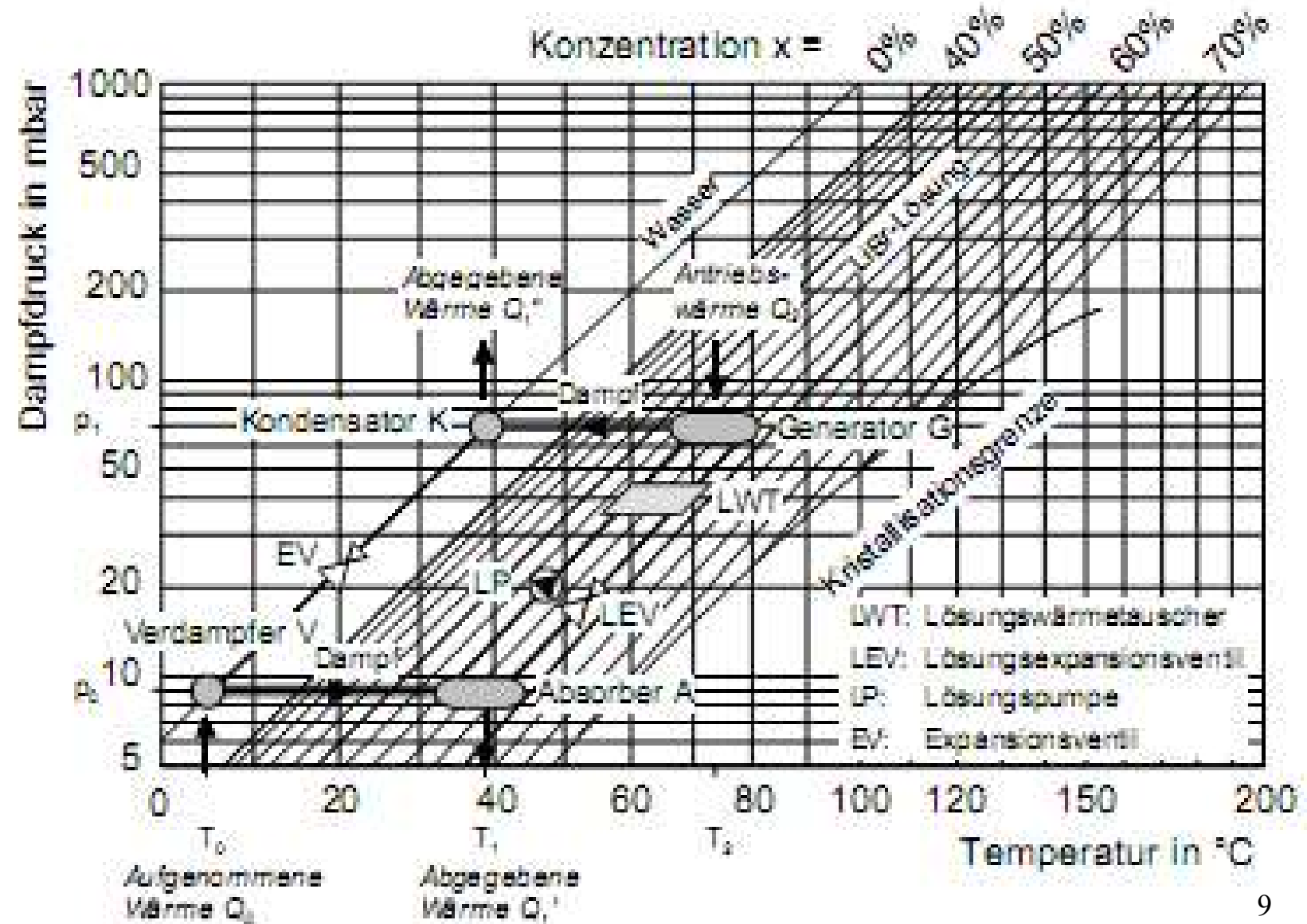
Wirkungs (Am)=m(AM)/m(ges)



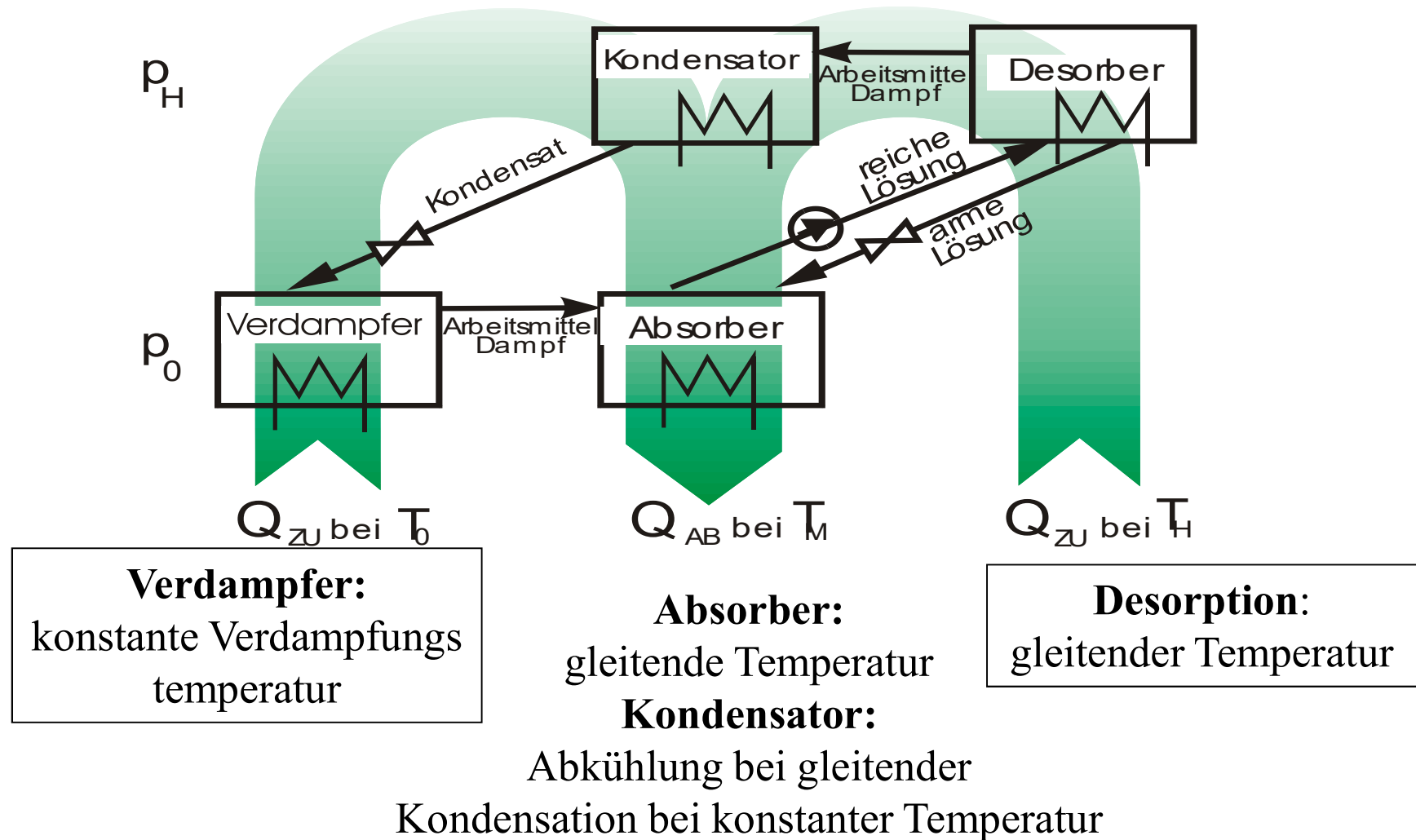
Schematische Darstellung und Zustandspunkte Absorptionswärmepumpe (AWP)



Darstellung im lgp,1/T-Diagramm

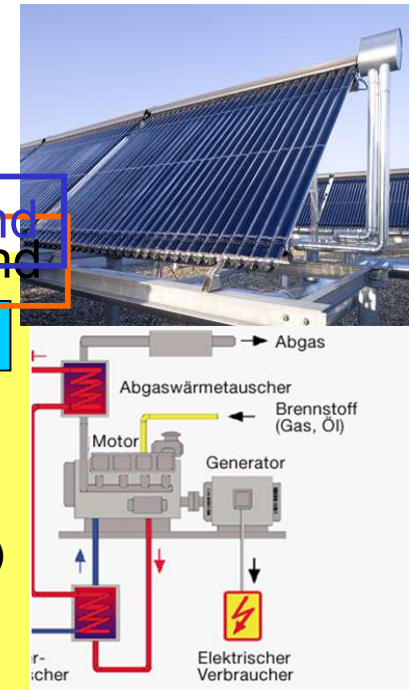
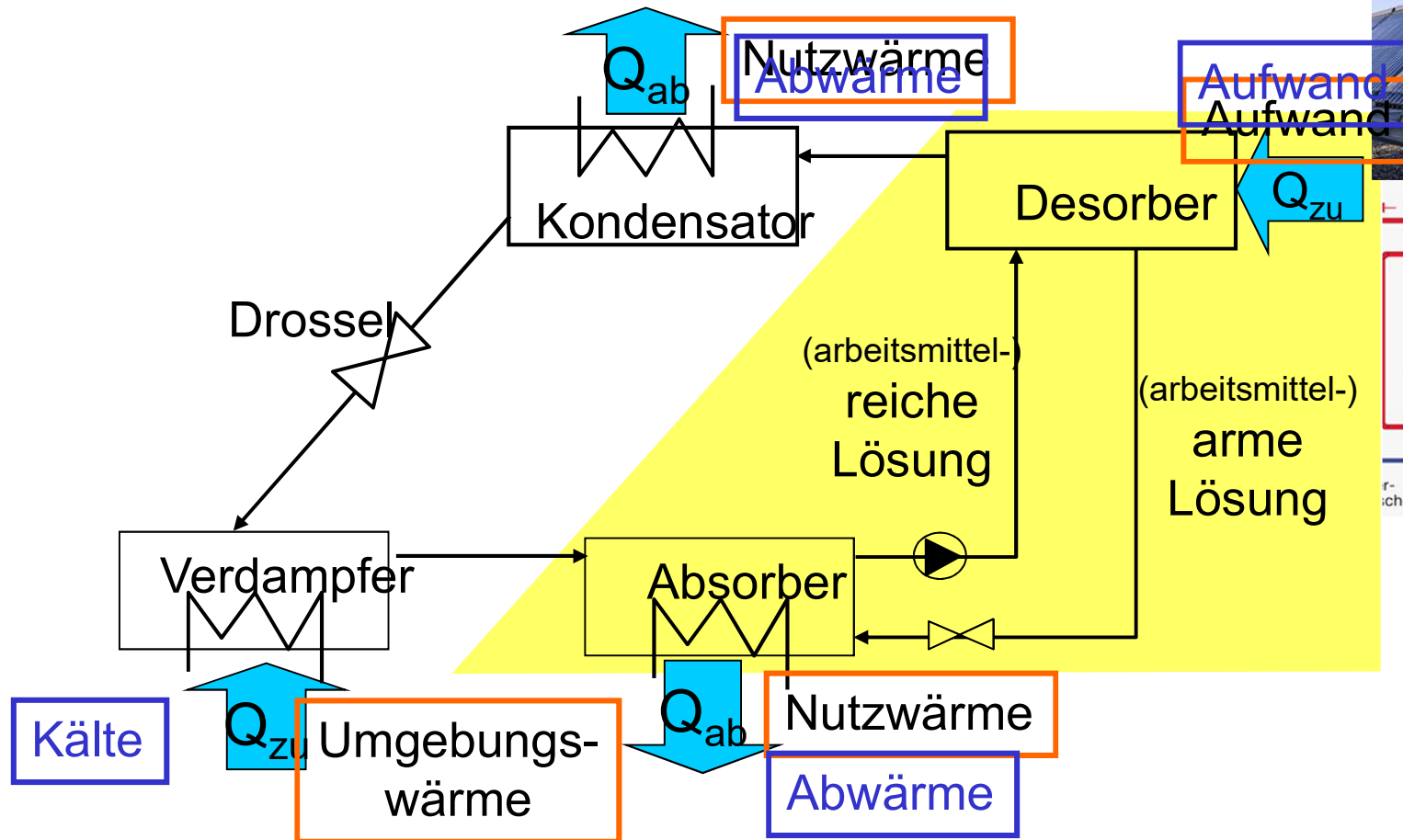


Temperatur- und Druckniveaus im Absorptionsprozess



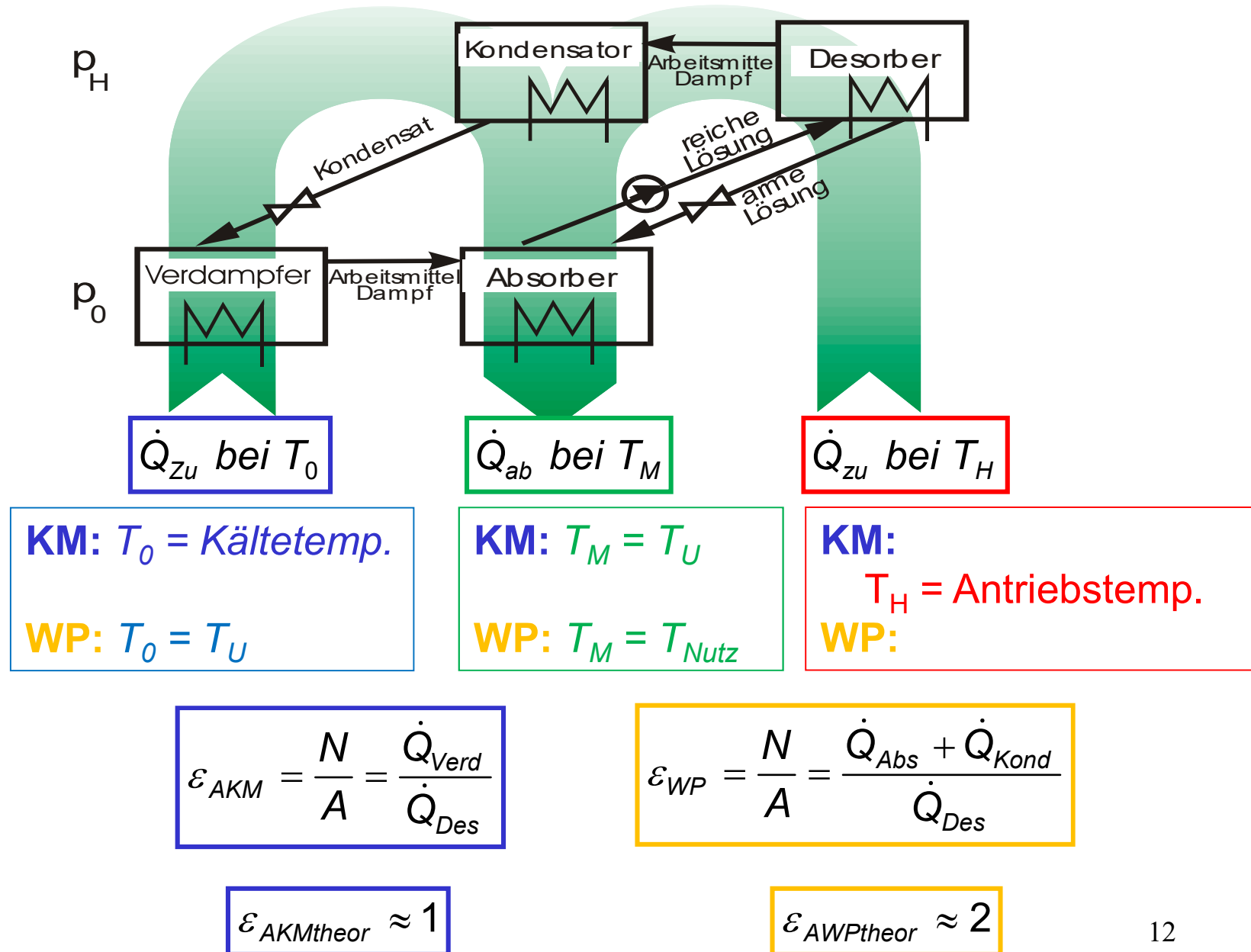
Vereinfachung: Unterscheidung zwischen 3 (mittleren) Temperaturniveaus T_0 T_M^0 T_H

Absorptions-Kältemaschine



Vorteile: Höchstes Strahlungsangebot gleichzeitig mit höchstem Kältebedarf
 Vermeidung hoher Stillstandstemperaturen für Solarkollektoren
 Vermeidung mittäglicher Stromspitzen
 Verlängerte Nutzungsdauer für Abwärme aus KWK-Prozessen

Wärmeverhältnisse Wärmepumpe/Kältemaschine



theoretisch/1. Näherung: \Rightarrow wenn in allen Apparaten die gleiche Wärme umgesetzt würde ($\approx \Delta^L v h$)

Zusammenhang zwischen Temperaturniveaus und Wärmeverhältnis ergibt sich aus der Qualität (Exergie) der Wärmen

AKM – Gesamtbilanz Energie und Exergie

Gesamtenergiebilanz :

$$\dot{Q}_{Des} + \dot{Q}_{Verd} + (P_p) = \dot{Q}_{Abs} + \dot{Q}_{Kond}$$

vereinfachte Gesamtexergiebilanz : *reversibel* ($\Delta \dot{E}_v = 0$) :

$$\frac{T_H - T_U}{T_H} \dot{Q}_{Des} + \frac{T_0 - T_U}{T_0} \dot{Q}_{Verd} = \frac{T_M - T_U}{T_M} (\dot{Q}_{Abs} + \dot{Q}_{Kond}) + \Delta \dot{E}_v$$

Vereinfachte Schreibweise mit Carnot-Faktoren $\tau_i = \frac{T_i - T_U}{T_i}$

$$\tau_H \dot{Q}_{Des} + \tau_0 \dot{Q}_{Verd} = \tau_M (\dot{Q}_{Abs} + \dot{Q}_{Kond}) + \Delta \dot{E}_v$$

Reversibles Wärmeverhältnis (Kältezah) **AKM** $\Delta \dot{E}_v = 0$

$$\varepsilon_{AKM} = \frac{\dot{Q}_{Verd}}{\dot{Q}_{Des}}$$

$$\tau_M = 0 \text{ wegen } T_M = T_U$$

$$\varepsilon_{AKM,C} = \frac{\tau_H}{-\tau_0}$$

$$= \frac{T_H - T_U}{T_H} \frac{T_0}{T_U - T_0}$$



η_C



ε_C

$$\varepsilon_{AKM,C} = \eta_C \varepsilon_C$$

C – Carnot

η - Wirkungsgrad des arbeitsleistenden
(Rechts-)Prozesses

ε - Leistungszahl des arbeitsverbrauchenden
(Links-)Prozesses

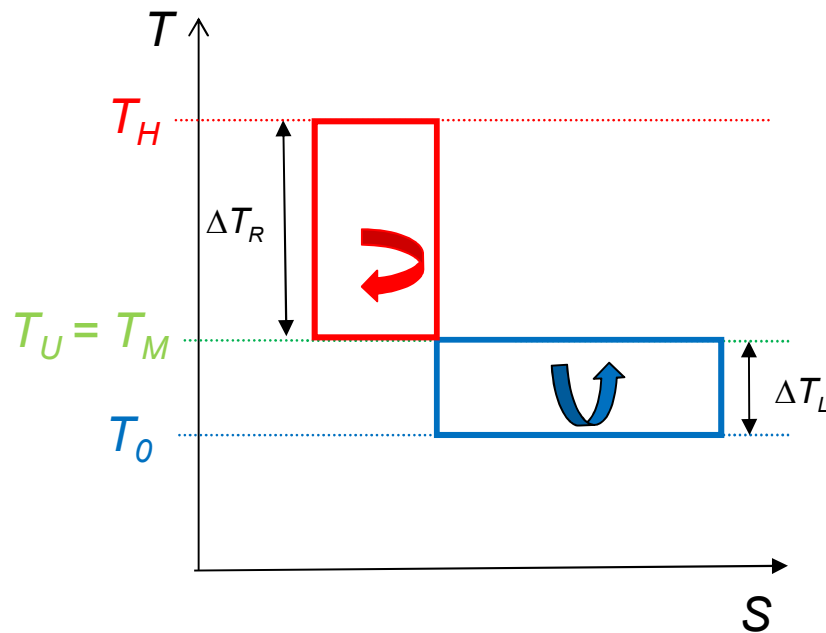
Absorptionskältemaschine als Kombination aus rechtsläufigem und linksläufigem Carnot-Prozess

Äußerer Prozess

(Temperaturen von Wärmequellen/Senken)

ΔT_R Temperaturdifferenz im arbeitsleistenden (Rechts-)Prozess

ΔT_L Temperaturdifferenz im arbeitsverbrauchenden (Links-)Prozess



$$\varepsilon_{AKM,C} = \eta_C \varepsilon_C$$

$$\eta_C = \frac{T_H - T_U}{T_H} = \frac{\Delta T_R}{T_H}$$

$$\varepsilon_C = \frac{T_0}{T_U - T_0} = \frac{T_0}{\Delta T_L}$$

$$\varepsilon_{AKM,C} = \frac{\Delta T_R}{T_H} \frac{T_0}{\Delta T_L} = \eta_C \varepsilon_C$$

Unter Berücksichtigung der Energiebilanz $\varepsilon_{AKMtheor} \approx 1$

wird deutlich, dass die drei Temperaturniveaus nicht unabhängig voneinander sein können

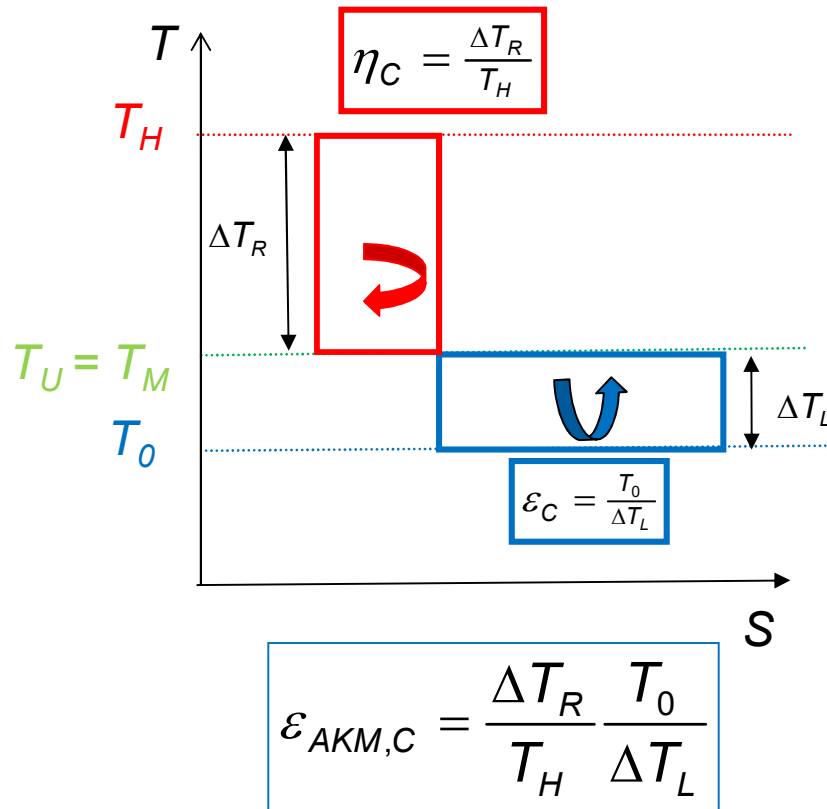
Berücksichtigung minimaler Temperaturdifferenzen für die Wärmeübertragung am Beispiel der Carnot-Kältemaschine

Äußerer Prozess

(Temperaturen von Wärmequellen/Senken)

$$\Delta T_R = T_H - T_U \quad \text{Rechts-Prozess}$$

$$\Delta T_L = T_M - T_0 \quad \text{Links-Prozess}$$

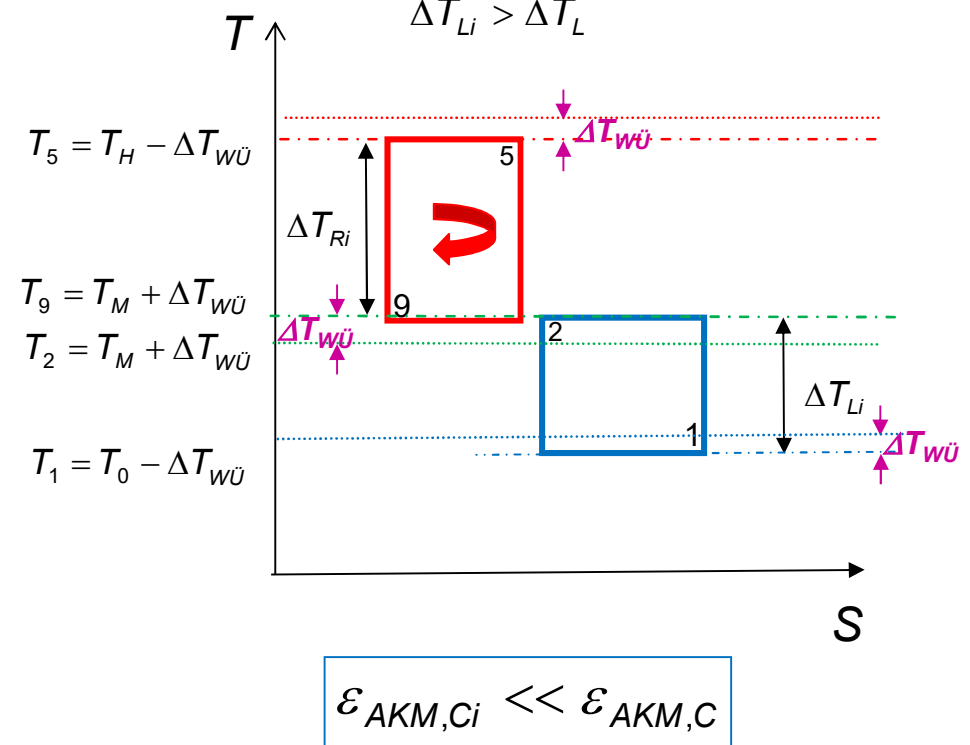


Innerer Prozess (i)

(Temperaturen des Arbeitsmittels, Berücksichtigung von minimalen Temperaturdifferenzen für die Wärmeübertragung $\Delta T_{w\ddot{u}}$)

$$\Delta T_{Ri} < \Delta T_R$$

$$\Delta T_{Li} > \Delta T_L$$

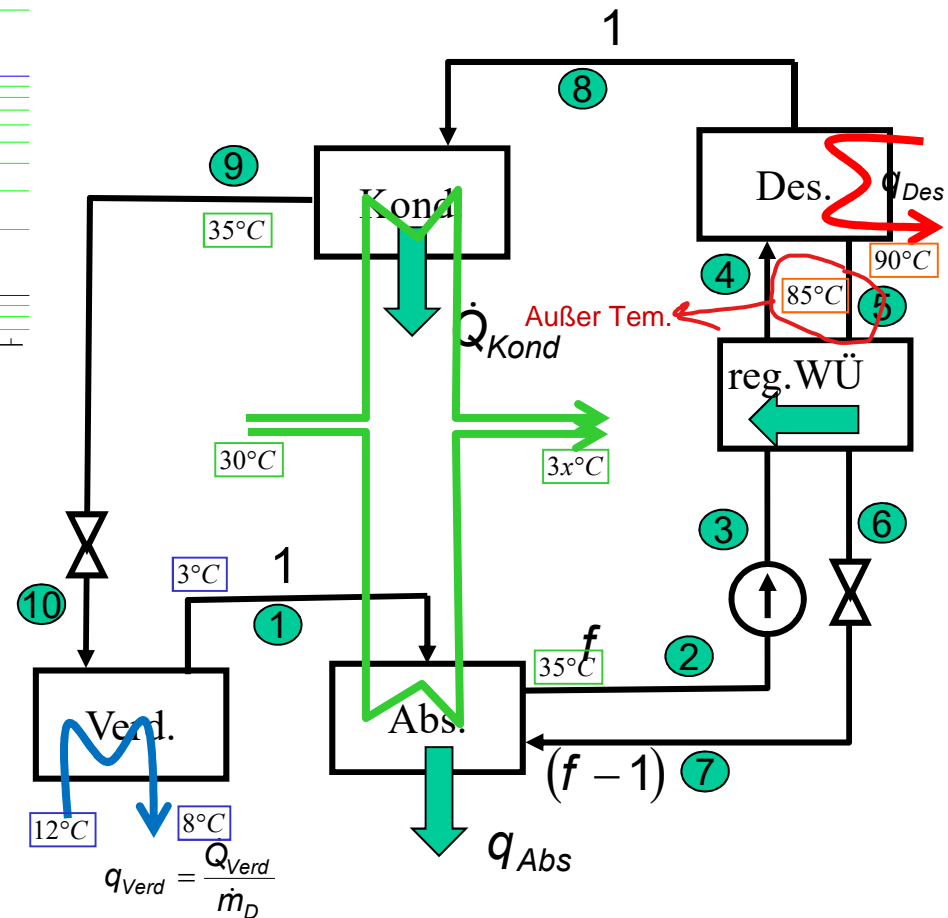


Temperaturdifferenzen für WÜ vermindern die Antriebstemperaturdifferenz im Rechtsprozess und vergrößern die zu überwindende Temperaturdifferenz im Linksprozess

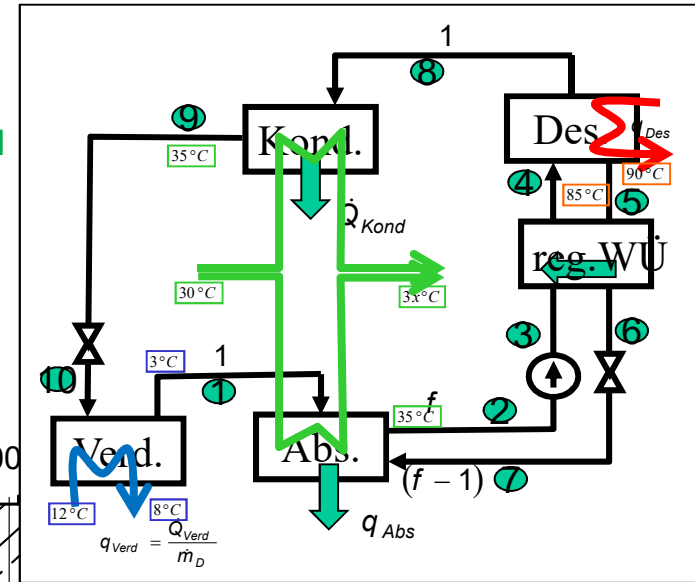
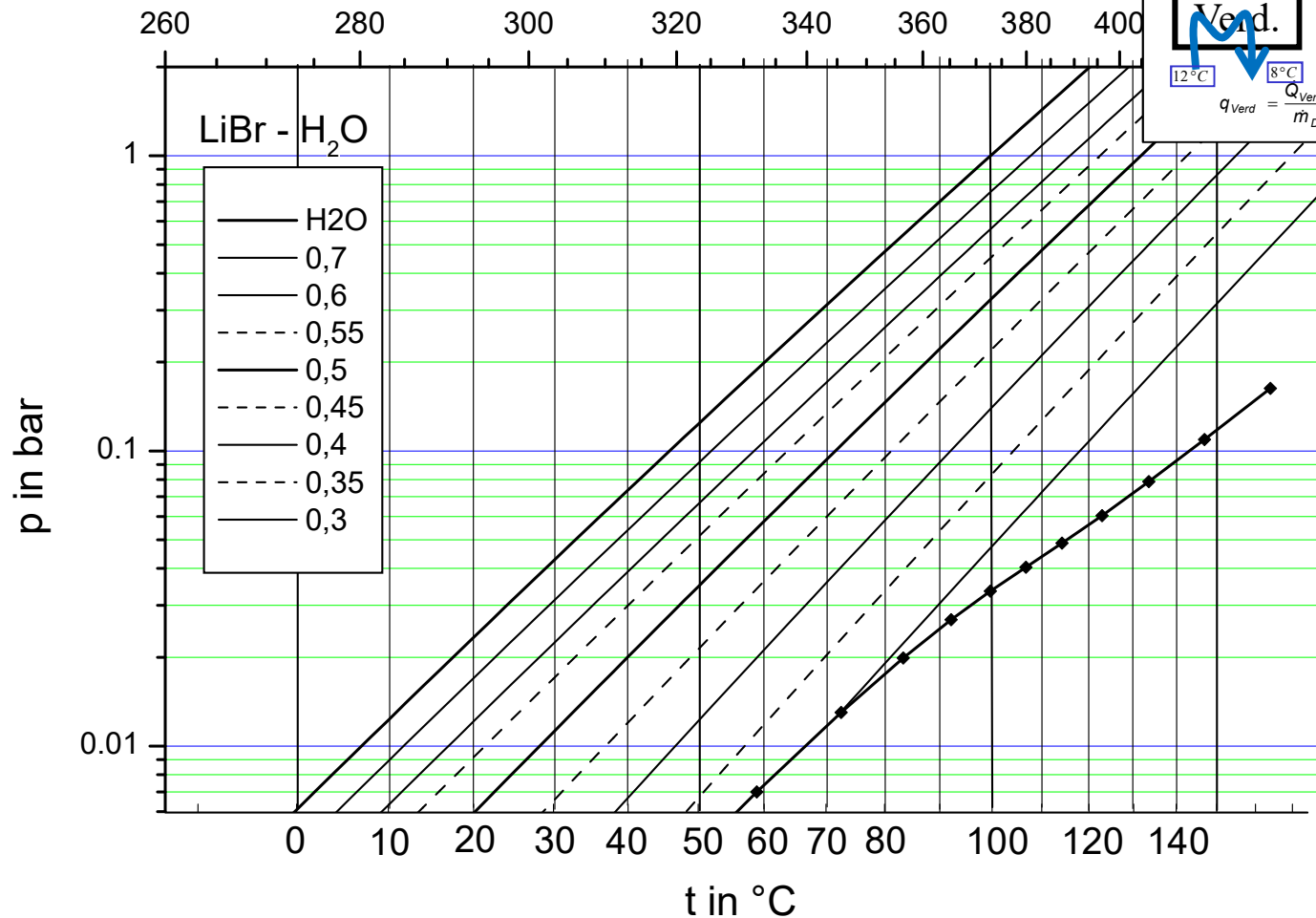
$\Delta T_{w\ddot{u}}$ - wichtige Einflussgröße auf das Wärmeverhältnis



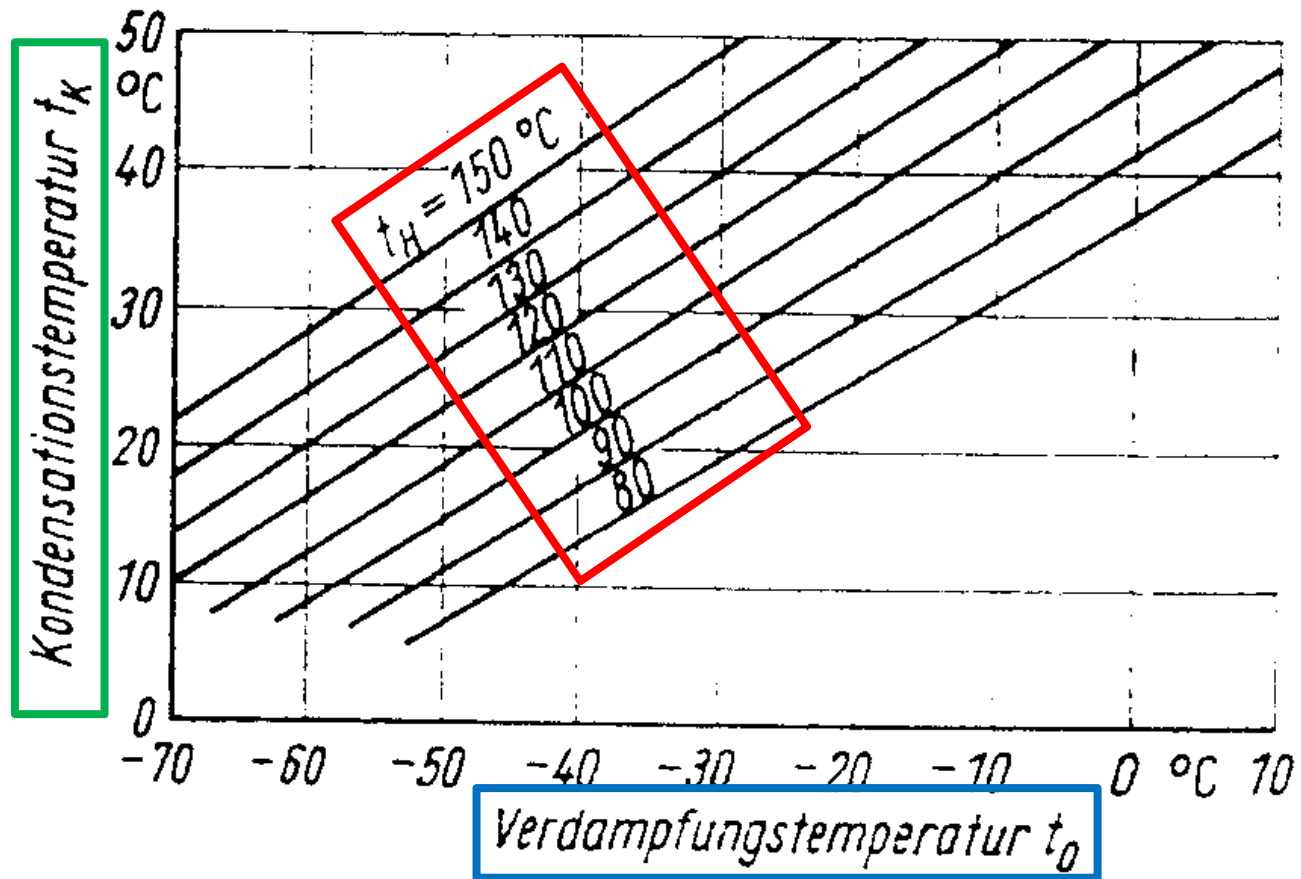
Bestimmen Sie Druckniveaus und Lösungskonzentrationen



Kaltwasser von Rücklauf $t_R = 12\text{ °C}$ auf Vorlauf $t_V = 8\text{ °C}$
 Wärmequelle: Heißwasser mit $t_{Hmin} = 90\text{ °C}$,
 Kühlwassereintritt $t_{KE} = 30\text{ °C}$, Absorber und Kondensator parallel
 $\Delta T_{minWÜ} = 5\text{ K}$ in allen Wärmeübertragern
 Keine Lösungskonzentration größer als 65 Ma% LiBr



Theoretische Grenztemperaturen einstufiger NH₃-Wasser AKM



t_K
 t_0
 t_H

2.2.3 Absorptionswärmepumpe - Massenbilanz

Massenanteil Arbeitsmittel:

$$\xi = \xi_{AM} = \frac{m_{AM}}{m_{ges}} \quad \xi_{RL} > \xi_{AL}$$

(Gesamt-) Massenbilanz
Absorber bzw. Desorber:

$$\dot{m}_{AL} + \dot{m}_D = \dot{m}_{RL}$$

Massenbilanz Wasser:

$$\xi_{AL} \dot{m}_{AL} + \xi_D \dot{m}_D = \xi_{RL} \dot{m}_{RL}$$

$$\xi_{AL} (\dot{m}_{RL} - \dot{m}_D) + \xi_D \dot{m}_D = \xi_{RL} \dot{m}_{RL}$$

spezifischer
Lösungsumlauf:

$$f = \frac{\dot{m}_{RL}}{\dot{m}_D} = \frac{\xi_D - \xi_{AL}}{\xi_{RL} - \xi_{AL}} \xrightarrow{\xi_D=1} f = \frac{1 - \xi_{AL}}{\Delta\xi}$$

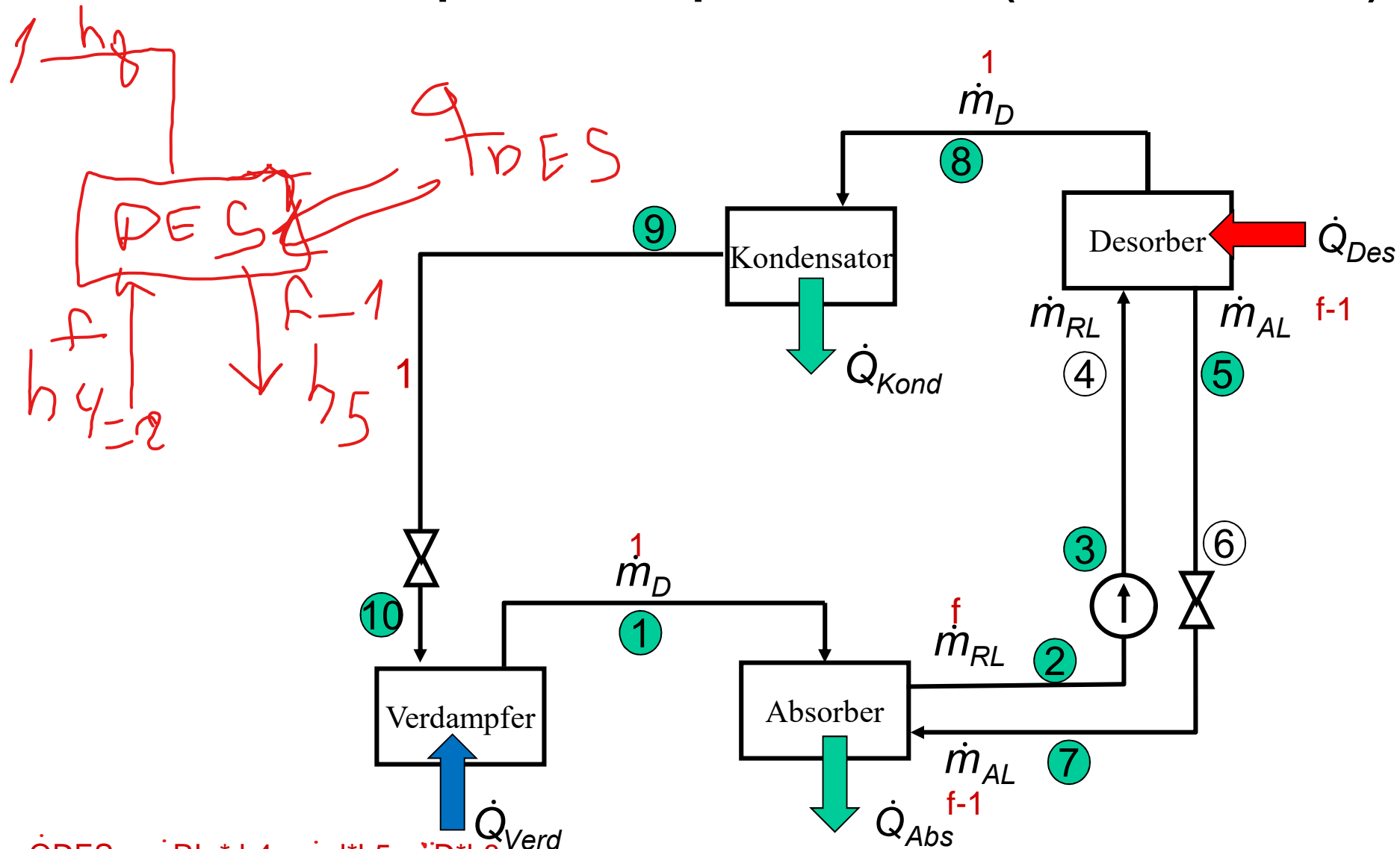
$\Delta\xi$ - Entgasungsbreite

Lösungsumlauf
arme Lösung:

$$\dot{m}_{AL} = \dot{m}_{RL} - \dot{m}_D \quad | : \dot{m}_D$$

$$\frac{\dot{m}_{AL}}{\dot{m}_D} = f - 1$$

Absorptionskreisprozess AKP (AKM oder AWP)



$$\dot{Q}_{DES} + \dot{m}_{RL} \cdot h_4 = \dot{m}_{pl} \cdot h_5 + \dot{m}_D \cdot h_8$$

$$q_{DES} + f \cdot h_{4,2} = (f-1) \cdot h_5 + h_8$$

$$\dot{Q}_{DES} / \dot{m}_D = q_{DES} = (f-1) \cdot h_5 + h_8 - f \cdot h$$

Energiebilanz AKP - Absorber

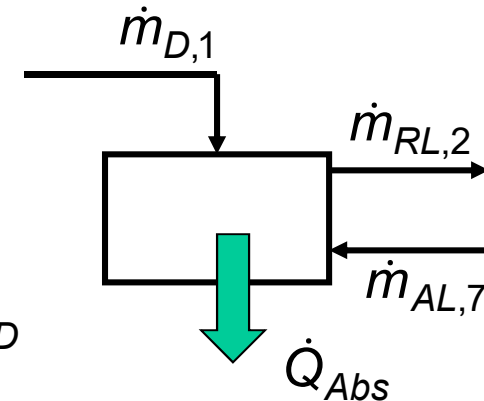
Energiebilanz Absorber :

$$h_{7=5} \dot{m}_{AL} + h_1 \dot{m}_D = h_2 \dot{m}_{RL} + \dot{Q}_{Abs}$$

$$\dot{Q}_{Abs} = h_7 \dot{m}_{AL} + h_1 \dot{m}_D - h_2 \dot{m}_{RL} \quad | : \dot{m}_D$$

$$q_{Abs} = \frac{\dot{Q}_{Abs}}{\dot{m}_D} = h_7(f - 1) + h_1 - h_2 f$$

$$q_{Abs} = h_1 - h_7 + f(h_7 - h_2)$$



Lösungsmittelpumpe :

$$dh = \int v dp = w_t \quad v = const \quad h_3 = h_2 + \frac{1}{\rho_{RL}} \Delta p$$

$$w_t \ll \Delta^{LV} h \quad h_3 \approx h_2$$

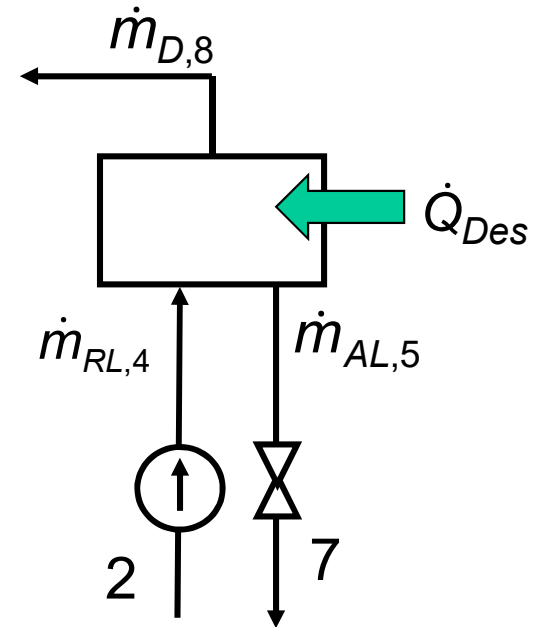
Energiebilanz AKP - Desorber

Energiebilanz Desorber :

$$h_{4=3}\dot{m}_{RL} + \dot{Q}_{Des} = h_5\dot{m}_{AL} + h_8\dot{m}_D$$

$$\dot{Q}_{Des} = h_5\dot{m}_{AL} + h_8\dot{m}_D - h_{4=3}\dot{m}_{RL}$$

$$q_{Des} = \frac{\dot{Q}_{Des}}{\dot{m}_D} = h_8 - h_5 + f(h_5 - h_4)$$



LM - Drossel : $dh = 0$ $h_7 = h_5$

Energiebilanz AKP (3)

Kondensator :

$$h_8 \dot{m}_D = \dot{Q}_{Kond} + h_9 \dot{m}_{K=D}$$

$$\dot{Q}_{Kond} = \dot{m}_D (h_8 - h_9), \quad q_{Kond} = (h_8 - h_9)$$

AM - Drossel : $dh = 0$

$$h_9 = h_{10}$$

Verdampfer :

$$h_{10} \dot{m}_D + \dot{Q}_{Verd} = h_1 \dot{m}_D$$

$$\dot{Q}_{Verd} = \dot{m}_D (h_1 - h_{10}), \quad q_{Verd} = (h_1 - h_{10})$$

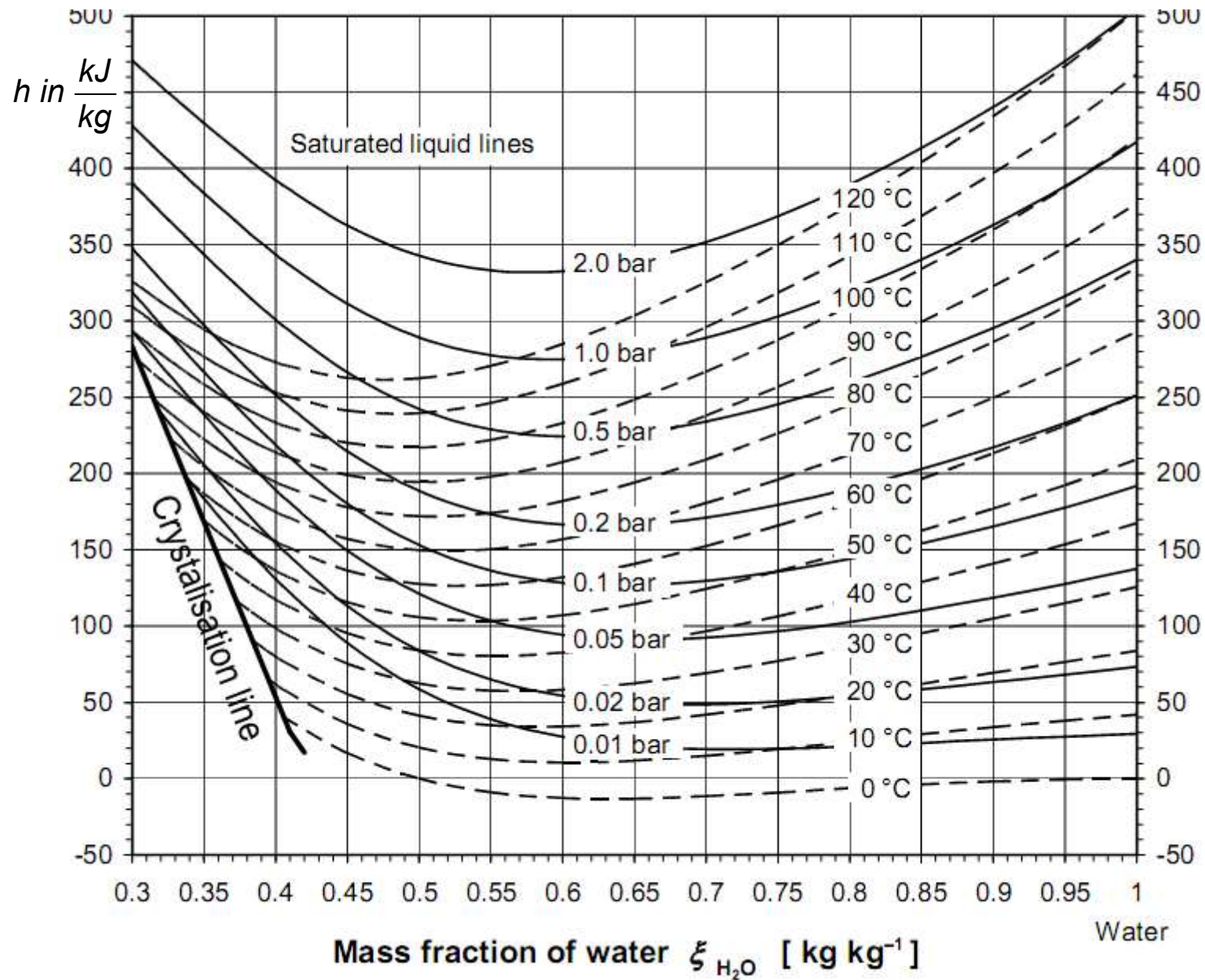
Gesamtenergiebilanz : $\dot{Q}_{Des} + \dot{Q}_{Verd} + (P_p) = \dot{Q}_{Abs} + \dot{Q}_{Kond}$

Wärmeverhältnis :

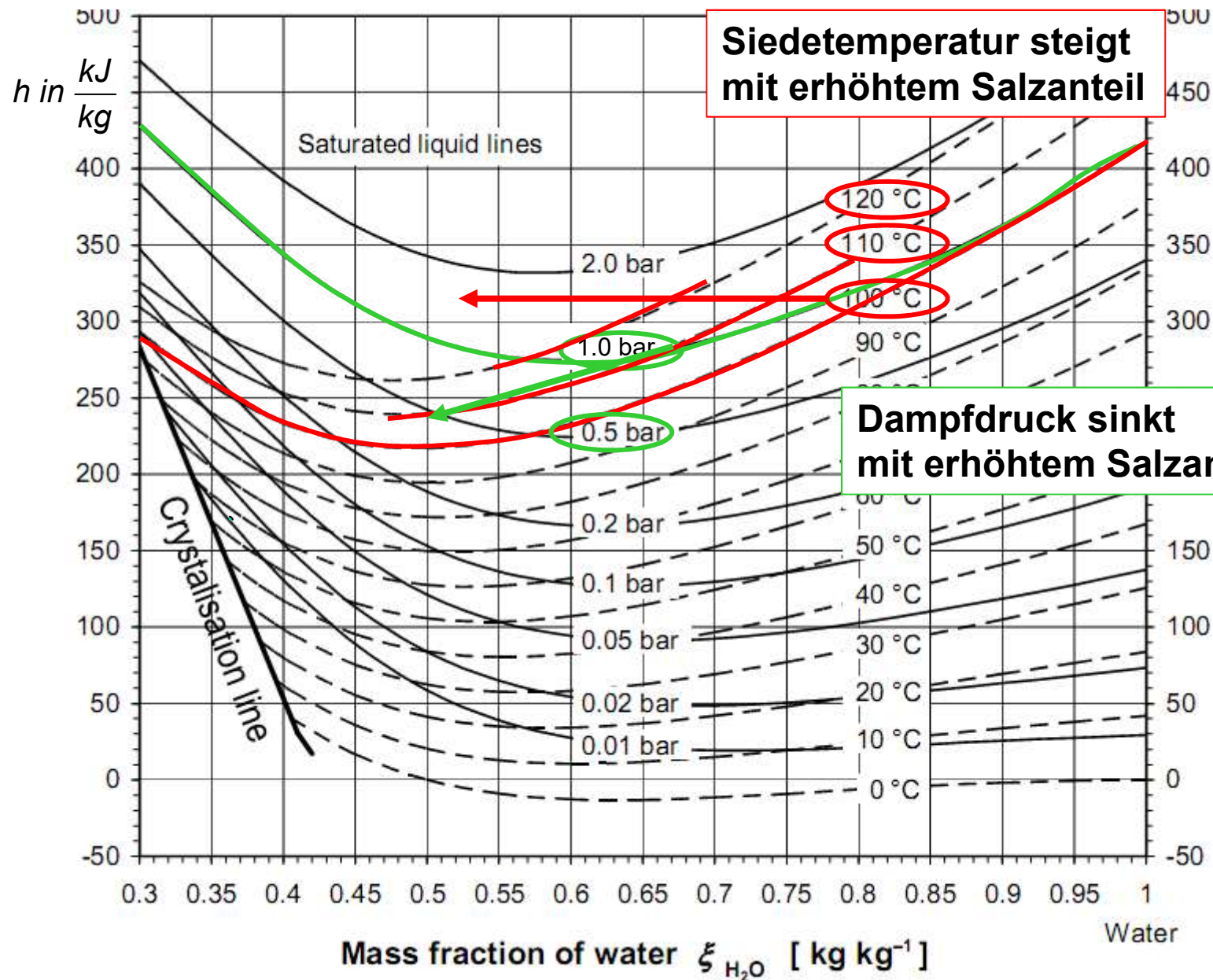
$$\varepsilon_{AWP} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_{Kond} + \dot{Q}_{Abs}}{\dot{Q}_{Des}} \leq 2$$

$$\varepsilon_{AKM} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_{Verd}}{\dot{Q}_{Des}} \leq 1$$

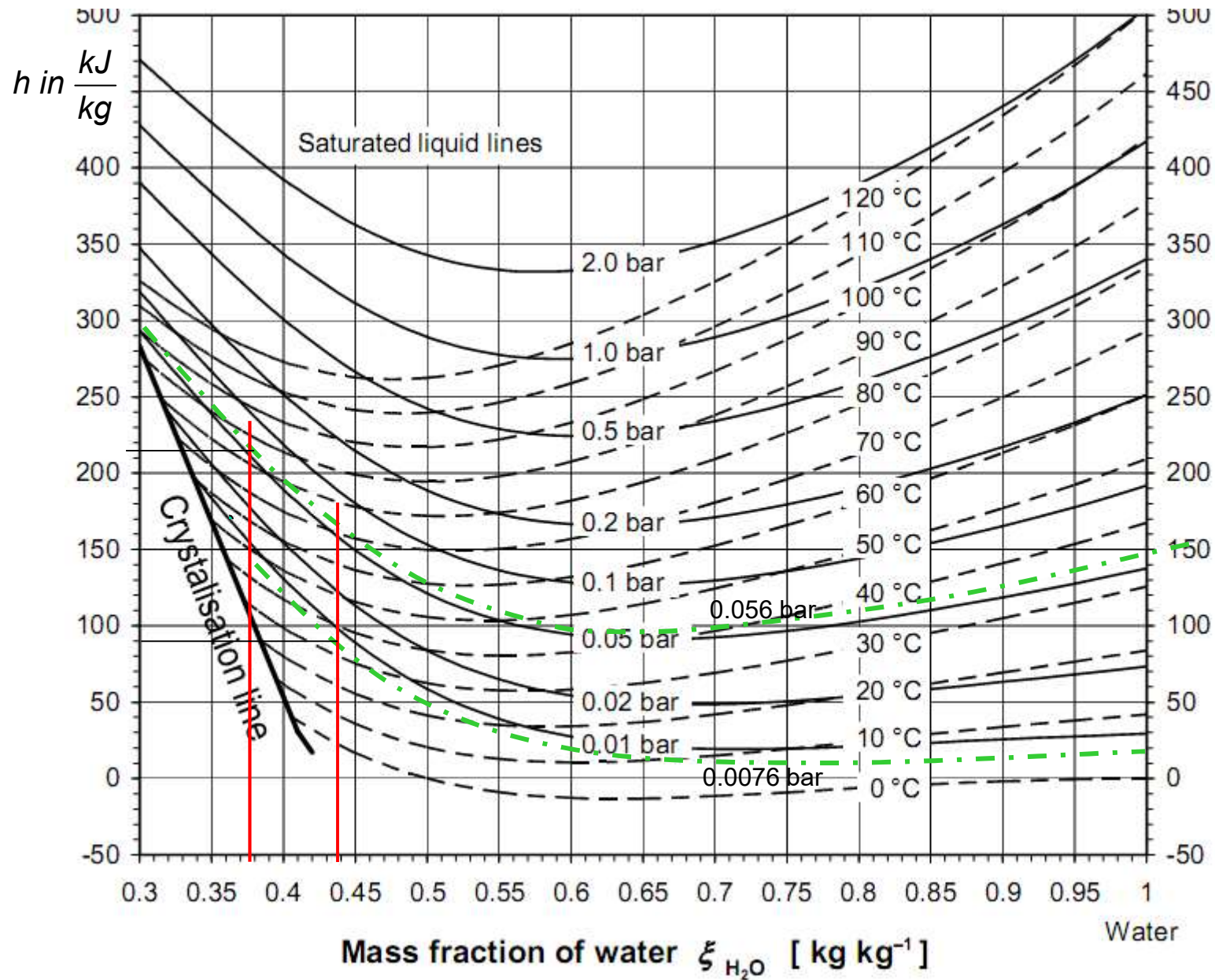
h, ξ -Diagramm Wasser-LiBr



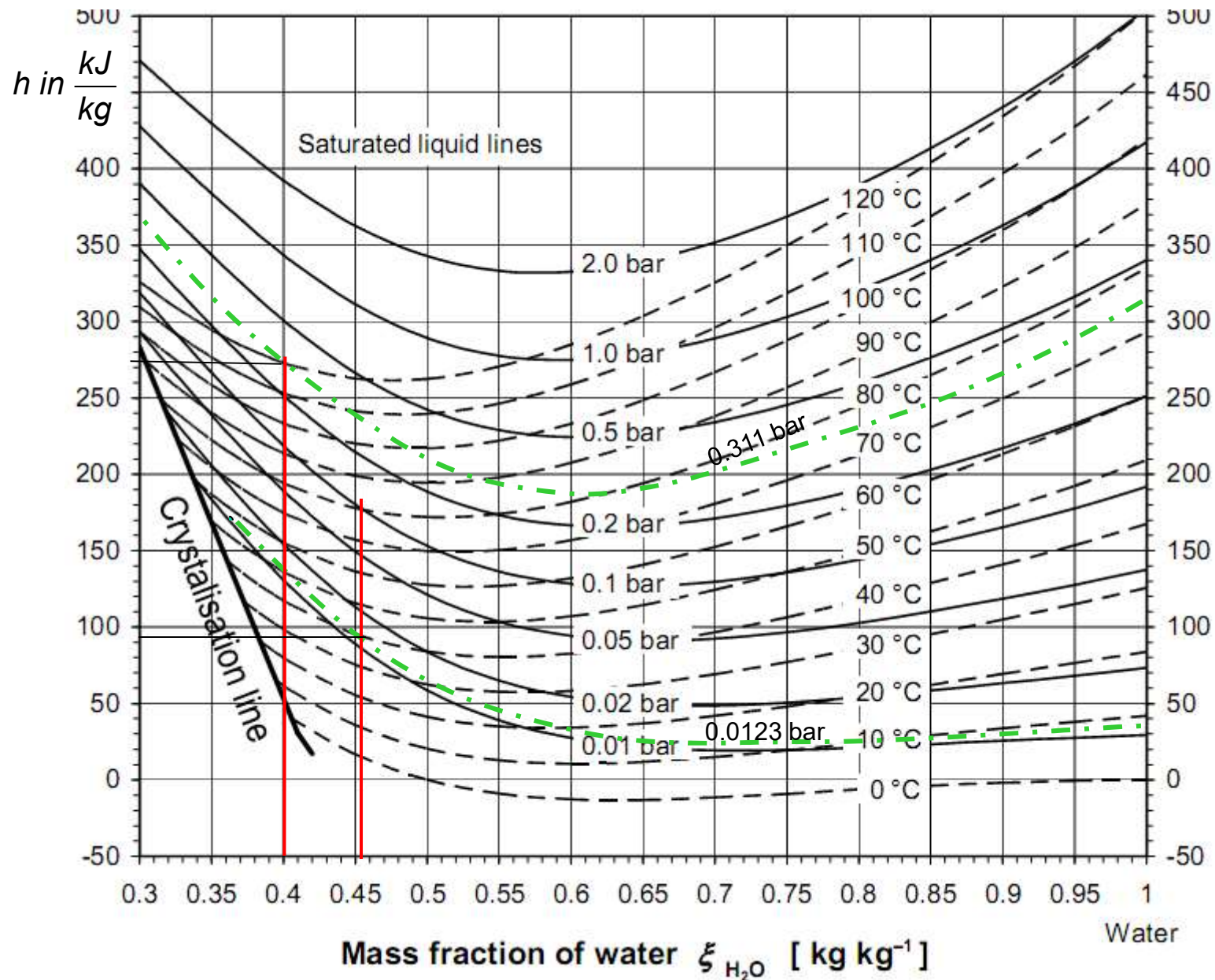
h, ξ -Diagramm Wasser-LiBr



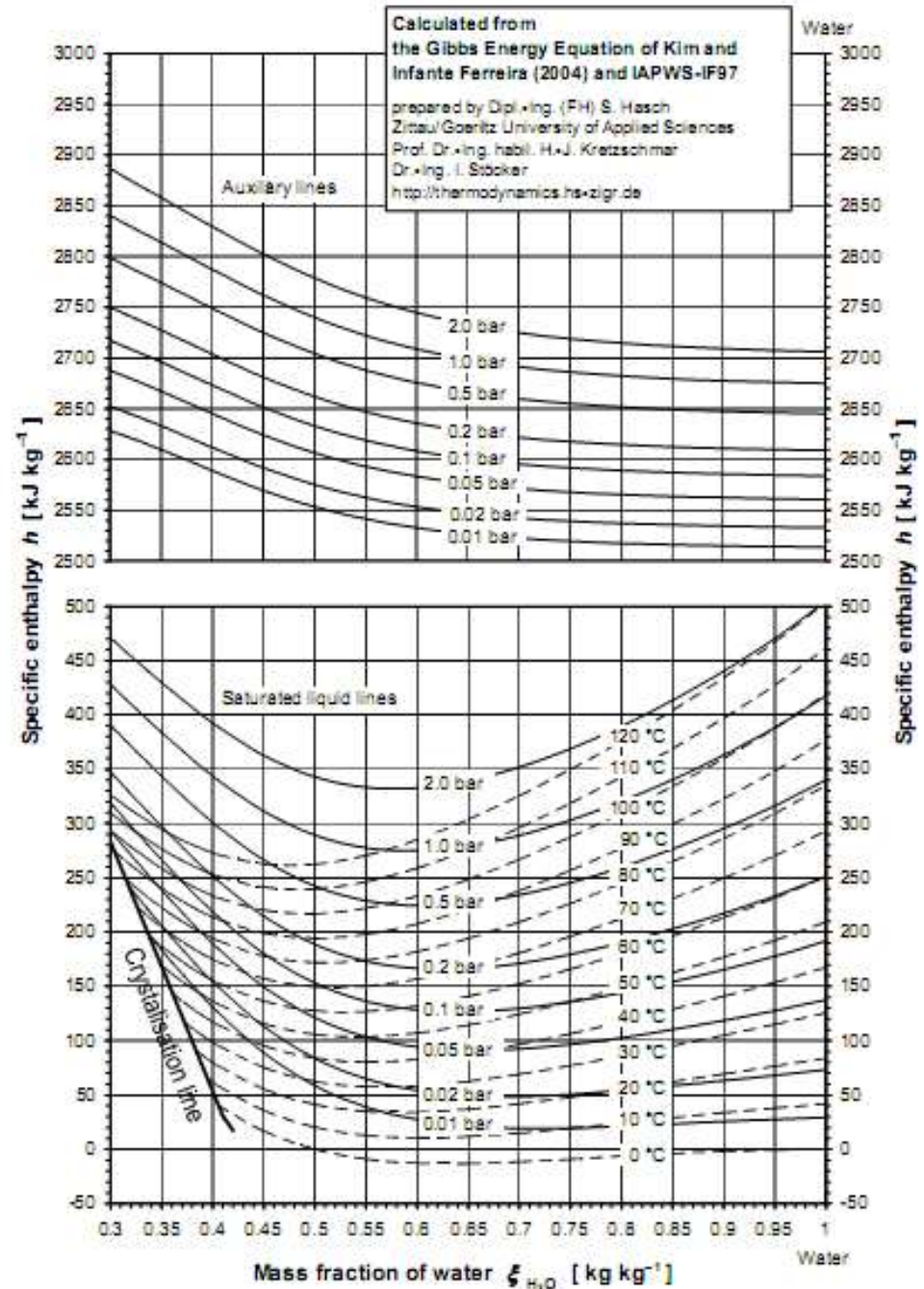
h,ξ-Diagramm Wasser-LiBr AKM-Aufgabe



h, ξ -Diagramm Wasser-LiBr AWP-Aufgabe

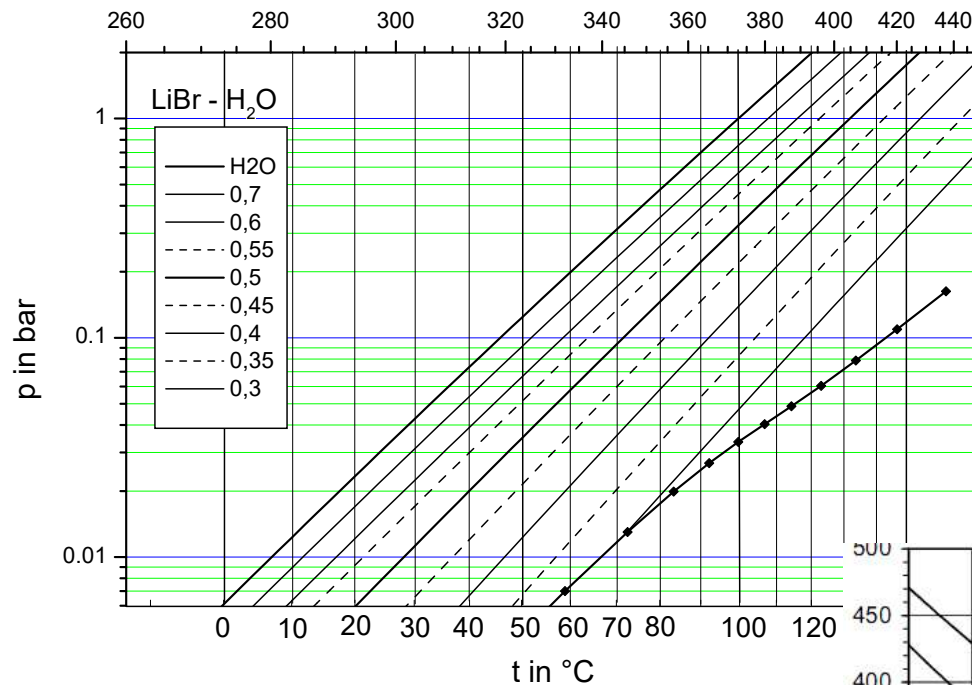


h,ξ-Diagramm Wasser-LiBr mit Enthalpie Wasserdampf



Reference states: Pure water: $h_{H_2O} = 0.118$ J/kg at triple point $p_t = 0.00611657$ bar; $t_t = 0.01$ °C on saturated liquid line

Saturated liquid mixture with $\xi_{H_2O} = 0.5$ kg/kg: $h_{0.5} = -20.9415$ J/kg at $t = 0$ °C

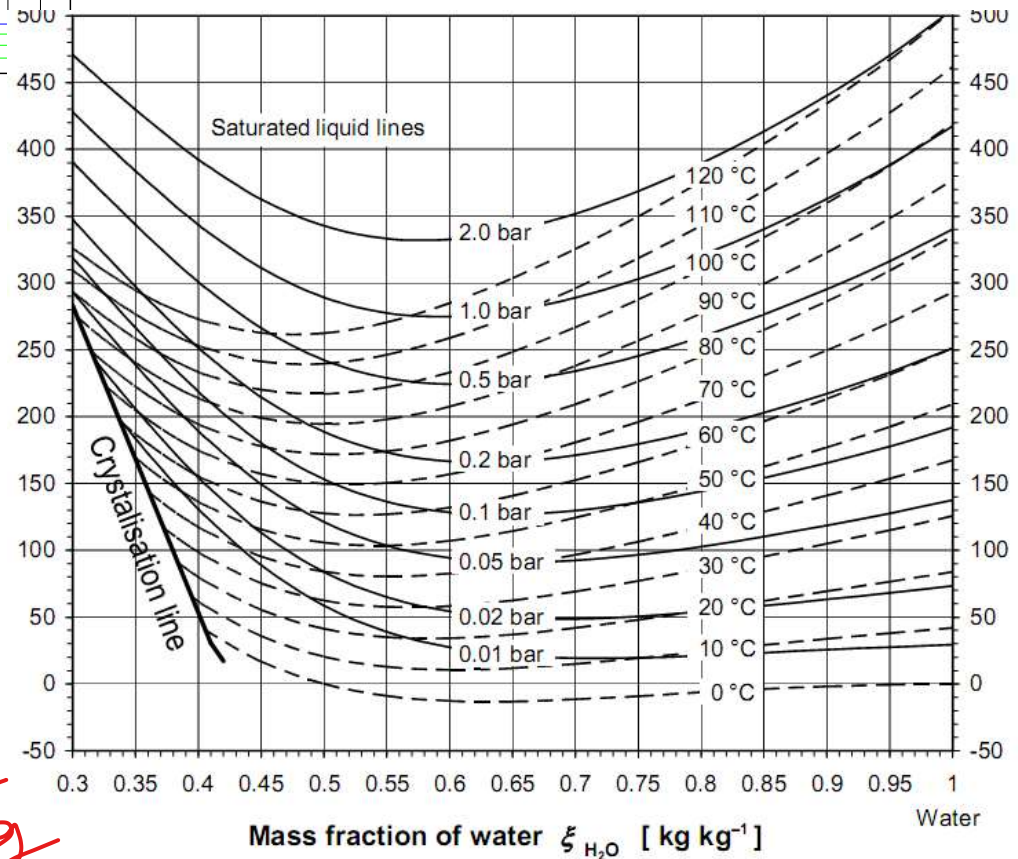


$w-p$
 $h_1 = h_g = 250,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
 $h_2 = h_g = 146,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
 $h_8 = h_{gH} + c_p \Delta T$
 oder h -S(Diagramm)
 w -p-Tabelle

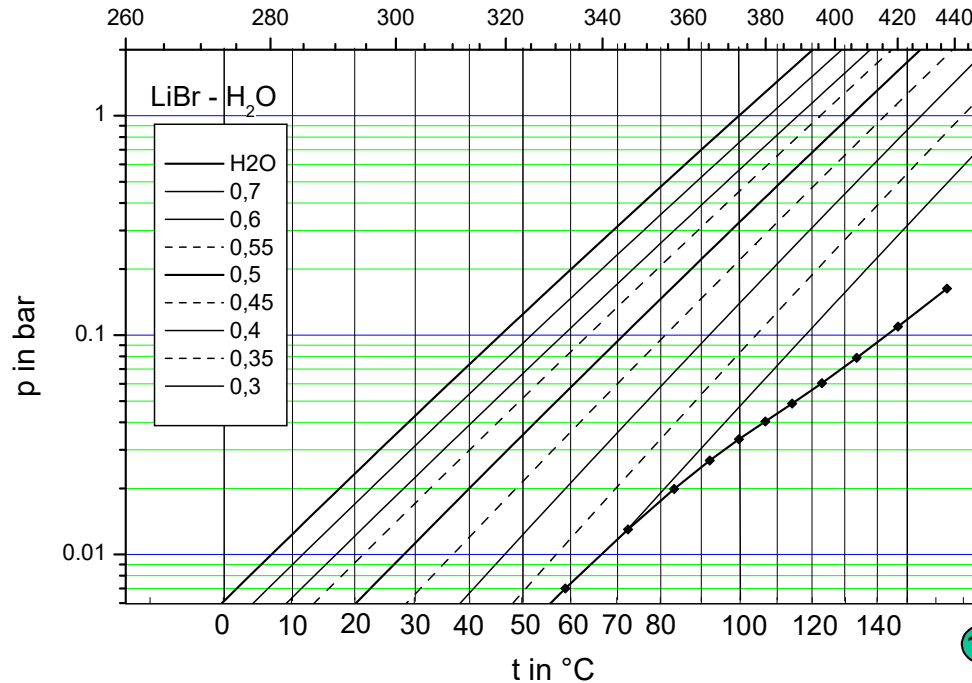
$T_8 - T_1$
 Zwischen Überhitz

Eine Absorptionskältemaschine, die mit dem Arbeitsmittelgemisch H₂O – LiBr arbeitet, soll den Kaltwasserstrom einer Klimaanlage von der Rücklaufumtemperatur $t_R = 12^\circ\text{C}$ auf die Vorlaufumtemperatur $t_V = 8^\circ\text{C}$ abkühlen. Die Kälteleistung betrage $\dot{Q}_0 = 100 \text{ kW}$. Als Wärmequelle steht Heißwasser mit $t = 90^\circ\text{C}$ zur Verfügung, die Kühlwassertemperatur beträgt $t_K = 30^\circ\text{C}$, die minimalen Temperaturdifferenzen in allen Wärmeübertragern sollen mit $\Delta T = 5 \text{ K}$ berücksichtigt werden. Um Kristallisationsgefahr zu vermeiden soll im Prozess keine Lösungskonzentration größer als 65 Ma% LiBr auftreten.

Bestimmen Sie Druckniveaus und Lösungskonzentrationen für einen geeigneten Prozess.



$t_5 = 85^\circ\text{C} / \xi = 37,7$
 $P_H = 0,05 \text{ bar} / h_5 = 214,5$
 $\leftarrow 5$
 $\leftarrow 19$



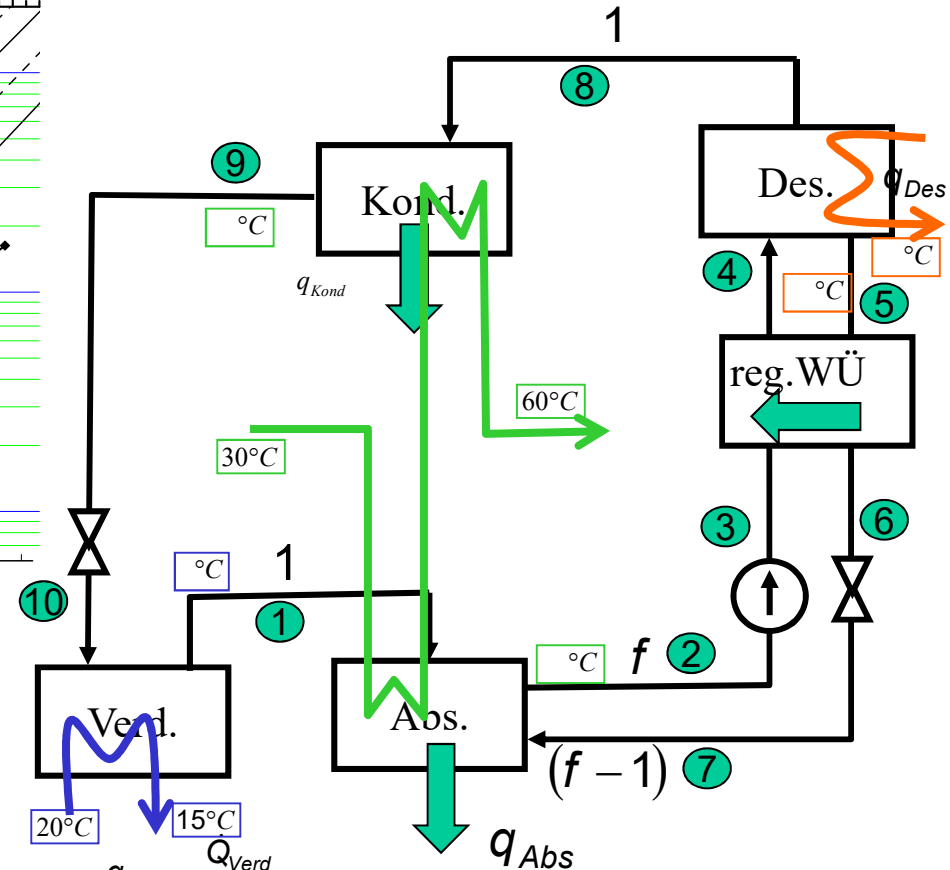
Wärmepumpe

Eine Absorptionswärmepumpe, die mit dem Arbeitsmittelgemisch H₂O – LiBr arbeitet, soll den Heizwasserstrom einer Heizungsanlage von der Rücklauftemperatur $t_R = 30\text{ °C}$ auf die Vorlauftemperatur $t_V = 60\text{ °C}$ erwärmen. Um Kristallisationsgefahr zu vermeiden soll im Prozess keine Lösungskonzentration größer als 60 Ma% LiBr auftreten. Als Wärmequelle steht Abluft zur Verfügung, die auf 15 °C abgekühlt werden kann. Die minimalen Temperaturdifferenzen in allen Wärmeübertragern sollen mit $\Delta T = 5\text{ K}$ berücksichtigt werden.

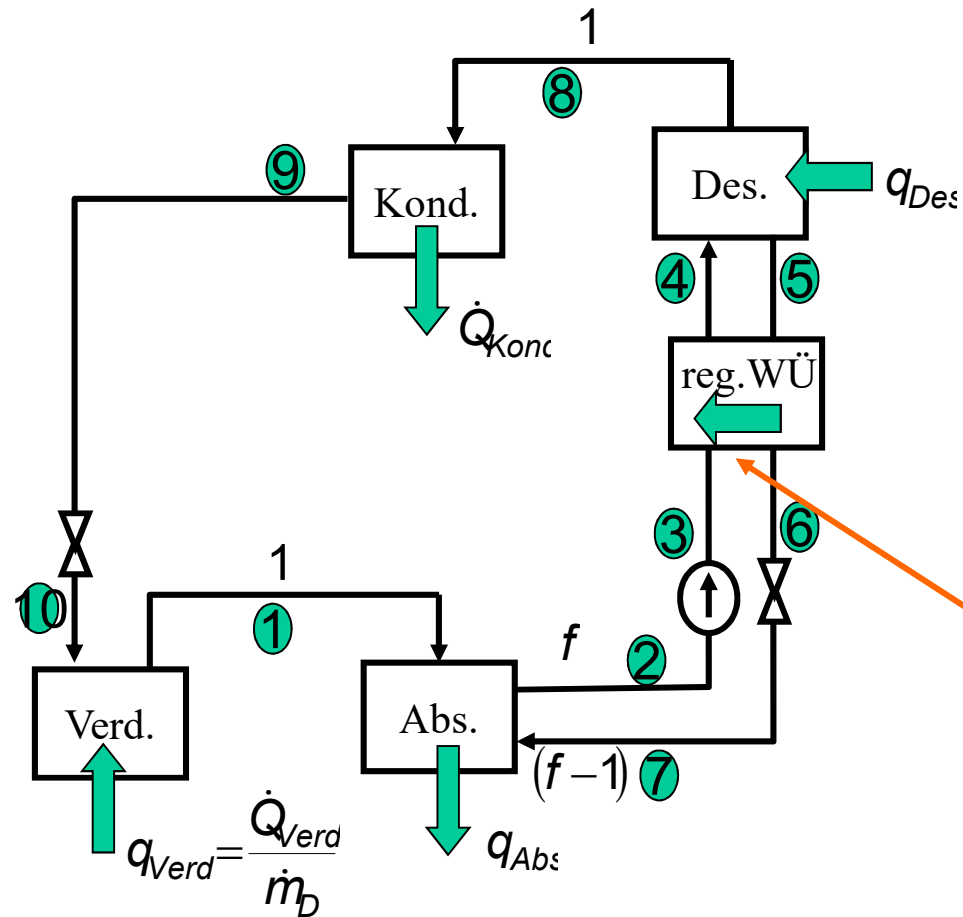
Bestimmen Sie Druckniveaus und Lösungskonzentrationen für einen geeigneten Prozess.

Wie hoch ist der Lösungs-umlauf und welche Temperatur muss für die Desorberheizung mindestens erreicht werden?

Bestimmen Sie anhand des h,ξ-Diagramms das Wärmeverhältnis der Absorptionswärmepumpe



AWP mit regenerativem LM-WÜ



$$q_{zu,RL} = q_{ab,AL}$$

$$f(h_4 - h_3) = (f - 1)(h_5 - h_6)$$

$$f c_{pRL}(T_4 - T_3) = (f - 1)c_{pAL}(T_5 - T_6)$$

$$f c_{pRL} > (f - 1)c_{pAL}$$

$$(T_4 - T_3) < (T_5 - T_6)$$

$\Delta T_{\min WÜ}$ am "kalten" Ende

$$T_6 = T_3 + \Delta T_{\min WÜ}$$

Veränderte Bilanz durch regenerativen LM-WÜ

$$h_6 = h[(T_2 + \Delta T_{WÜ}); \xi_{AL}]$$

$$h_4 = h_3 + \frac{f-1}{f}(h_5 - h_6)$$

$$q_{Abs} = h_7(f-1) + h_1 - h_2f$$

$$h_{7=6} < h_{7=5} \quad q_{Abs} \downarrow$$

$$q_{Des} = h_8 - h_5 + f(h_5 - h_4)$$

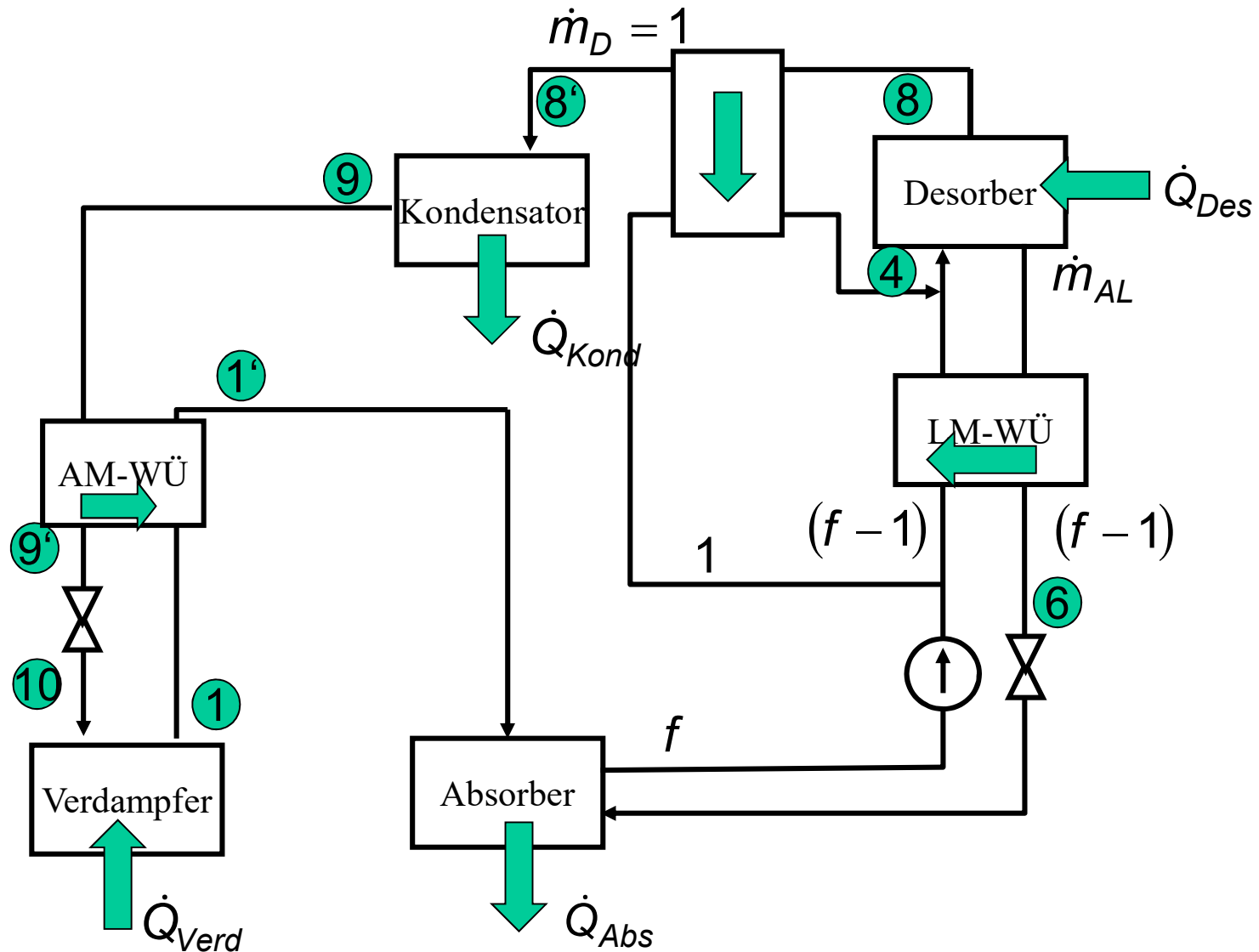
$$h_4 > h_3 \quad q_{Des} \downarrow$$

$$q_{Kond}, q_{Verd} \quad \text{unverändert}$$

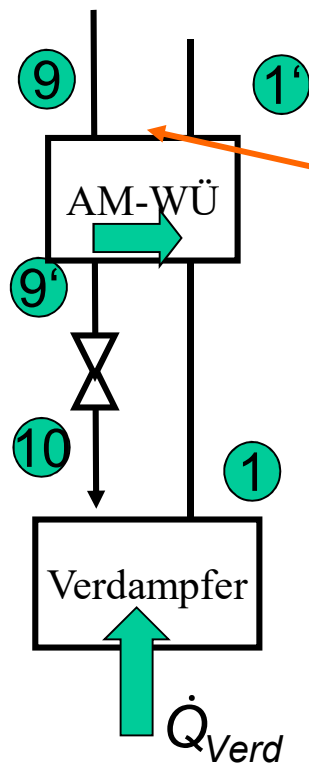
$$\varepsilon_{AWP} = \frac{\dot{Q}_{Kond} + \dot{Q}_{Abs} \downarrow}{\dot{Q}_{Des} \downarrow} \quad \varepsilon_{AWP} \uparrow$$

$$\varepsilon_{AKM} = \frac{\dot{Q}_{Verd}}{\dot{Q}_{Des} \downarrow} \quad \varepsilon_{AKM} \uparrow$$

Weitere Verbesserungsmöglichkeiten



Regenerativer Arbeitsmittelwärmeübertrager



$$q_{zu,D} = q_{ab,K}$$

$$1 c_{pD} (T_{1'} - T_1) = 1 c_{pK} (T_9 - T_{9'})$$

$$c_{pD} < c_{pK}$$

$\Delta T_{\min WÜ}$ am "warmen" Ende

$$T_{1'} = T_9 - \Delta T_{\min WÜ}$$

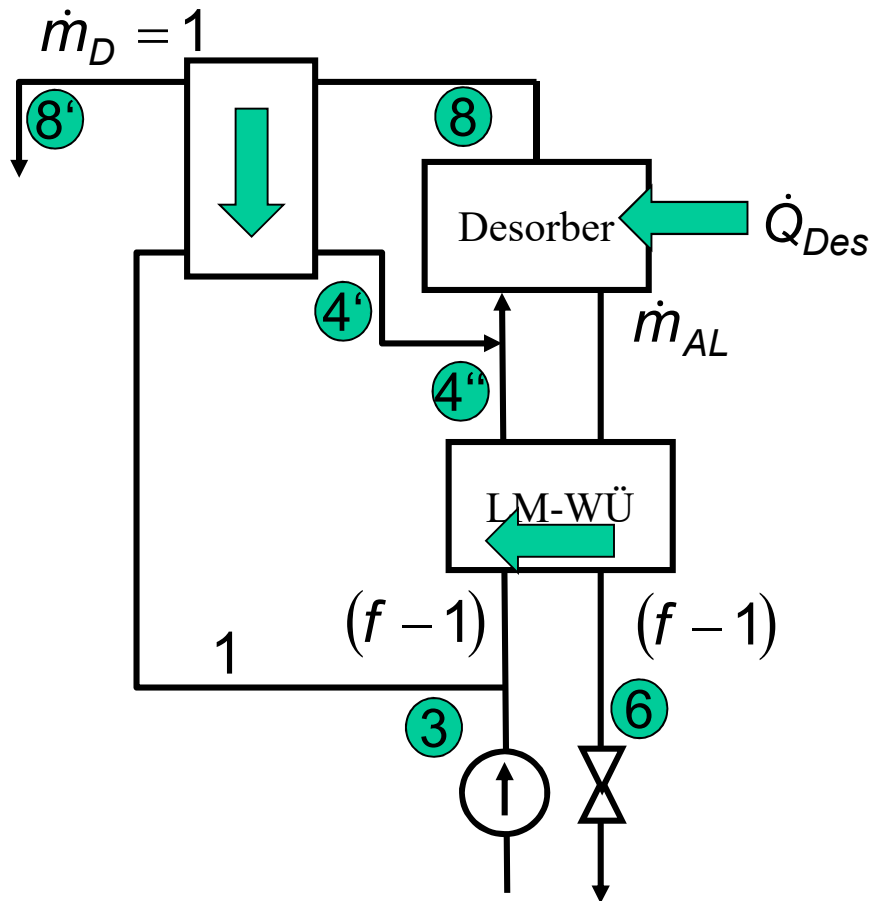
$$h_{1'} > h_1 \quad q_{Abs} \uparrow$$

$$h_{9'} < h_9 \quad q_{Verd} \uparrow$$

$$\varepsilon_{AWP} = \frac{\dot{Q}_{Kond} + \dot{Q}_{Abs} \uparrow}{\dot{Q}_{Des}} \quad \varepsilon_{AWP} \uparrow$$

$$\varepsilon_{AKM} = \frac{\dot{Q}_{Verd} \uparrow}{\dot{Q}_{Des}} \quad \varepsilon_{AKM} \uparrow$$

Reg. Wärmeübertrager Dampf-Lösung



$$q_{ab,D} = q_{zu,RL}$$

$$1 c_{pD}(T_8 - T_{8'}) = 1 c_{pRL}(T_3 - T_{4''})$$

$$C_{pD} < C_{pRL}$$

 $\Delta T_{\min W\ddot{U}}$ am "kalten" Ende

$$t_{8'} \geq t_{Kond}$$

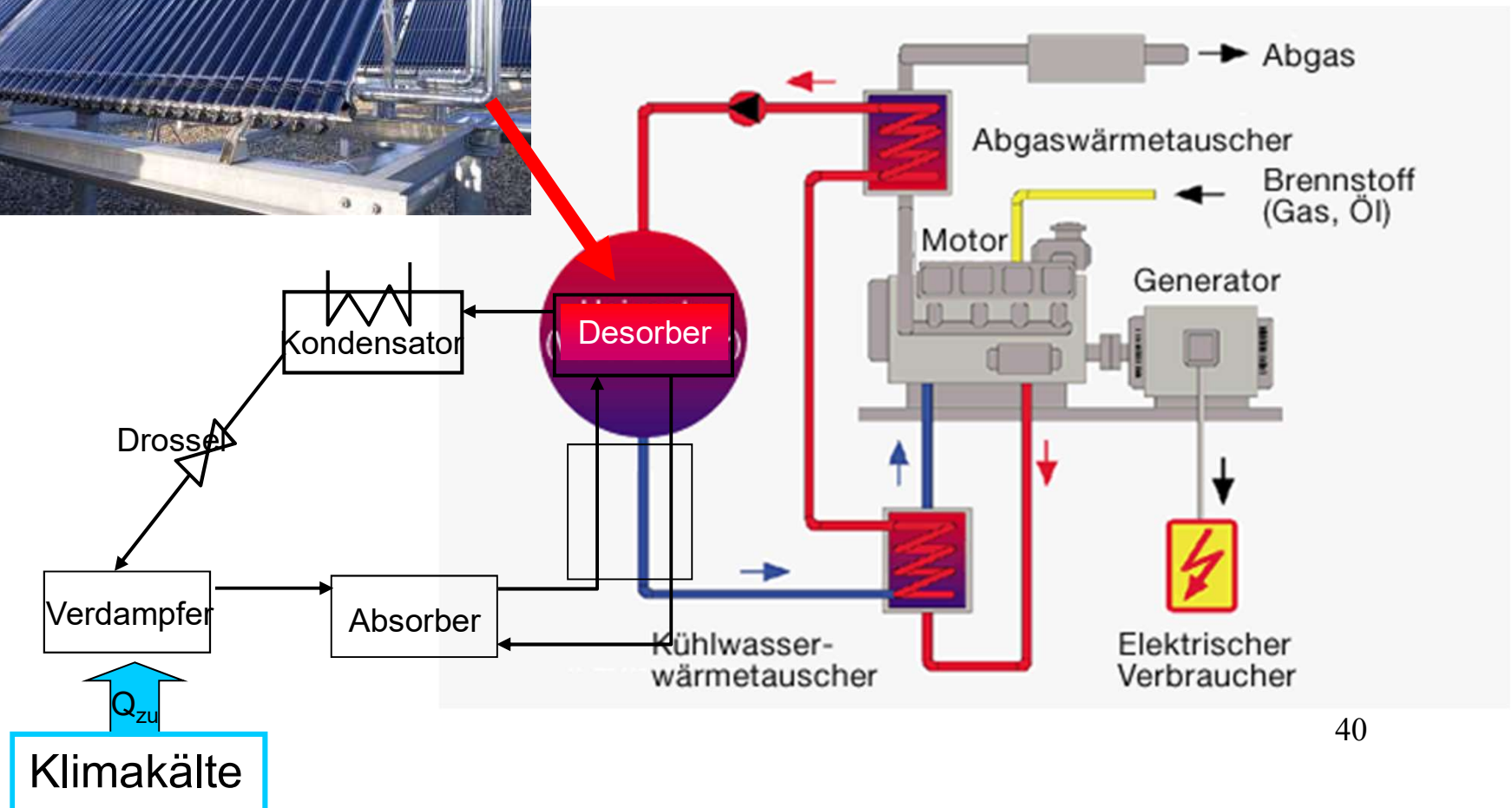
Verluste im reg.Lösungs-WÜ
werden verringert

Wärmequellen



Abwärme aus Produktionsprozessen

Direkt beheizte AWP vergeuden das Potential der HT-Verbrennungswärme (ggf. mehrstufig ausführen)

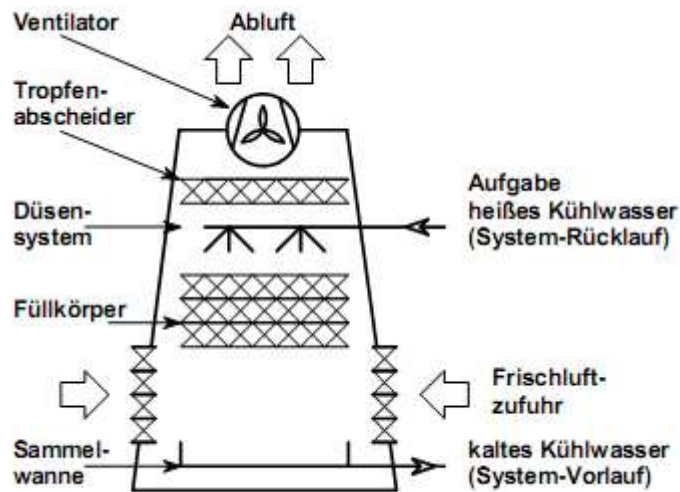


Rückkühlwerke



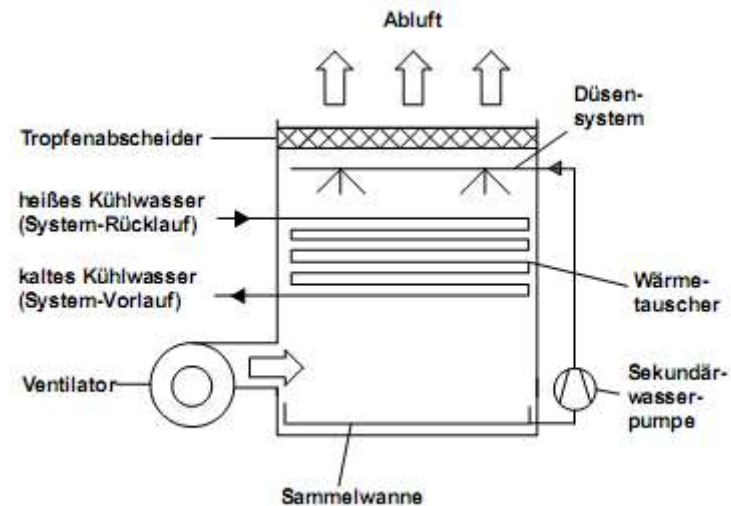
Trockener, zwangsbelüfteter Rückkühler

Geringe Rückkühltemperaturen,
große Wärmeübertragerflächen



Saugbelüfteter, offener Nasskühlturm

Kühlwasser wird über Füllkörper verrieselt



Druckbelüfteter, geschlossener Nasskühlturm

Sekundärkühlwasser kühlt Rohre oder Lamellenpaket
geringere Kühltemperaturen als im offenen K_T

N: Wasserverbrauch, Wasseraufbereitung notwendig zusätzliche Druckverluste

Adiabate Verdunstungskühlung

Befeuchten von feuchter Luft mit flüssigem Wasser

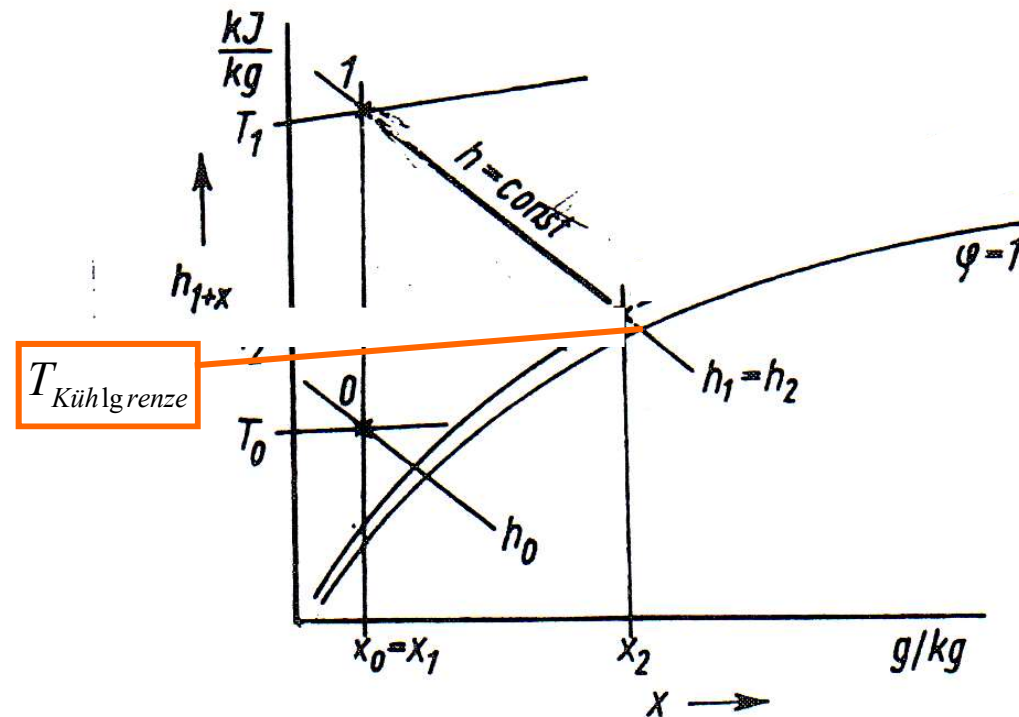
$$X_1 \dot{m}_{tL1} + \Delta \dot{m}_W = X_2 \dot{m}_{tL2}$$

$$\Delta m_W = m_{tL} (X_A - X_E)$$

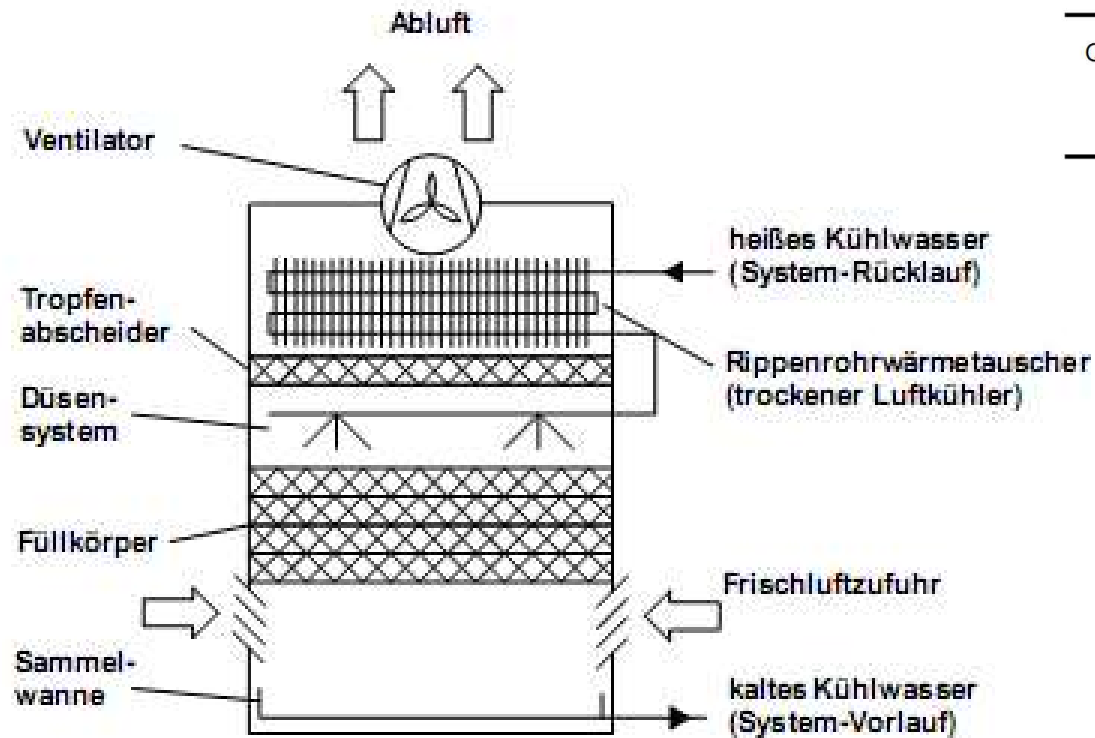
$$h_1 \dot{m}_{tL1} + h_W \Delta \dot{m}_W = h_2 \dot{m}_{tL2}$$

$$h_W = \frac{\dot{m}_{tL}}{\Delta \dot{m}_W} (h_2 - h_1)$$

$$h_W = \frac{\Delta h}{\Delta X} = \text{Anstieg im } h, x\text{-Diagramm}$$



Kühlgrenztemperatur bei befeuchten mit flüssigem Wasser ($h_W = 0$)
 Schnittpunkt der Isenthalpen mit Sättigungslinie



Hybridkühlturm

Anpassung an Aussentemperaturen, sparsamer Wasserverbrauch
keine Schwadenbildung am Austritt

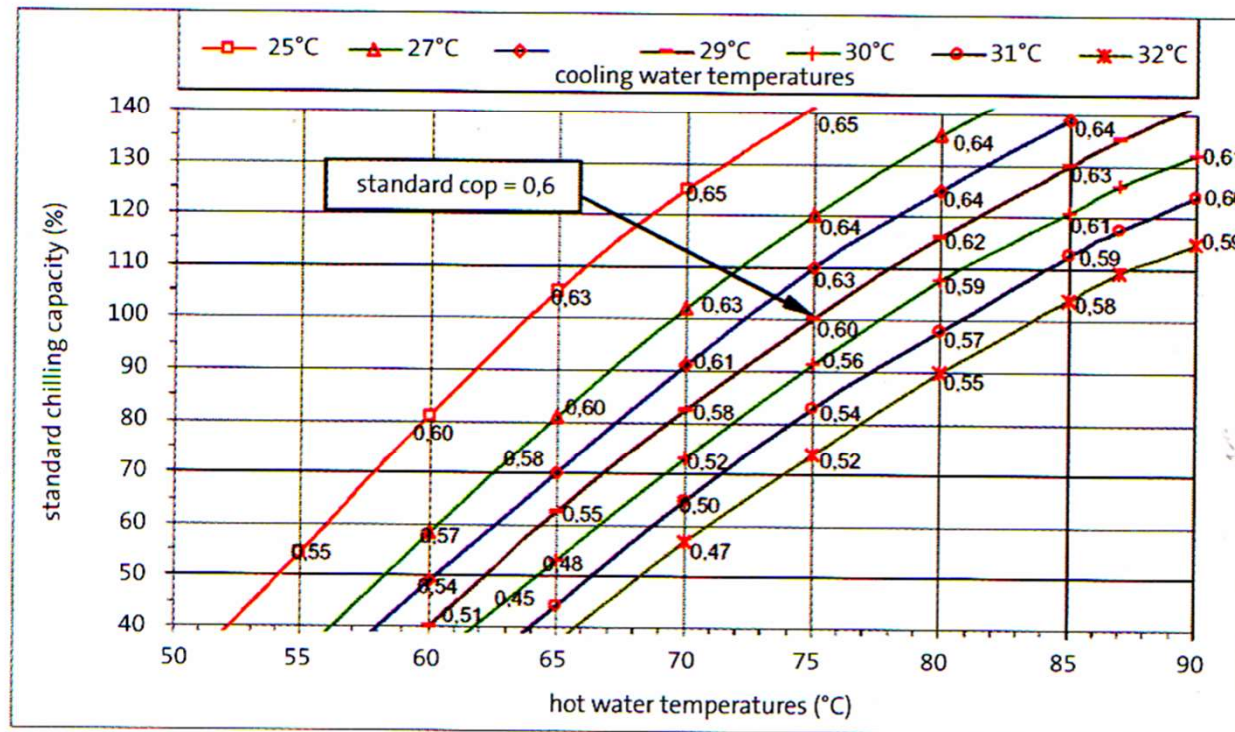
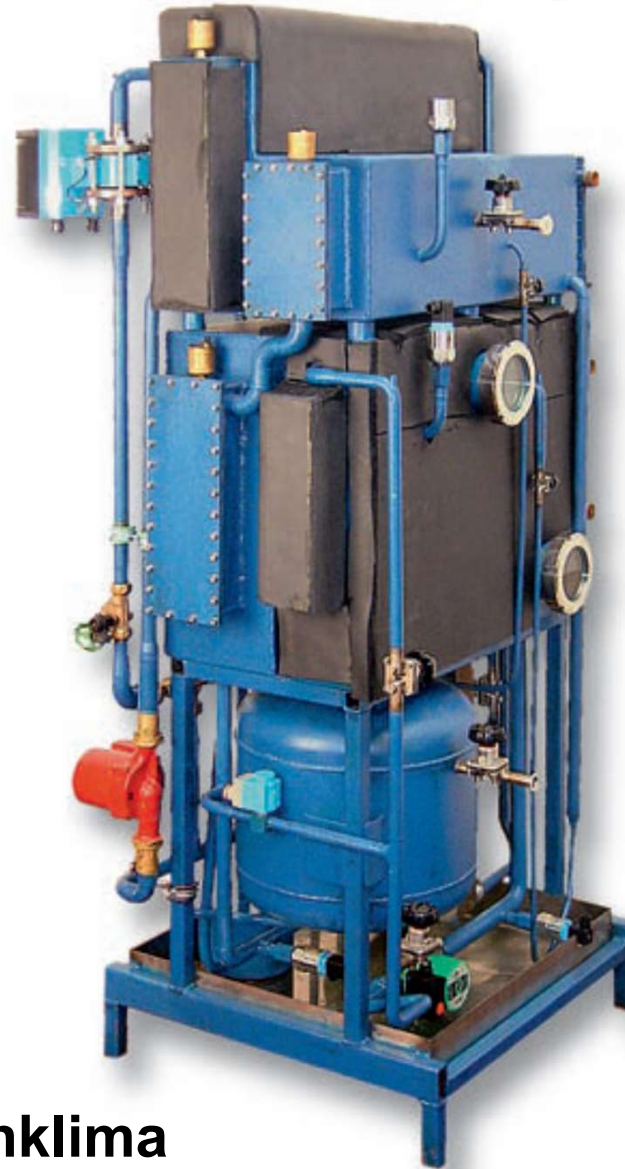


Abb. 27: Kennlinienfeld einer Adsorptionskältemaschine Mycom ADR bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen

Absorptionskühler – kleine Leistung (10 – 50 kW)



Climawell



Sonnenklima

Tabelle 1: Vergleich von marktverfügbaren Sorptionskältemaschinen kleiner Leistung

Firma	Yazaki	EAW	Sonnenklima	Rotortica	Climatewell	SolarNext	SorTech	SJTU
Produktname	WFC-SC5 / chillii® WFC18	Wegracal SE15	suniverse 10	Solar 045	Climatewell 10	chillii® PSC10	ACS 08 / chillii® STC8	SWAC-10
Technologie	Absorption	Absorption	Absorption	Absorption	Absorption	Absorption	Adsorption	Adsorption
Arbeitsstoffpaar	H ₂ O/ LiBr	H ₂ O/ LiBr	H ₂ O/ LiBr	H ₂ O/ LiBr	H ₂ O/LiCl	NH ₃ /H ₂ O	H ₂ O/Silica gel	H ₂ O/Silica gel
Kälteleistung [kW]	17,5	15	10	4,5	10	10	7,5	10
Heizwasser-Temperatur [°C]	88 / 83	90 / 80	75 / 65	90 / 85	83 / -	85 / 78	75 / 67	85 / 79
Kühlwasser-Temperatur [°C]	31 / 35	30 / 35	27 / 35	30 / 35	30 / -	24 / 29	27 / 32	30 / 36
Kaltwasser-Temperatur [°C]	12,5 / 7	17-Nov	18 / 15	13-Okt	- / 15	12-Jun	18 / 15	15-Okt
COP	0,7	0,71	0,77	0,67	0,68	0,63	0,53	0,39
Abmessungen (BxTxH) [m x m x m]	0,60 x 0,80 x 1,94	1,75 x 0,76 x 1,75	1,13 x 0,80 x 1,96	1,09 x 0,76 x 1,15	1,20 x 0,80 x 1,60	0,80 x 0,60 x 2,20	0,79 x 1,06 x 0,94	1,80 x 1,20 x 1,40
Gewicht [kg]	420	660	550	290	875	350	260	1.600
Elektrische Leistungsaufnahme [W]	72	300	120	1.200 (inkl. Ventilator)	170	300	57	200

Tabelle 2.1: Übersicht über solarthermisch beheizbare Sorptionskälteanlagen

Technologie	Absorptionskälte LiBr/Wasser	Absorptionskälte Wasser/Ammoniak	Adsorptionskälte Silicagel/Wasser
Kältemittel	H ₂ O	NH ₃	H ₂ O
Sorptionsmittel	LiBr	H ₂ O	Silicagel
Kälteträger	Wasser	Wasser-Glykol	Wasser
Bauart	Single-Effect (SE)	Single-Effect (SE)	Single-Effect (SE)
Kältetemperaturbereich	5 bis 20 °C	-60 bis +20 °C	5 bis 20 °C
Heiztemperaturbereich	80 bis 140 °C	100 bis 140 °C	55 bis 100 °C
Kälteleistungsbereich	35 bis 5.000 kW	80 bis 1.000 kW	50 bis 450 kW
Leistungszahlen	0,6 bis 0,75	0,6 bis 0,7	0,4 bis 0,65

Tabelle 2.2: Absorptionskälteanlagen Wasser/Lithiumbromid

Hersteller	Vertrieb in Deutschland durch:	Bauart / Antrieb	Kälteleistung	Typ
Carrier	Carrier GmbH & Co.KG	SE, Heizwasser	158 bis 1.288 kW	RCH
		SE, Heizwasser, Dampf	330 bis 4.900 kW	16JB, JH
Broad	Gesellschaft für GasKlima mbH	SE, Heizwasser, Dampf, oder Abwärme	105 bis 5.500 kW	IFA-BD
EAW	EAW Energieanlagenbau GmbH	SE, Heizwasser	50 bis 200 kW	WEGRACAL
Thermax	Axima Refrigeration GmbH	SE, Heizwasser	35 bis 280 kW	Cogenis LT
		SE, Heizwasser	350 bis 850 kW	Prochill LT
Trane	Trane Klima- und Kälte-technisches Büro GmbH	SE, Heizwasser, Dampf	400 bis 1.830 kW	ABSC
Yazaki	York International GmbH & Co. KG	SE, Heizwasser	35 kW	WFC10
Yazaki	Maya S.p.A.	SE, Heizwasser	115 kW	WFC30R
York	York International GmbH & Co. KG	SE, Heizwasser, Dampf	200 bis 4.850 kW	YIA

Tabelle 2.3: Absorptionskälteanlagen Ammoniak/Wasser

Hersteller	Vertrieb in Deutschland durch:	Bauart / Antrieb	Kälteleistung	Typ
Colibri	Colibri B.V.	SE, Heizwasser, Dampf, oder direktgefeuert	100 bis 800 kW	ARP-S
Mattes	Mattes AG Absorptionskälte	SE, Heizwasser, Dampf, oder direktgefeuert	80 bis 1.000 kW	AK...

Tabelle 2.4: Adsorptionskälteanlagen Wasser/Silicagel

Hersteller	Vertrieb in Deutschland durch:	Bauart / Antrieb	Kälteleistung	Typ
Mayekawa	Albring Industrievertretung GmbH	SE, Heizwasser	70 bis 352 kW	Mycom ADR
Nishiyodo	GBU Gesellschaft für Bodenanalytik und Umwelttechnik mbH	SE, Heizwasser	50 bis 430 kW	NAK