

Grüezi
miteinand





Wärmerückgewinnung:

forum **energie** zürich



Betriebsoptimierung der WRG von Lüftungsanlagen

16.05.2018 17:45 17:45 - 19:15

ewz Vortragssaal

Themen:

- **Gebräuchliche WRG Systeme und deren Eigenheiten
.....oder was kann eine WRG leisten?**

- SIA 382/1 und Definition der WRG Leistung
- Frostschutz der WRG (Eisbildungsgrenze und ihre Folgen)
- Filterschutz
- Optimierungen, Nachrüstungen,

- Referent: Kurt Hildebrand, Prof. Dipl. HLK-Ing. FH, SIA, SWKI, VDI
- Version 16. Mai 2018



Wärmerückgewinnung und Betriebsoptimierung

Was ist BO

- *Die Definition im sia*
 - Massnahmen zur Effizienzsteigerung
 - Pay-Back 2 Jahre
 - Kostengünstig
 - Ohne merkliche Komforteinbusse

.....*ist sicher zu kurz gegriffen*
- Was ist mit Suffizienz, Wirtschaftlichkeit, Effektivität anstatt Effizienz?
.....*was macht die BO aus?*

8
4
20
2

Wärmerückgewinnung:

Regelwerke:

Es gilt immer die neuste Version
Stichtag gültige Baubewilligung

- SIA 382/1 Allgemeine Grundlagen der Lüftungs- und Klimatechnik
- SWKI VA300-01 Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen
- SWKI VA104-01 Hygienische Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte
- SIA 2028 Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik
- SIA 2048 Energetische Betriebsoptimierung

Revidierten Normen SIA 180 und 382/1

- Gilt für Nichtwohnungsbauten UND Wohnungsbauten



Definition Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

- **Wärmerückgewinnung:**
- Die WRG entnimmt der Fortluft die Wärmeenergie und führt diese der zu erwärmenden (kühlen) Aussenluft zu.
- Ein „Prozess“ –Vorgang, der intern der Lüftungsanlage stattfindet. Die anfallende Wärme kann in Echtzeit sofort wieder verwendet werden.

- **Abwärmenutzung:**
- Die AWN führt der AUL Wärme- und/oder Kälteenergie zu. Dies ist als prozessübergreifender Vorgang zu verstehen.
- Oft wird es bei der AWN nötig, technische Zwischenspeicher zu schaffen, da die Energieübertragung nicht in Echtzeit erfolgt. Ein klassisches Beispiel ist die Abwärme einer gewerblichen Kältemaschine. Diese Wärme wird in einem technischen Speicher „eingelagert“ um danach wieder verwendet zu werden – z.B für die BWW Erwärmung.
- Zukünftig stehen auch saisonale Speicher wie z.B. Erdsondenfelder zur Verfügung.



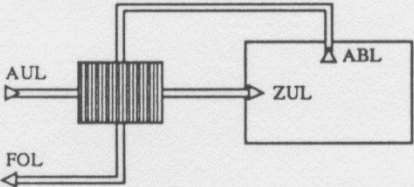
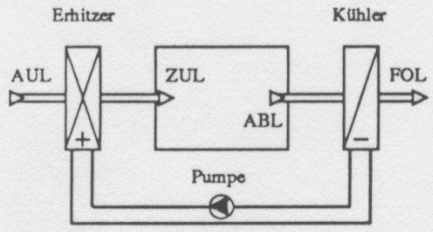
WRG-Systeme mit **Austauschflächen**

WRG-Systeme mit **Speichermasse**

- **WRG-Systeme mit Austauschflächen**
- werden auch **rekuperative** WRG-Systeme genannt. Sie übertragen vorwiegend fühlbare Wärme.
- Platten- und Rohr- Wärmeübertrager
- Kreislaufverbundsysteme (KVS) (Wasser-Glykol-Systeme)
- Wärmepumpe
- Heat Pipe (Wärmerohr) - wird heute selten bis gar nicht eingesetzt

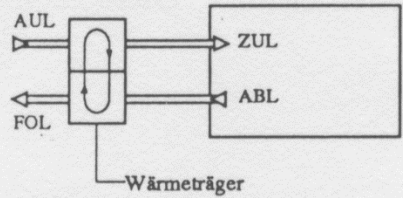
- **WRG-Systeme mit Speichermasse**
- werden auch **regenerative** WRG-Systeme genannt. Sie übertragen fühlbare und latente Wärme. Damit die latente Wärme übertragen werden kann muss die Speichermasse entsprechend konfiguriert sein.
- Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierendes Wärmerad)
- Spezielle Membran - Plattenwärmeübertrager

WRG – Eine generelle Übersicht

Bezeichnung	Vorteile	Nachteile
<p>1. Platten-, Rohr-, Waben-Austauscher</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine beweglichen Teile - Geringe Störanfälligkeit - Hohe Lebensdauer - Für kleine Luftströme wirtschaftlichste Lösung (<5000 m3/h) - Versch. Materialien möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Standortgebunden, d.h.FOL muss zu AUL geleitet werden - Bei Defekt = Kontamination - Ohne Bypass keine direkte Temperatur-Regulierung möglich - Einfriergrenze bei rel. hohen Aussentemp. (ca. -4°C) sofern Taupunktunterschreitung - Bei feuchter ABL besteht ohne Gegenmassnahmen Vereisungsgefahr
<p>2. Kreislaufverbundenes WRG-System</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Vollkommene Trennung der Luftströme (keine Kontamination FOL-ZUL möglich) - Flexibilität durch getrennte AUL-FOL in der Anlageposition - Einfache Temperatur-Regulierung - Einsatz versch. Materialien - Zusammenfassung mehrerer Anlagen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Überwachung der Mediumqualität im Zwischenkreislauf (Korrosionsgefahr, Wasser-Glykol) - Bei feuchter ABL besteht ohne Gegenmassnahmen Vereisungsgefahr - Bei kleinen Luftmengen rel. hoher Aufwand für Verbindungsleitungen und Pumpe notwendig

WRG – Eine generelle Übersicht

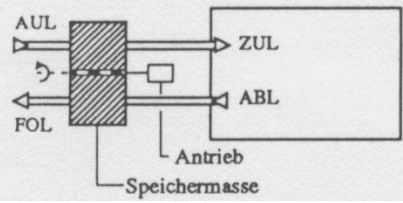
3. Wärmerohr d.h.:
Lamellierte Austauscher mit Kältemittel als Wärmeträger (Heatpipe)



- Kleine Einbautiefe

- Standortgebunden AUL/FOL
- Eingeschränkte Temperatur-Regulierung
- Bei Defekt = Kontamination
- Bei feuchter ABL besteht ohne Gegenmassnahmen Vereisungsgefahr
- Meist rel. kleine Wirkungsgrade

4. Rotierende Wärmeaustauscher mit nicht hygroskopischer Speichermasse

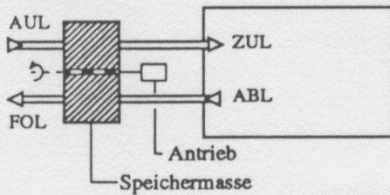


- Gute Leistungsregulierung
- Hoher Wirkungsgrad möglich
- Kleine Einbautiefe

- Standortgebunden AUL/FOL
- Geruchsübertragung möglich (z.B. Küche)
- Feuchteübertragung bei Taupunktunterschreitung
- je nach Ventilatorschaltung (stat. Druckdifferenz) hohe Leckluftströme (→ Energieverlust) oder Umluft-Beimischung

WRG – Eine generelle Übersicht

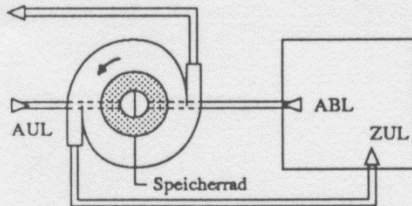
5. Rotierende Wärmeaustauscher mit hygroskopischer Speicher-masse



- Gute Leistungsregulierung
- Hoher Wirkungsgrad möglich
- Kleine Einbautiefe
- Feuchtaustausch möglich
- Hoher Sommernutzungsgrad

- Standortgebunden AUL/FOL
- Geruchsübertragung möglich (z.B. Küche)
- je nach Ventilatorschaltung (stat. Druckdifferenz) hohe Leckluftströme (→ Energieverlust) oder Umluft-Beimischung

6. Kapillarventilator



- Gleichzeitige Förderung von AUL-FOL-Strömen
- Filtrierung des Luftstromes im Laufrad
- Kompakte Bauweise

- Hohe Leckverluste zwischen AUL- und FOL
- Begrenzter Leistungsbereich
- Wartungsintensiv je nach Luftqualität
- Keine direkte Temperaturregulierung möglich
- Laufgeräusche
- Niedriger Ventilatorwirkungsgrad
- Nur für kleinere Luftströme

WRG – Zuordnung der Wärme / Energie

- **Begriffe und Definition**

- **Temperaturänderungsgrad**

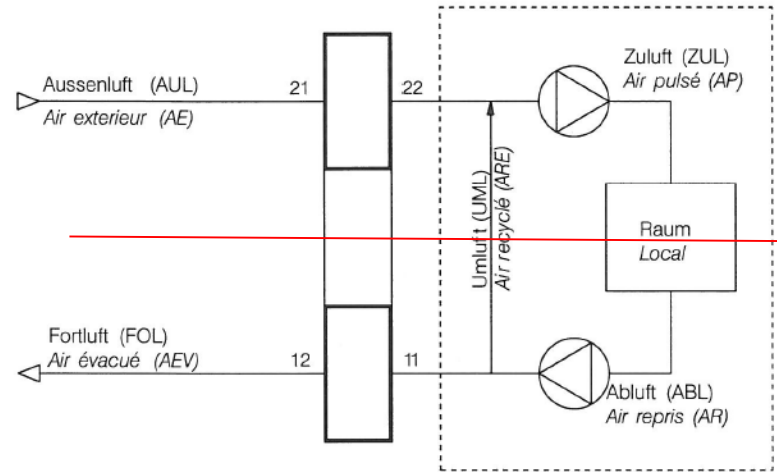
$$\eta_{t,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot c_2 \cdot (t_{22} - t_{21})}{\dot{m}_2 \cdot c_2 \cdot (t_{11} - t_{21})} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} = \Phi_2$$

- **Feuchtegehalts-Änderungsgrad**

$$\eta_{x,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot r_2 \cdot (x_{22} - x_{21})}{\dot{m}_2 \cdot r_2 \cdot (x_{11} - x_{21})} = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} = \Psi_2$$

- **Enthalpie-Änderungsgrad**

$$\eta_{h,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot (h_{22} - h_{21})}{\dot{m}_2 \cdot (h_{11} - h_{21})} = \frac{h_{22} - h_{21}}{h_{11} - h_{21}} = \Theta_2$$



Temperaturänderungsgrad

- Der Temperaturänderungsgrad η_t oder die Rückwärmezahl ϕ_2 eines Wärmerückgewinners werden im Allgemeinen auf die Aussenluftseite bezogen.

$$\eta_{t,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,\max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot c_2 \cdot (t_{22} - t_{21})}{\dot{m}_2 \cdot c_2 \cdot (t_{11} - t_{21})} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} = \Phi_2$$

- Die Rückwärmezahl ist von der Art der Wärmerückgewinners, vom **Massenstromverhältnis** und von den Betriebsbedingungen abhängig. Bei WRG-Systemen, die **keine Feuchte** übertragen, erhöht sich der Temperatur-Änderungsgrad **bei Unterschreitung** der **Taupunkt**temperatur in der Abluft (Kondensat Bildung)

Temperaturänderungsgrad und einzusetzende Ablufttemperatur

- Bei welcher AUL-Temperatur wird die WRG ausgelegt. (SIA 382/1)
 - Der **Temperatur-Änderungsgrad** der Wärmerückgewinnung muss auch ohne Kondensation **immer (?) mindestens 70 %** erreichen. Die **Messung** soll im Normalfall bei den Auslegungsluftmengen und Aussenluft-temperaturen **um 5°C** erfolgen.
- Welche Lufteintrittstemperatur in den FOL-Wärmeübertrager wird bei der Auslegung wirklich verwendet – Auslegungen sauber definieren nach SWKI
 - Abluft-Temperatur δ_{ABL} bei **Mischlüftungssystemen**
= minimale Raumtemperatur
 - Abluft-Temperatur δ_{ABL} bei **Quelllüftungssystemen**
= minimale Raumtemperatur + 1 K



Anforderung Wärmerückgewinnung

- Der **Temperatur-Änderungsgrad** der Wärmerückgewinnung muss auch ohne Kondensation **immer (?) mindestens 70 %** erreichen. Die Messung soll im Normalfall bei den Auslegungsluftmengen und Aussenlufttemperaturen **um 5°C** erfolgen. Bei Messungen bei tieferen Aussenlufttemperaturen ist sicherzustellen, dass im Wärmerückgewinnungssystem **keine Kondensation** erfolgt.
- Bei **Wohnungslüftungsgeräten** muss das Temperaturverhältnis bezogen auf die Zuluftseite **mindestens 75 %** erreichen.
- Einfache Abluftanlagen sind soweit als möglich und zweckmässig mit einer Abwärmenutzung auszurüsten. Bei **Abluft aus warmen Räumen** mit einem Luftvolumenstrom **über 1000 m³/h** und einer Betriebszeit von **mehr als 500 h/a** sind einfache Abluftanlagen **immer** mit einer Abwärmenutzung auszuführen, sofern ein geeigneter Abnehmer vorhanden ist. Mehrere getrennte einfache Abluftanlagen im gleichen Gebäude gelten als eine Anlage, ..

Feuchtegehaltänderung

- Der Feuchtegehalts-Änderungsgrad η_x oder die Rückfeuchtezahl Ψ_2 eines Wärmerückgewinners werden im Allgemeinen auf die Aussenluftseite bezogen.

$$\eta_{x,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,\max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot r_2 \cdot (x_{22} - x_{21})}{\dot{m}_2 \cdot r_2 \cdot (x_{11} - x_{21})} = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} = \Psi_2$$

- Die Rückfeuchtezahl ist von der Art der Wärmerückgewinners, vom Massenstromverhältnis und von den Betriebsbedingungen abhängig

Enthalpie-Änderungsgrad

- Der Enthalpie-Änderungsgrad η_h (Rückenthalpiezahl Θ) eines Wärmerückgewinners kann mit der Enthalpie h gleich wie der Temperatur-Änderungsgrad hergeleitet werden.

$$\eta_{h,2} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_{2,\max}} = \frac{\dot{m}_2 \cdot (h_{22} - h_{21})}{\dot{m}_2 \cdot (h_{11} - h_{21})} = \frac{h_{22} - h_{21}}{h_{11} - h_{21}} = \Theta_2$$

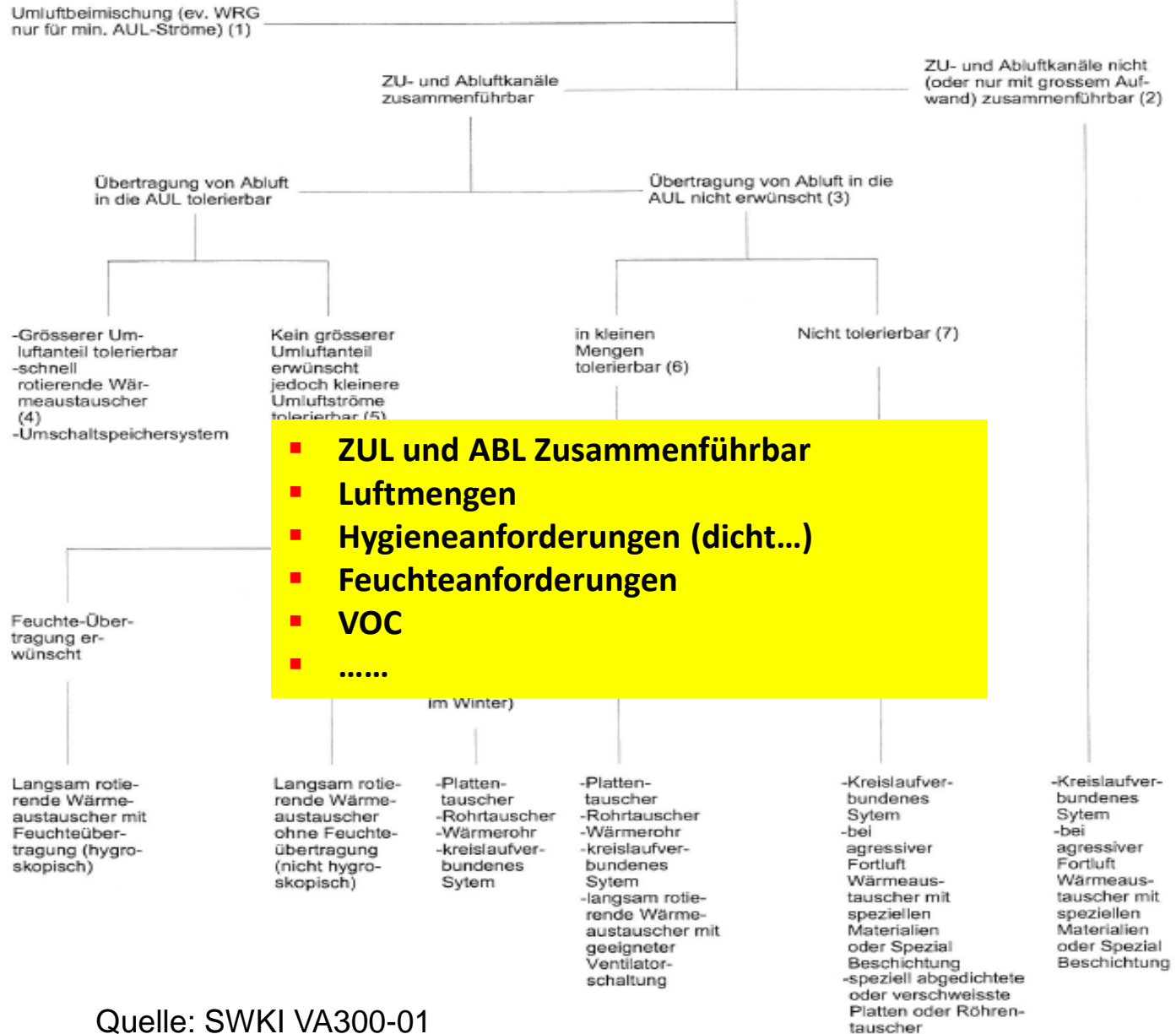
- Die Rückenthalpiezahl ist von der Art der Wärmerückgewinners, vom Massenstromverhältnis und von den Betriebsbedingungen abhängig.

Jahresnutzungsgrad (JNG)

- Der Jahresnutzungsgrad **JNG** besagt, welcher Anteil des jährlichen Energiebedarfs für die Erwärmung der Aussenluft (AUL) , **inkl. Energieaufwand für allfällige Befeuchtung** mit der WRG **netto** eingespart werden kann.

$$JNG = \frac{\text{Netto-Energierückgewinn WRG pro Jahr}}{\text{Energiebedarf}^{(1)} \text{ (ohne WRG) pro Jahr}}$$

Auswahlkriterien WRG-System



- ZUL und ABL Zusammenführbar
- Luftmengen
- Hygieneanforderungen (dicht...)
- Feuchteanforderungen
- VOC
-

Auswahlkriterien WRG-System

- (1) Grund: Umluftbeimischung
Keine eigentliche WRG-Anlagen jedoch wirtschaftlichste
Möglichkeit der Energieeinsparung
- (2) Grund: Bauliche Gegebenheiten
 - Distanz zwischen Aussenluft- und Fortluft-Kanälen
 - Platzbedarf und Kosten für das Zusammenführen von Aussen- und Fortluft
(vor allem bei grösseren Luftmengen)
- (3) Grund: Kontaminierte Fortluft jeglicher Art.
- (4) Grund: Schnell rotierende Wärmeaustauscher nur bei kleineren Luftmengen möglich
- (5) Grund: Minimaler Aussenluft-Anteil pro Person
- (6) Grund: Ungefährliche oder nur wenig geruchsbelastete Fortluft
- (7) Grund: Geruchsbelastete, giftige, radioaktive oder aggressive Fortluft
Aus Sicherheitsgründen vollständige Trennung von Aussen- und Fortluft, auch im Pannenfall
(Frost- oder Montageschäden, Vibrationen, Alterung der Dichtmasse, «Kriechen» von Kunststoffen)

Tabelle 1: Auswahltablelle

26

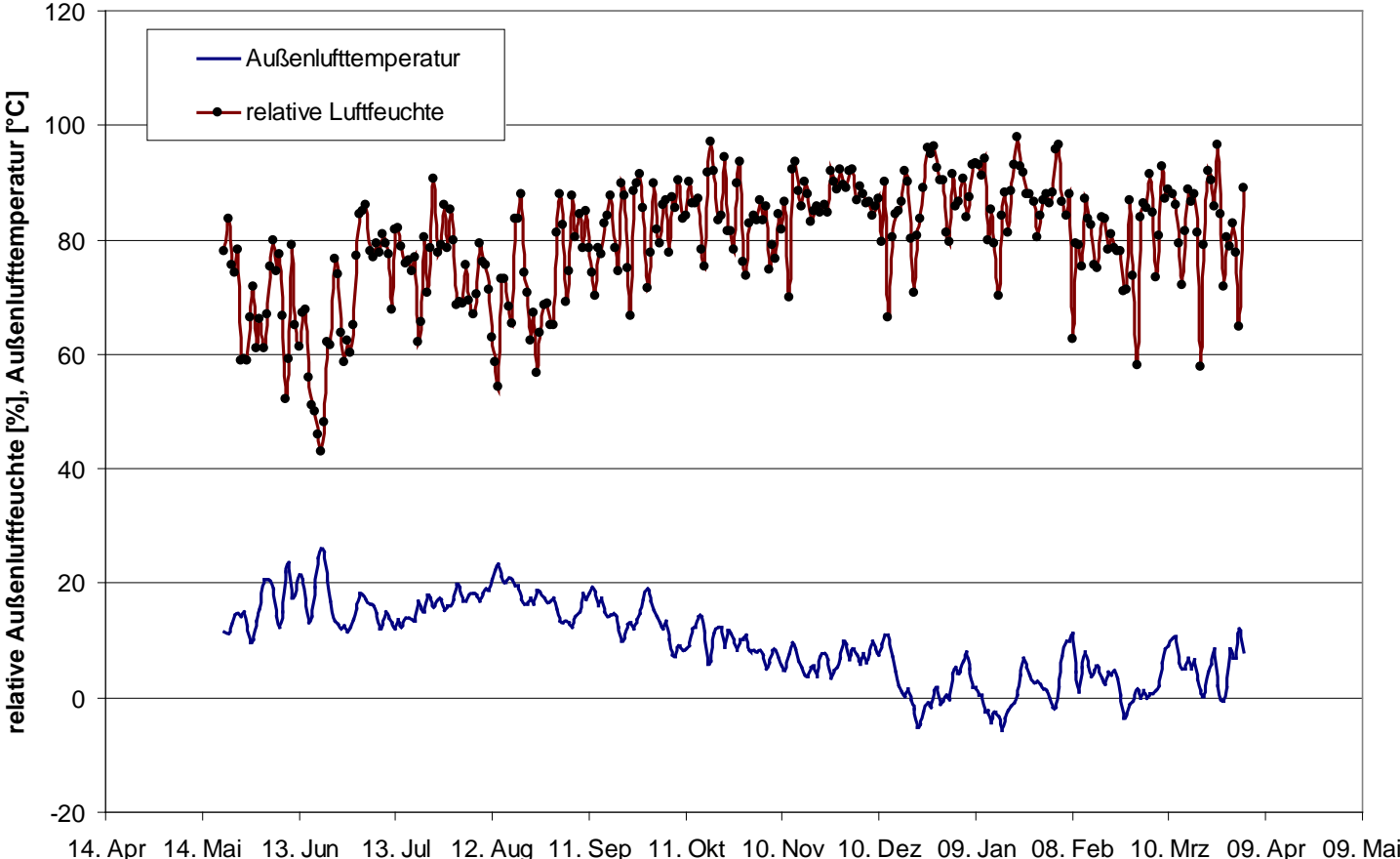
Intermezzo WRG und Filterschutz / Defroster

Stichworte

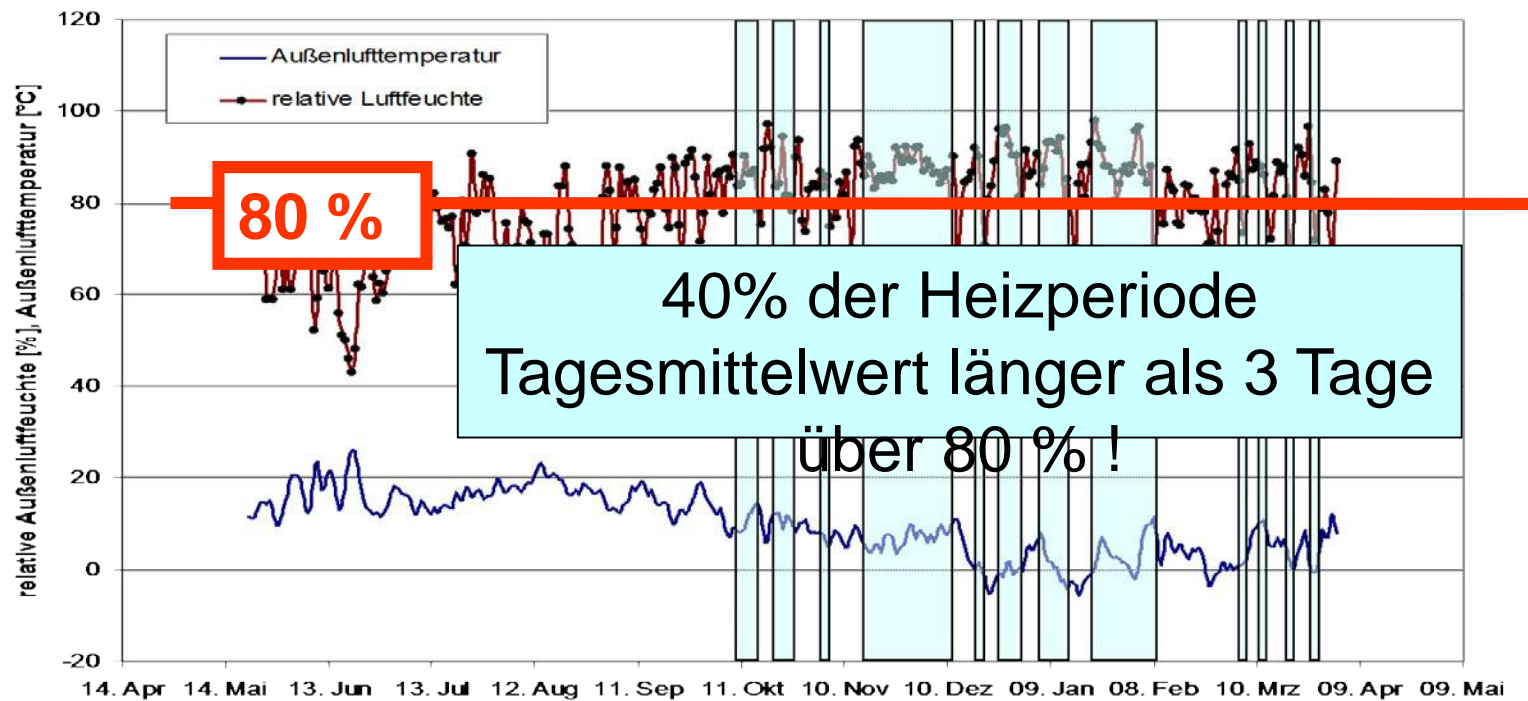
- Kreislaufverbund-System
- Erdluftregister
- Erdsonden
- UML zurückführen
- Defroster LE 3 K ab $< 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
-



Tagesmittelwerte der relativen Aussenluftfeuchte



Messdaten der relativen Außenluftfeuchte (2000/2001)



Beispiele

- **Phase 1:**
Relative Luftfeuchte liegt unter 60 %, vegetative Mikroorganismen sterben nach kurzer Zeit ab.
- **Phase 2:**
Relative Luftfeuchte zwischen 60 % und 90 %, vegetative Mikroorganismen sterben ab, während Sporen von Bakterien und einigen Pilzarten auf dem Luftfilter lebens- und vermehrungsfähig bleiben.
- **Phase 3:**
Relative Luftfeuchte über 90 %, Sporenkeimung und Wachstum, Vermehrung, falls die Zeit hierfür lange genug ist.
- **Phase 4:**
Relative Luftfeuchte sinkt unter 90 %, alle vegetativen Mikroorganismen sterben ab.

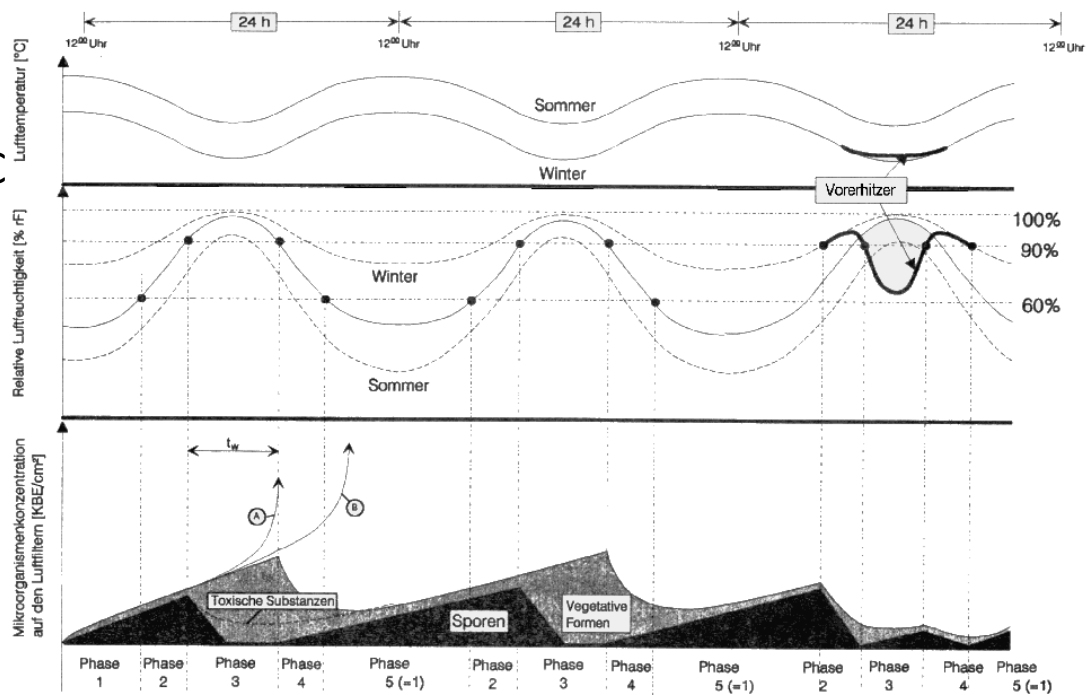
Zurück zur Wärmerückgewinnung

- Wärmerückgewinnungsanlagen müssen die Anforderungen gemäss SWKI VA300-01 erfüllen.
- Die WRG entnimmt der Fortluft die Wärmeenergie und führt diese der zu erwärmenden (kühlen) Aussenluft zu (ein „prozessinterner“ Vorgang).
- Wir **unterscheiden** die drei gebräuchlichsten WRG-Systeme:
 - Plattenwärmeaustauscher
 - Kreislauf-Verbund-System (KVS)
 - Rotierender Wärmeaustauscher
- Wärmepumpe ist keine offizielle WRG

Intermezzo WRG und Filterschutz / Defroster

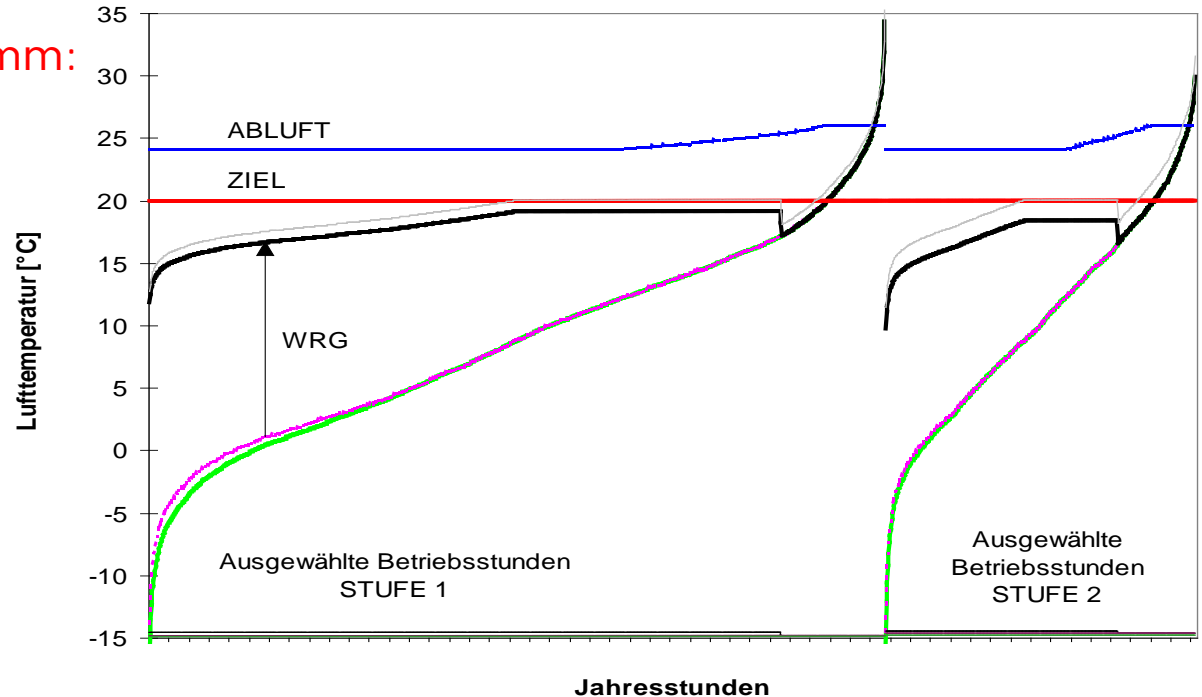
Außenluftfeuchte und Mikroorganismen auf Luftfiltern

- **Stichworte**
- Kreislaufverbund-System
- Erdluftregister
- Erdsonden
- UML zurückführen
- Defroster LE 3 K ab $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
-



Wärmerückgewinnung Merkmale Dimensionierung und Prozessdiagramm (Beispiel)

- $\Delta p < 100 \text{ Pa}$ (Ventilatorstrom)
- Φ (bzw. Energie: DG) 75 - 95 %
- Dichte Ausführung („UML“),
- Kreuzgegenstrom-WT für hohe Leistungen
- **Prozessdiagramm:**



Wärmerückgewinnung und AUL - Erdluftansaugung

Aufgabe:

- Energieeinsparung
- Frostschutz für Filter und WRG
($\varphi < 90 \%$; VDI 6022: $\varphi < 80 \%$)

Merkmale:

- $L > 20 \text{ m}$,
- $w \text{ ca. } 1 \text{ m/s}$,
- dichte Rohre (Radon),
- Gefälle, hygienisch unbedenklich
- im Aushubbereich einlegen,
- Kosten/Nutzen ELR-WRG

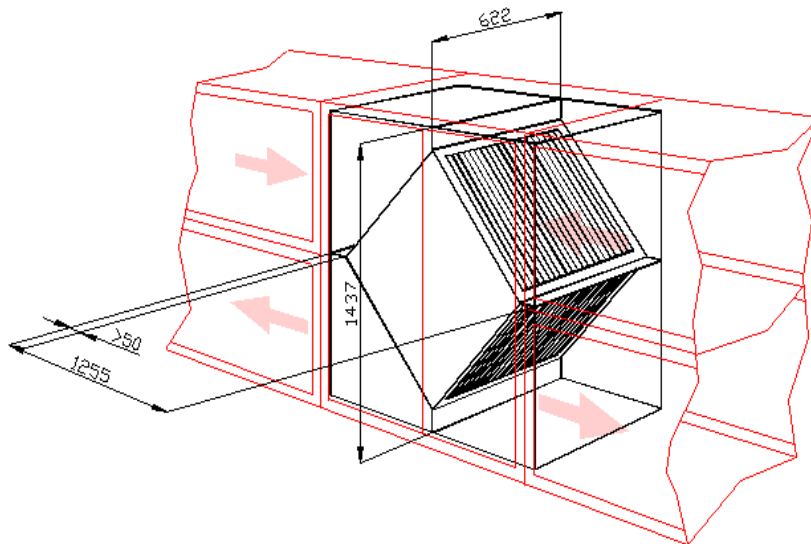
Geschichte:

- der 45 % - WRG 1985 und den gigantischen Erdregistern
 - Luftmengen – SFP – und ungenügende Luftqualität – SIA, Minergie..
 - Vorlesung Wohnungslüftung



Plattenwärmeaustauscher

- Ohne Feuchteübertragung
- Bei dichter Bauweise (zwischen den Platten und Gehäuseeinbettung) keine Schadstoffübertragung
- Wohn- und Verwaltungsbau



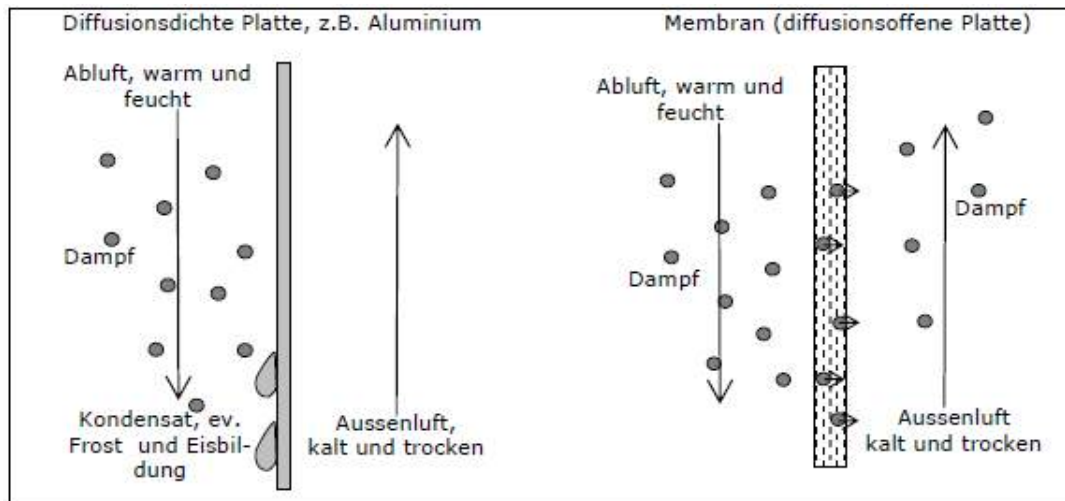
Quelle: Polybloc

Plattenwärmeaustauscher Membran

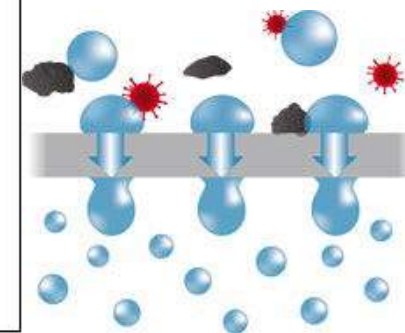
- Mit Feuchteübertragung
- Bei dichter Bauweise keine Schadstoffübertragung ?
- Wohn- und Verwaltungsbau



Quelle: Polybloc



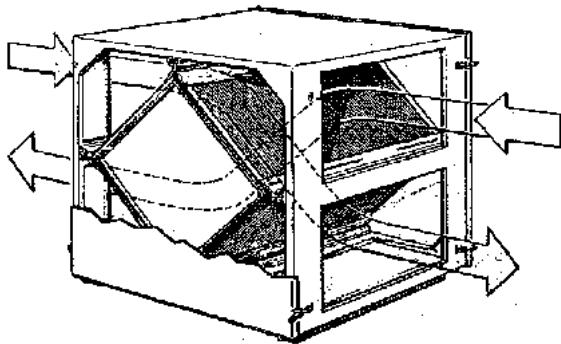
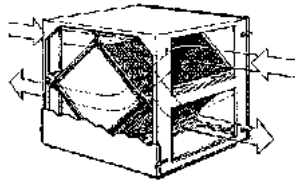
Quelle: Prof. Heinrich Huber



Quelle: Polybloc

Plattenwärmeaustauscher

- Einflüsse bei Plattenwärmeaustauscher



$$\Phi = f \text{ (Grösse, Länge)}$$

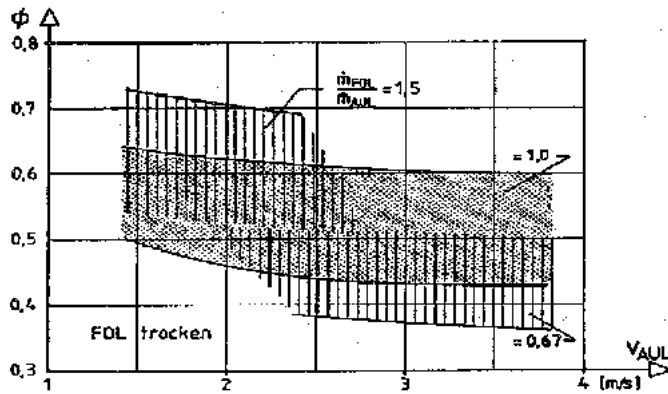
$$\Phi = f \text{ (WL)}$$

$$\Phi = f \text{ (Teilung)}$$

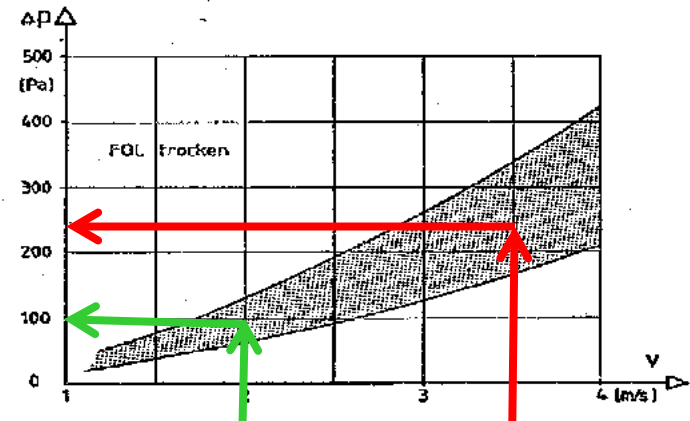
$$\Delta p_{\text{Luft}} = \text{dito}$$

Plattenwärmeaustauscher

- Einflüsse bei Plattenwärmeaustauscher



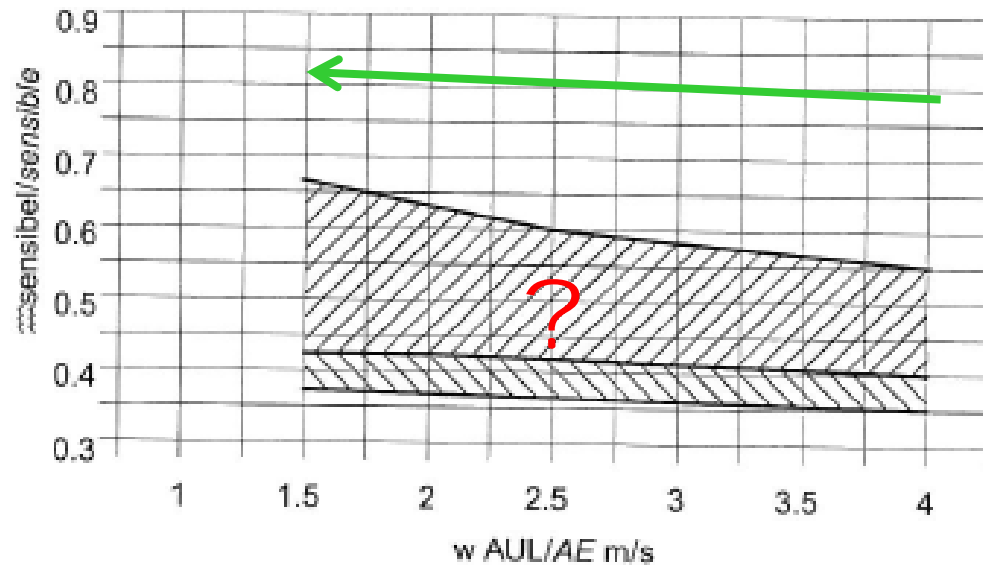
Bereiche für die Rückwärmzahlen bei unterschiedlichen Plattenteilungen



Bereiche für die luftseitigen Druckverluste bei unterschiedlichen Plattenteilungen

Plattenwärmeaustauscher

- Typische Wirkungsgrade, Kreuz- (Gegenstrom) - Wärmeübertrager

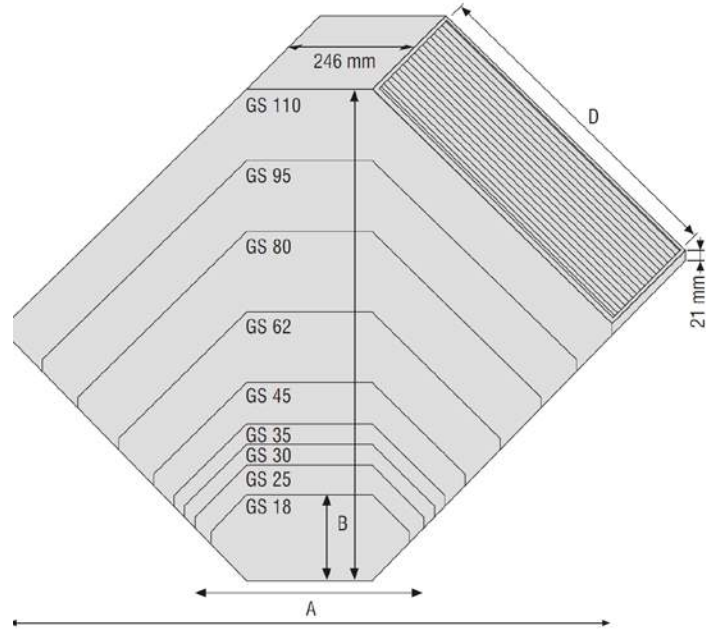


Platten-Wärme-Übertrager

Auslegung

Einsatz

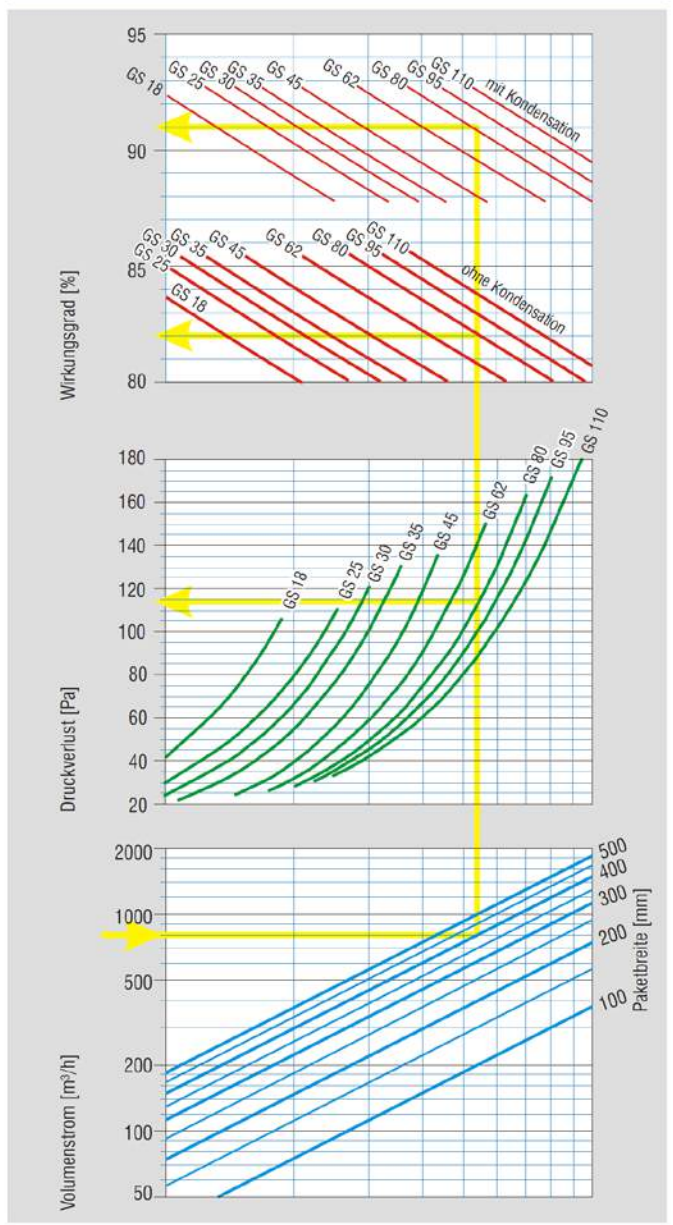
- raumlufttechnische Anlagen
- kontrollierte Wohnraumlüftung
- vollständige Trennung der Luftströme
- Wärmerückgewinn im Winter
- Kälterückgewinn im Sommer



Abmessungen

	A [mm]	B [mm]	D [mm]
GS 18	397	172	93
GS 25	454	230	134
GS 30	496	271	163
GS 35	537	312	193
GS 45	619	394	249
GS 62	758	534	347
GS 80	899	674	447
GS 95	1040	815	547
GS 110	1182	957	647

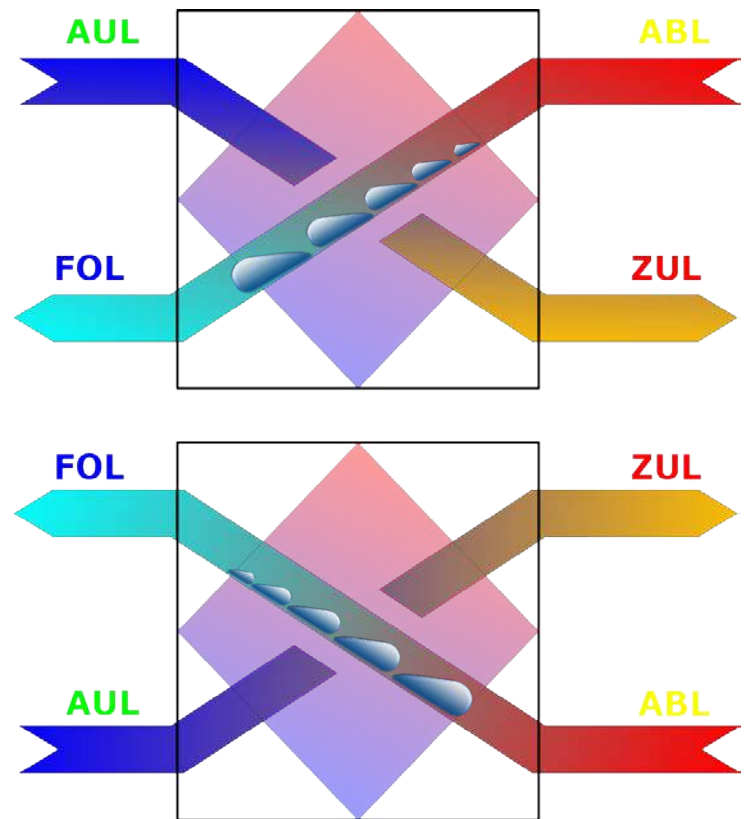
Leistungsdiagramm




Quelle: Klingenburg

Plattenwärmeaustauscher – Einbau / Schaltung

- Position „kalte Ecke“
- **Richtig:**
- Kondensat läuft gut ab
- **Falsch:**
- Längere Verweilzeit Wasser (gegenströmende Luft)
- Grössere Einfriergefahr
- Höherer Druckverlust



Plattenwärmeaustauscher

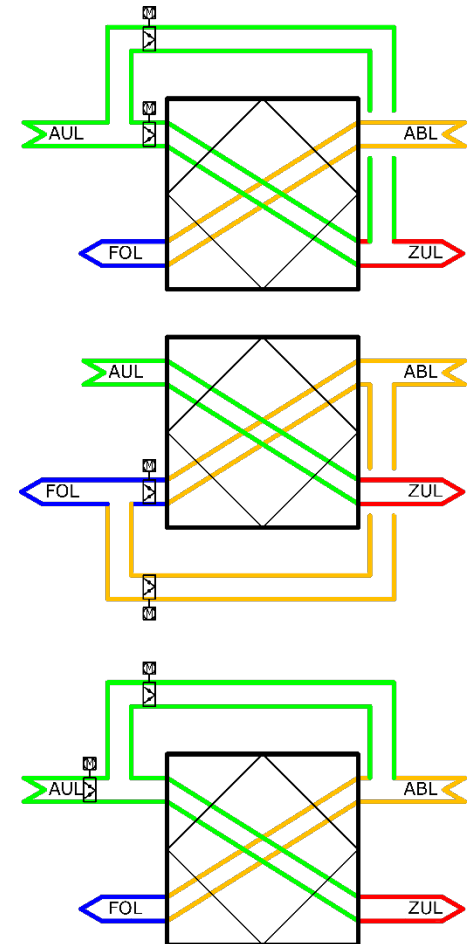
		Auftragsbestätigung A212.83475_11			Datum 31.07.2012 Blatt 1			Aufstellung 400 m.Ü.M. 966 mber		
		<ul style="list-style-type: none"> Temperaturänderungsgrade > 80 % (trocken) 			Schallleistungsaustausch			WfZue el. 044/7100808		
Liefertermin	Anzahl	Typ	Gewicht		Geräteposition					
	1 Stk.	SHG 0.8	880 mm 680 mm gem. Skizze 270 kg		Zuluft 11-1					
Luftvolumenstrom	Schalleistungspegel saugseitig 63 - 8000 Hz total		Schalleistungspegel druckseitig 63 - 8000 Hz total		Druckverlust intern		Pa			
540 m3/h	dBA		dBA		total		132			
1	Staubfilterteil		Luftvolumenstrom	Filterklasse	Druckverlust		Druckverlust		61	
			540 m3/h	F7	Anfang 42 Pa		Ende 100 Pa			
1	Satz Filter		Filterart	Anz./Typ Filterzellen	Anz./Typ Filterzellen		Filterfläche			
	Fabr. Unifil-Holz		FFKA	1/FXW7-305-HQ200-10T /	/		2.9 m2			
- Filter spez. Abmessungen 592 x 287 x 200 1 Satz Reservefilter F7										
1	Aluplattenwärme- tauscherteil		Bypass mit Klappe inkl.	Luftvolumenstrom ZUL	Lufttemperatur	AUL	Lufttemperatur	ZUL	Wirkungsgrad nasatrocken	
				540 m3/h	-11.0 °C 90 % r.F.		17.0 °C 11 % r.F.		85 / 82 %	
1	Wärmetauscher		Typ	Luftvolumenstrom ABL	Lufttemperatur	ABL	Lufttemperatur	FOL		
	Fabr. Klingenburg		GS 45/500	540 m3/h	22.0 °C 35 % r.F.		0.9 °C 77 % r.F.		5.1 kW	
- Ohne Erdregister - WRG Abtaugung gemäss Funktionsbeschreibung SHGF1/F2										
1	Ventilatorteil		Luftvolumenstrom	Druckverlust		Schalleistungspegel über Oktavband		Total		0
	VEF		540	ext. 110 int. 132		36 55 61 70 69 65 64 60		74 dBA		
1	Ventilator		Typ	Totaldruckerhöhung		Leistungsbedarf		Wirkungsgrad		Drehzahl
	Fabr. ebm		R3G 250	stat. 242 Pa		total 0.100 kW		total stat. 38 %		2005 min-1
1	Motor		Typ	Nennstrom		Nennleistung		Nennwirkungsgrad		Drehzahl
	230 V 50 Hz		AK41-71	3.10 A		0.490 kW		%		max. 3390 min-1
	Fabr. EC									
	Riemenantrieb		Typ	Ø Welle Ventilator/Motor		Riemen		Scheibe Ventilator		Scheibe Motor
	Fabr. Direktantrieb			/ mm						
- EC-Radialventilator rückwärtsgekrümmt mit integrierter Leistungs- und Steuerelektronik - Ventilator mit Volumenstrom-Messvorrichtung, Messleitungen nach aussen auf 2 Messstutzen d = 6mm geführt, Mess-/Anzeigergerät bauseits. k-Faktor = 69, Wirkdruck = 103 Pa										
Geräte Zubehör Zuluft 11-1										
2 Revisionstüren 2 Luftklappen AUL/Bypass 2 Flex-Manschetten isoliert - Flex-Manschetten mit Pot.-Ausgleich 6 mm2										

Plattenwärmeaustauscher – Einbau / Schaltung

- Aussenluftbypass: Übliche Schaltung
 - Bypass gleicher Druckverlust wie Tauscher
 - Temperaturregulierung Übergangszeit
 - Enteisung Winter
 - Bei Lufterhitzerauslegung beachten

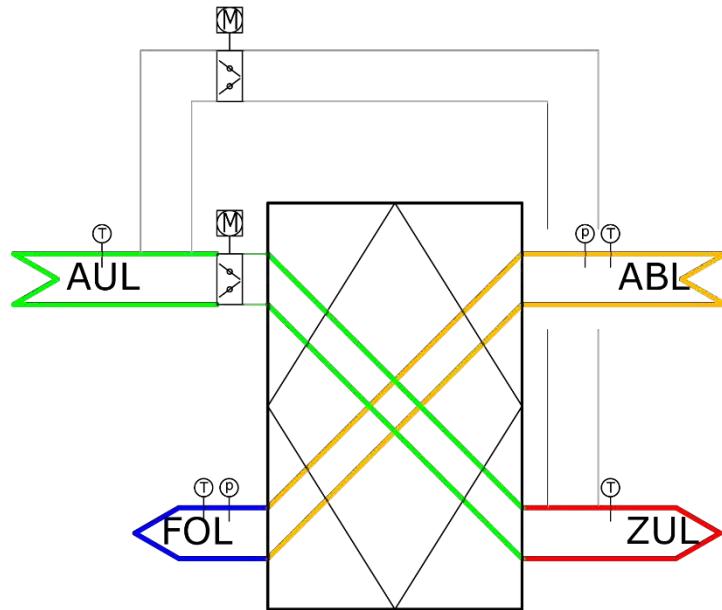
- Abluftbypass
 - Bypass gleicher Druckverlust wie Tauscher
 - Nicht üblich, da keine Enteisung möglich

- Abluftbeimischung Aussenluft
 - Temperaturregulierung Übergangszeit
 - Enteisung Winter
 - Achtung **Umluft** ► **Geruchsübertragung**
 - Für Aufheiz- oder Vorkühl-Betrieb geeignet



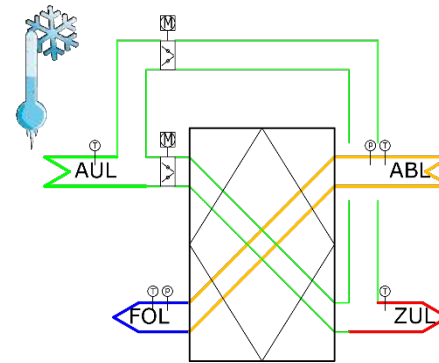
Plattenwärmeaustauscher – Frostschutzschaltung

- Normalbetrieb

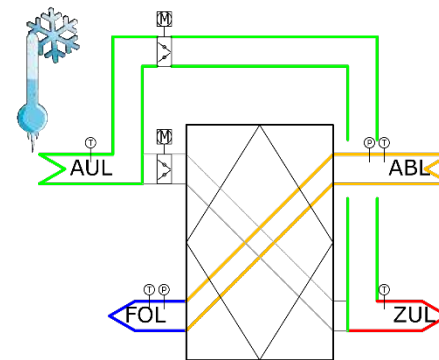


- Überwachung Vereisung (Bypassregelung)
 - Δp über WRG
 - FOL-Temperatur

Frostschutzschaltung 50 %



Frostschutzschaltung 100 %



1	Aluplattenwärmetauscherteil	Bypass mit Klappe BMBP100	Luftvolumenstrom ZUL	Lufteintritt	AUL Luftaustritt	ZUL Rückwärmz feucht/rocken	61
			1100 ✓	m3/h -13.0 ✓ °C	90 % r.F. 11.2 ✓ °C	14 % r.F. 75.7 ✓ / 71.0 ✓ %	
1	Wärmetauscher	Typ Recuperator BGAL06N0706U1TVARCDS	Luftvolumenstrom ABL	Lufteintritt	ABL Luftaustritt	FOL Rückgewinn total	
			1100 ✓	m3/h 19.0 °C	35 % r.F. -1.4 °C	95 % r.F. 8.4 kW	

- Mat: Aluminium / Gehäuse beschichtet
 - Eisbildungsgrenze: ca. -3.5°C
 - Einfrierschutz Zulufttemperatur: -4.1°C ✓ ? Δp_{FOL} messen !
 4 Messstutzen D=6mm für Differenzdruckmessung montiert, Mess-/Anzeigerät bauseits

1	Ventilatorteil	Luftvolumenstrom	VEF+	1100 ✓
1	Ventilator	Typ		
	Fabr. ebm-papst	K3G260AY11C2 TS		
1	Motor	3x400 V 50 Hz	Typ	
	Fabr. EC	AY11-C2		
	Frequenz Betrieb	Frequenz max.		

Hz
 - EC-Motor mit Controller integriert, Motor ent...
 - Ventilator mit Volumenstrom-Messvorrichtung
 - Spezifische Ventilatorleistung P_SFP = 0.37
 - k-Faktor SENSO / Ventilator = xxx, Wirkdruc...
 - Senso VP Volumenstromanzeigerät mit S...
 - Reinigungswanne mit Kugelhahn und Kappe
 - 1 LED-Leuchte inkl. Verdrahtung auf Klemmdose

Diplomarbeit Einfrierverhalten von Plattenwärmeübertrager

Bachelor-Thesis (BAT) Institut Gebäudetechnik und Energie IGE

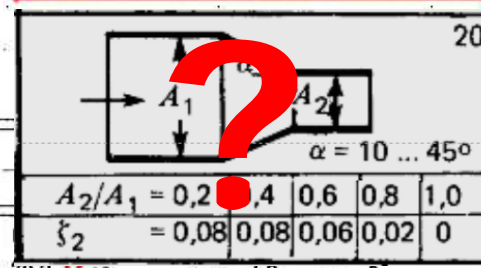
Aufgabe für
 Stefano Argirò
 Corinna Stahel

1. Arbeitstitel
 Einfrierverhalten und Geruchsübertragung von Enthalpie-Plattentauschern

1	Staubfilterteil	Luftvolumenstrom	Filterklasse	Druckverlust	105
		1100 ✓	m3/h F9 ✓	Ende 140 Pa	
1	Staub Filter	Filterart	Anz./Typ Filterzellen	Filterfläche	
	Fabr. Taschenfilter	FFA	1 / FW9-420-H-Q-10T	20 1.7 m2	

- Energieklasse A nach EUROVENT 4/11-2013
 - Reinigungswanne mit Kugelhahn und Kappe

$$\Delta p_z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} = \xi \cdot p_d$$



1	Leerteil	ZUL Zone UG 500 m3/h , D = 250 mm
---	-----------------	-----------------------------------

1	Lufterhitzerteil	Luftvolumenstrom	Lufteintritt	% r.F. ZU.U	% r.F. 4,6	kW 2	4.0	mm 6	bar	13
		600 ✓	m3/h -4.1 ✓ °C	398	8.0	kPa Cu/Al	3	1/2"		
1	Lufterhitzerbatterie	Heizmedium	Temperatur	Volumenstrom	Druckverlust	Mat.	Inhalt	Anschlüsse		
		PWW	40.0/30.0 ✓	398	8.0	kPa Cu/Al	3	1/2"		

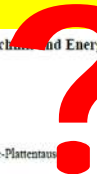
- Typ: LEW P40-16
 - Batterie(n) mit Gewindeflanschen und Gewindegegenflanschen PN 10/16, inkl. Schrauben und Dichtungen, für LE schwarz, für LK verz., lose mitgeliefert.
 2 Messstutzen D=6mm für Differenzdruckmessung montiert, Mess-/Anzeigerät bauseits

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

Einfrierschutz – Diskussion Δp_{FOL} messen

Diplomarbeit

Bachelor-Thesis (BAT) Institut Gebäudetechnik und Energie

Aufgabe für
Stefano Argiro
Corinna Stahl1. Arbeitstitel
Einfrierverhalten und Geruchsübertragung von Enthalpie-Plattentausch

Risikoabschätzung

RLT - Guat $w_1 = 2 \text{ m/s}$

Ann. $\Delta p_{\text{WRG}} = 80 \text{ Pa}$

$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta p_v}{\rho \cdot w^2} = \frac{2 \cdot 80}{1,15 \cdot 2^2} = 35 \text{ (=konst.)}$$

? $\Rightarrow w_2 = 4 \text{ m/s} \hat{=} A/2 : \square \Delta p_v = ?$

$$\Delta p_v = 35 \cdot \frac{1,15}{2} \cdot 4^2 = 322 \text{ Pa}$$

? Δp_v verdoppeln $\hat{=} 2 \cdot \Delta p_v : w_2 = ?$

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 \Delta p_v \cdot 2}{\zeta \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \cdot 2}{35 \cdot 1,15}} = 2,8 \text{ m/s}$$

? Welche freien Registerfläche entspricht dies mit $w_2 = 2,8 \text{ m/s}$?

$$A_2 = \frac{w_1 \cdot A_1}{w_2} = 0,7 = 70\%$$

 \Rightarrow FOL Δp verdoppeln kein Risiko

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

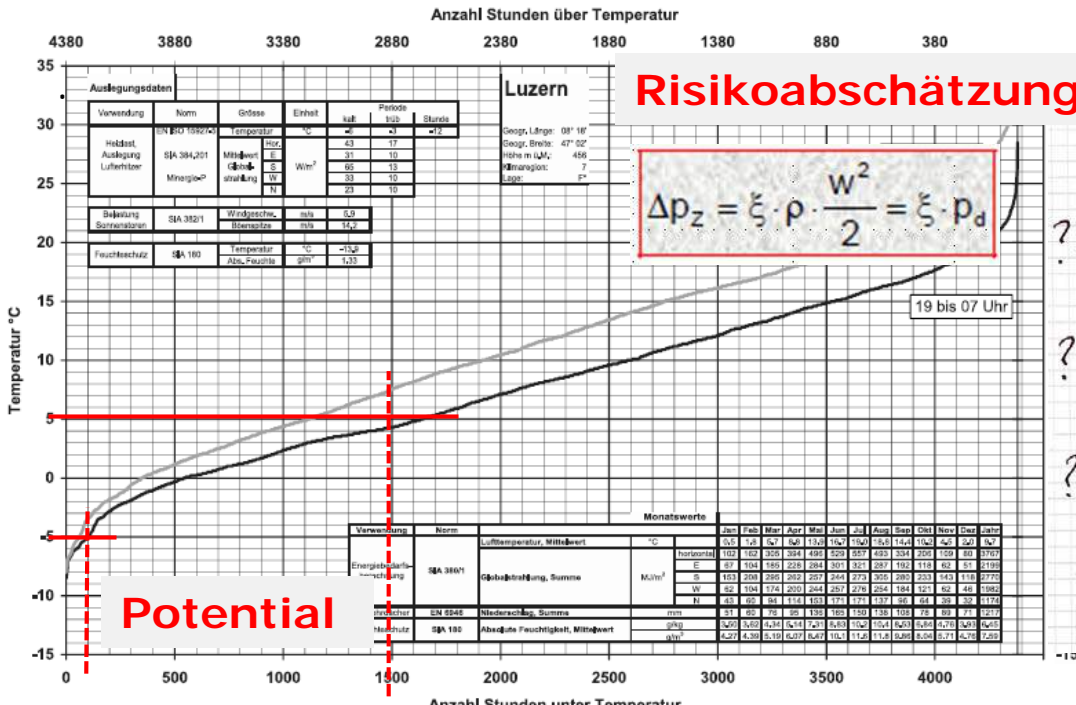
Einfrierschutz – Diskussion Δp_{FOL} messen

Diplomarbeit

Bachelor-Thesis (BAT) Institut Gebäudetechnik und Energie
 Aufgabe für
 Stefano Argiro
 Corinna Stahl
 1. Arbeitstitel
 Einfrierverhalten und Geruchsübertragung von Enthalpie-Plattentausch



- Die Angst vor dem Einfrieren führt dazu, dass bei Plattenwärmeübertrager der FS bereits bei + 5 °C aktiviert wird – ist das nötig und energetisch sinnvoll?
- Um wieviel reduziert sich das Potential der Energierückgewinnung über ein Jahr?
- 2400 h/a (T+N) unnötig reduzierter Temperaturänderungsgrad



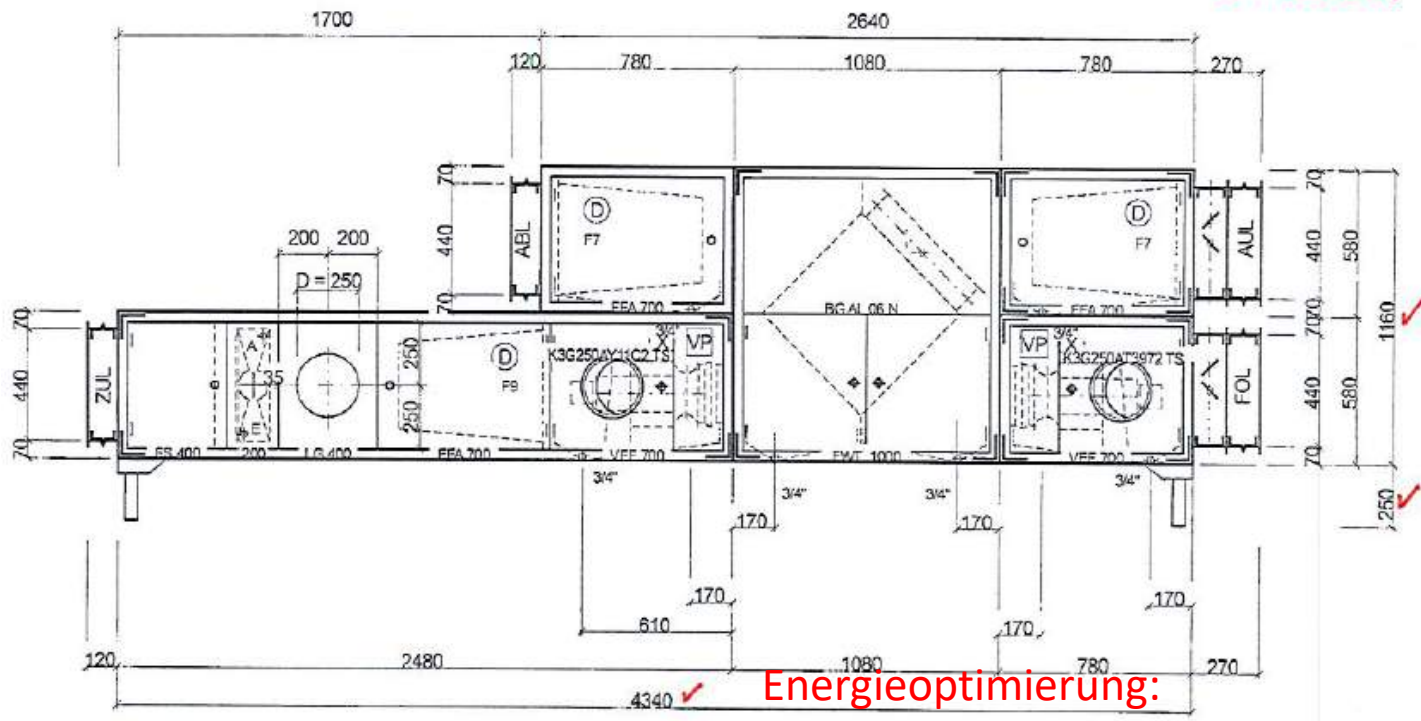
RLT - Guat $w_2 = 2m/s$
 Ann. $\Delta p_{ORG} = 80 Pa$
 $\xi = \frac{2 \cdot \Delta p_v}{\rho \cdot w^2} = \frac{2 \cdot 80}{1,18 \cdot 2^2} = 35$ (konst.)
 ? $\rightarrow w_2 = 4m/s \hat{=} A/2$: $\Delta p_v = ?$
 $\Delta p_v = 35 \cdot \frac{1,15}{2} \cdot 4^2 = 322 Pa$
 ? Δp_v verdoppeln $\hat{=} 2 \cdot \Delta p_v = w_2 = ?$
 $w_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_v \cdot 2}{\xi \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \cdot 2}{35 \cdot 1,15}} = 2,8 m/s$
 ? Welcher freien Registerfläche entspricht dies mit $w_2 = 2,8 m/s$?
 $A_2 = \frac{w_1 \cdot A_1}{w_2} = 0,7 = 70\%$
 $\rightarrow FOL \Delta p$ verdoppeln kein Risiko



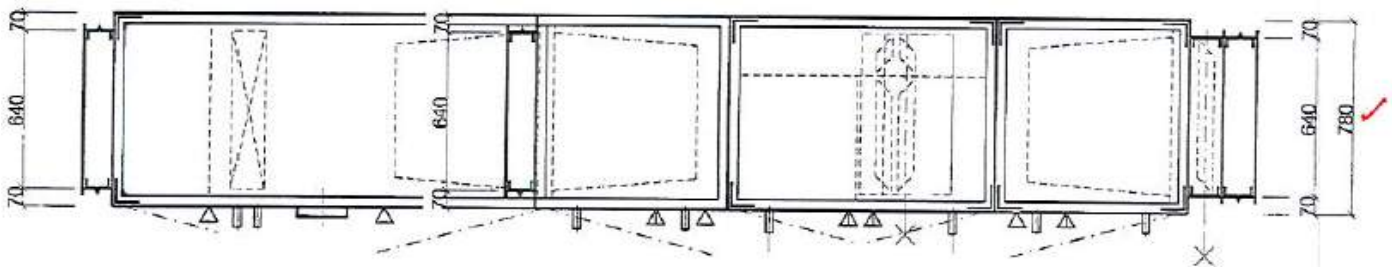
Einfrierschutz - Diskussion

Aufriss Revisionsseite ✓

Einbringung gem. Bespr. vom 7.9.16 mit Hr. Wildeisen!



Energieoptimierung:
Messung Δp FOL Seite
für Einfrierschutz - nicht
Temperaturabhängigkeit



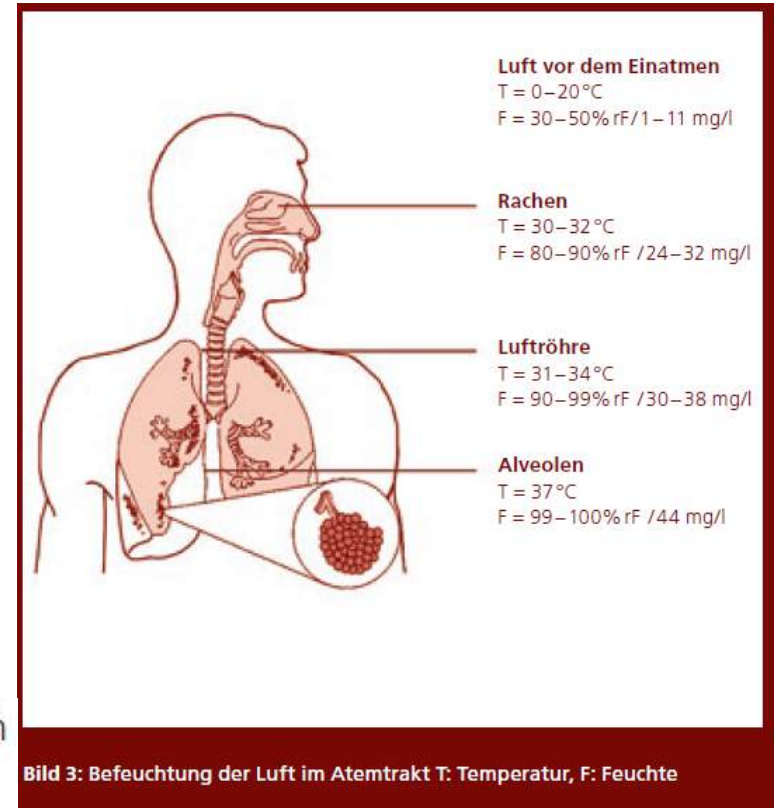
Grundriss

Quelle: Todt Gmür & Partner AG

WRG – Plattenwärmeübertrager - Optimierung

- Einfriergrenze über Δp_{FOL} regulieren.
- Luftrichtungen beachten
 - Kondensat muss abfließen können
- Dichtheit des Systems kontrollieren
 - Einbau und der Platten
- Feuchteübertragung erwünscht?
 - ▶ VOC und Geruchsübertragung wegen Undichtheit
 - Diskussion führen

Vertrieb: www.bundespublikationen.admin.ch
Artikelnummer 805.162.1D



Merkblatt für Fachleute der Lüftungsbauweise, der Architektur und des Gebäudetechnik

LUFTBEFEUCHTUNG

Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

... mit und ohne Feuchteübertragung

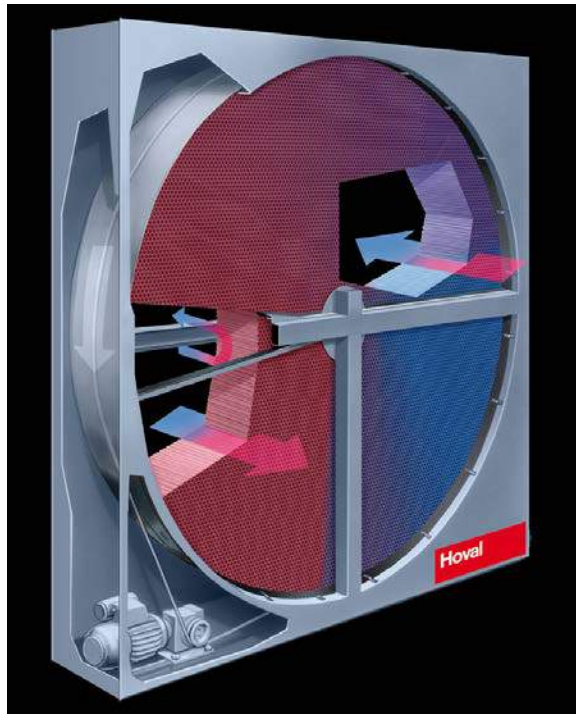
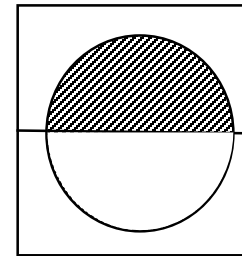


Bild: Hoval



MuKEN: 2 m/s?

$W_R : W_{KVS} = ??$

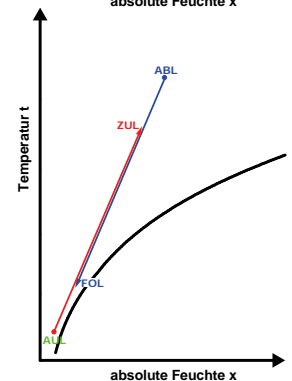
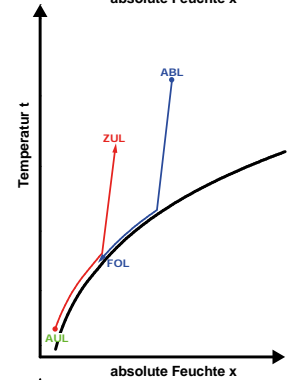
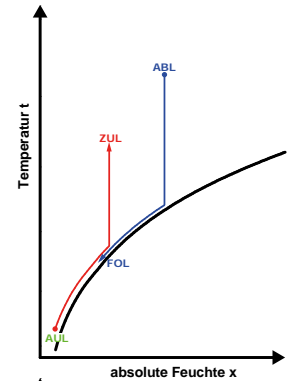
$\Rightarrow \Phi$ = kleiner

$\Rightarrow \Delta p_L$ = grösser

Leckage bedeutend!

Regenerativ-Wärmeübertrager - Typologien

- **Kondensationsrotor**
 - Oberfläche: glatt
 - Feuchteübertragung: nur Kondensat (ψ bis zu 60%)
 - Geeignet: Winterbetrieb
- **Enthalpierotor**
 - Oberfläche: hygroskopisch (rau, Kapillarwirkung)
 - Feuchteübertragung: vor allem Kondensat
 - Geeignet: Winterbetrieb - wird selten eingesetzt
- **Sorptionsrotor**
 - Oberfläche: Sorptionsoberfläche (Silikagel)
 - Feuchteübertragung: reine Sorption (vgl. Salz oder Reis)
 - Geeignet: Sommerbetrieb (Entfeuchtung Aussenluft; weniger Kühlleistung)
 - Nachteil: die Erfahrung zeigt (spez auch bei DEC-Anlagen - VOC Übertragungen)



Regenerativ-Wärmeübertrager – Typologien

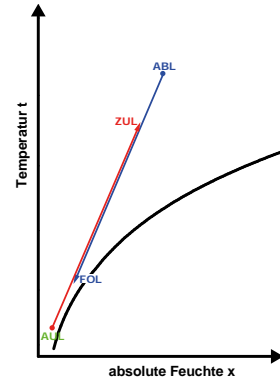
- **Sorptionsrotor**
 - Oberfläche: Sorptionsoberfläche (Silikagel)
 - Feuchteübertragung: reine Sorption (vgl. Salz oder Reis)
 - Geeignet: Sommerbetrieb (Entfeuchtung Aussenluft; weniger Kühlleistung)
 - **Achtung die Erfahrung zeigt (spez auch bei DEC-Anlagen - VOC Übertragungen)**

- Sorption ist eine Sammelbezeichnung für Vorgänge, die zu einer Anreicherung eines Stoffes innerhalb einer Phase oder auf einer Grenzfläche zwischen zwei Phasen führen. Die Anreicherung innerhalb einer Phase nennt man genauer Absorption, die an der Grenzfläche Adsorption.

- Kieselgel, Kieselsäuregel oder Silikagel (englisch silica gel) ist ein farbloses, amorphes Siliciumdioxid von gelartiger, gummiartiger bis fester Konsistenz. Es besitzt eine große innere Oberfläche (ca. 600 m²/g). Es ist stark **hygroskopisch (wasseranziehend)** und eignet sich als Gelliermittel, Filter, Adsorptionsmaterial und **Trockenmittel**. Man rechnet es zu den Xerogelen.

- Silikagel war bereits um 1640 bekannt. Zur Zeit des Ersten Weltkriegs wurde es aufgrund der Eigenschaft als **Adsorptionsmittel zur Bindung von Dämpfen und Gasen patentiert**. [3]

- **Anm, Hik: DEC Anlagen nehmen beim Befeuchten auf der ABL-Seite die VOC auf und geben diese dann beim Übertragen und trocknen wieder ab – meist in konzentrierter Form.**



Regenerativ-Wärmeübertrager - Feuchteübertragung

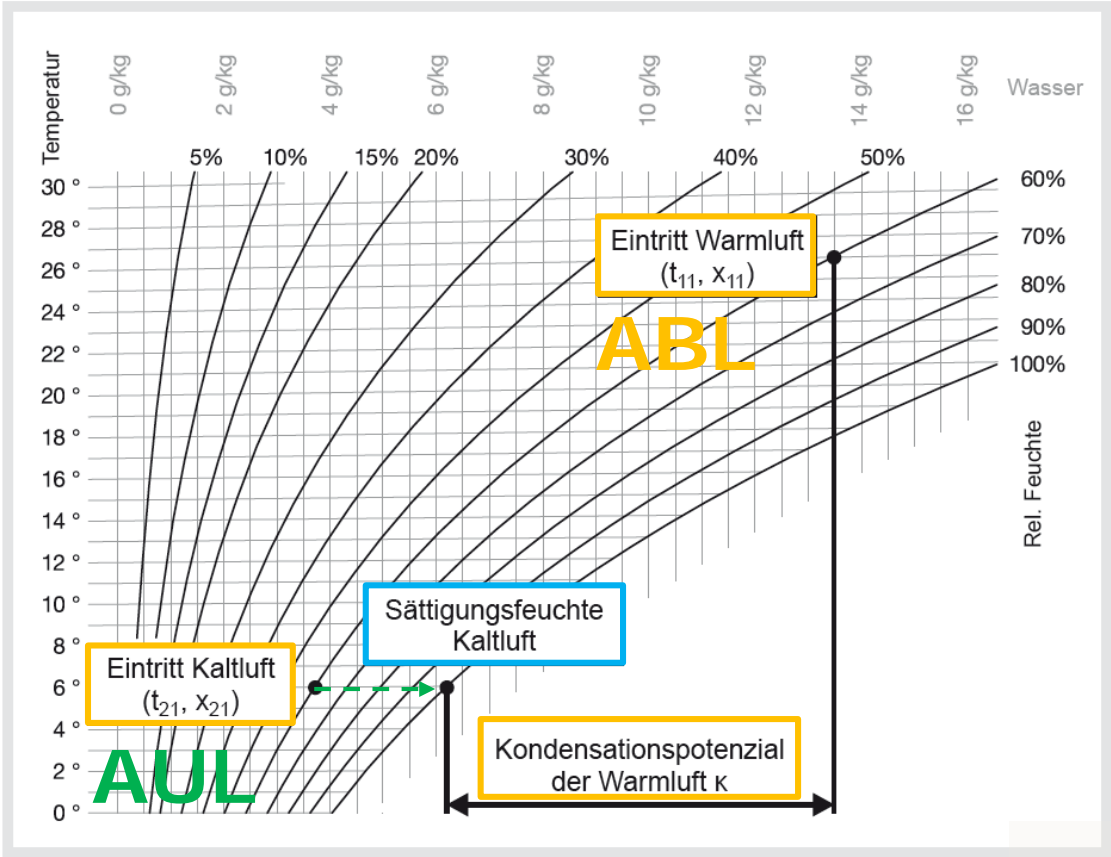
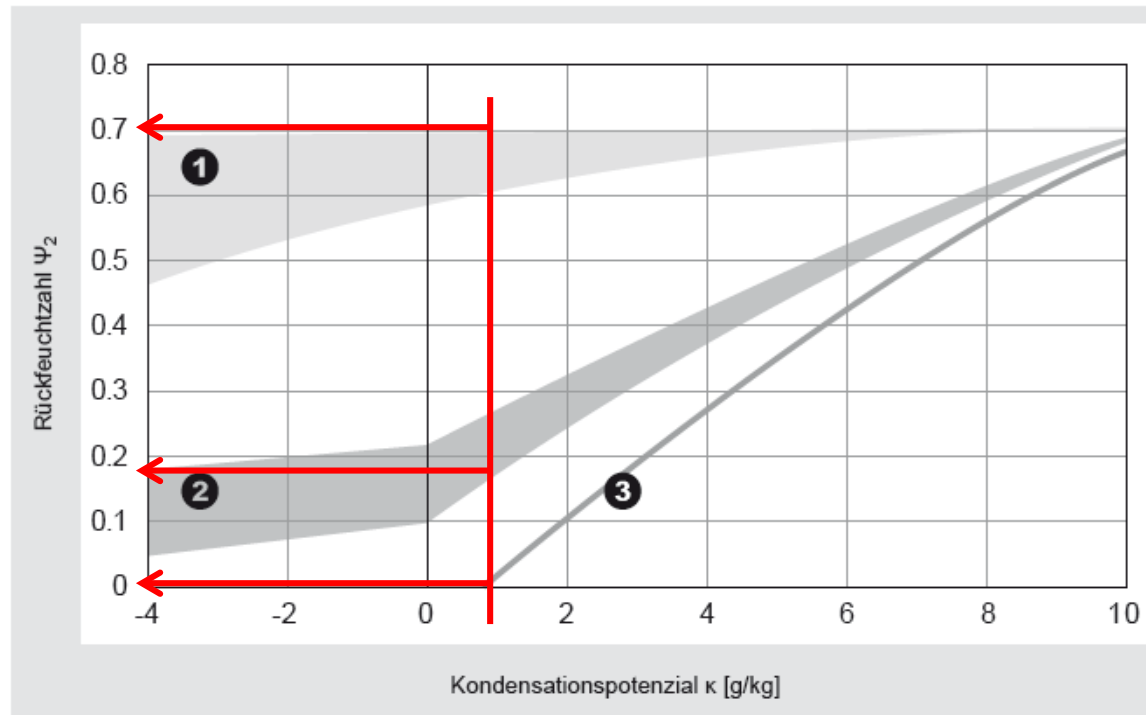


Bild 4: Definition des Kondensationspotenzials κ

Regenerativ-Wärmeübertrager - Feuchteübertragung

- Temperaturänderungsgrad \neq Feuchteänderungsgrad
- Nicht 'linear'



- 1 Sorptionsrotor
- 2 Hygroskopischer Rotor
- 3 Kondensationsrotor

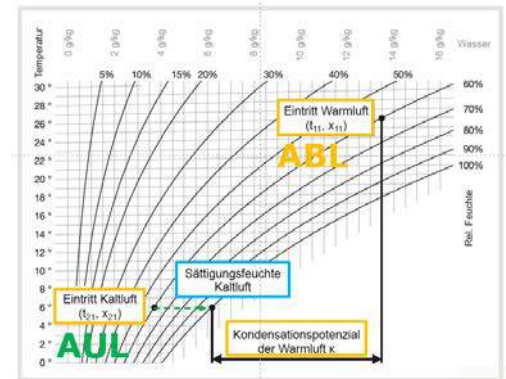
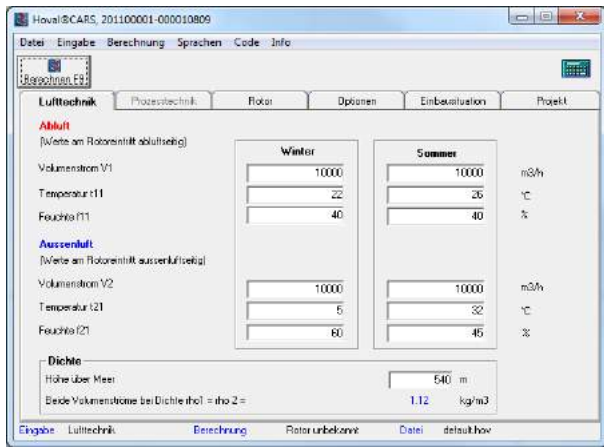


Bild 5: Typischer Verlauf der Rückfeuchtzahlen verschiedener Rotoren in Abhängigkeit des Kondensationspotenzials

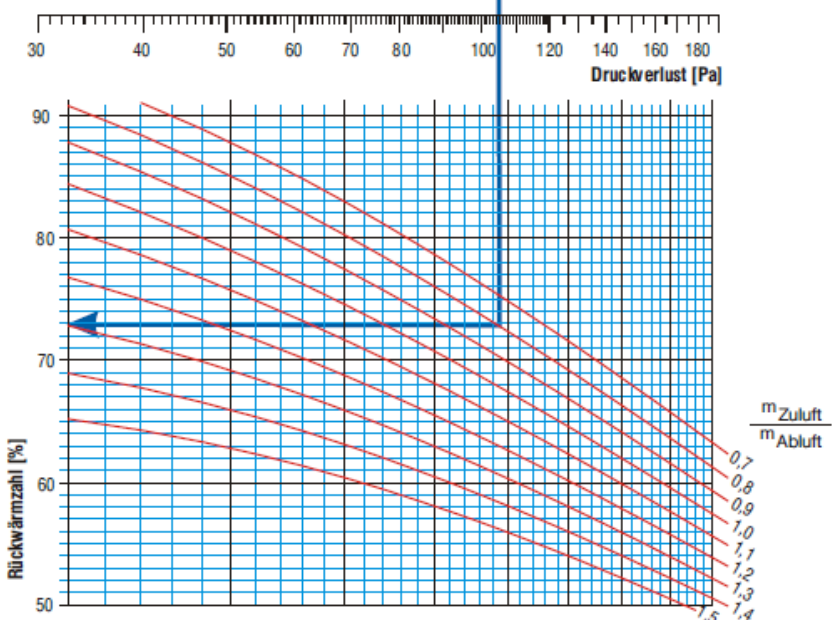
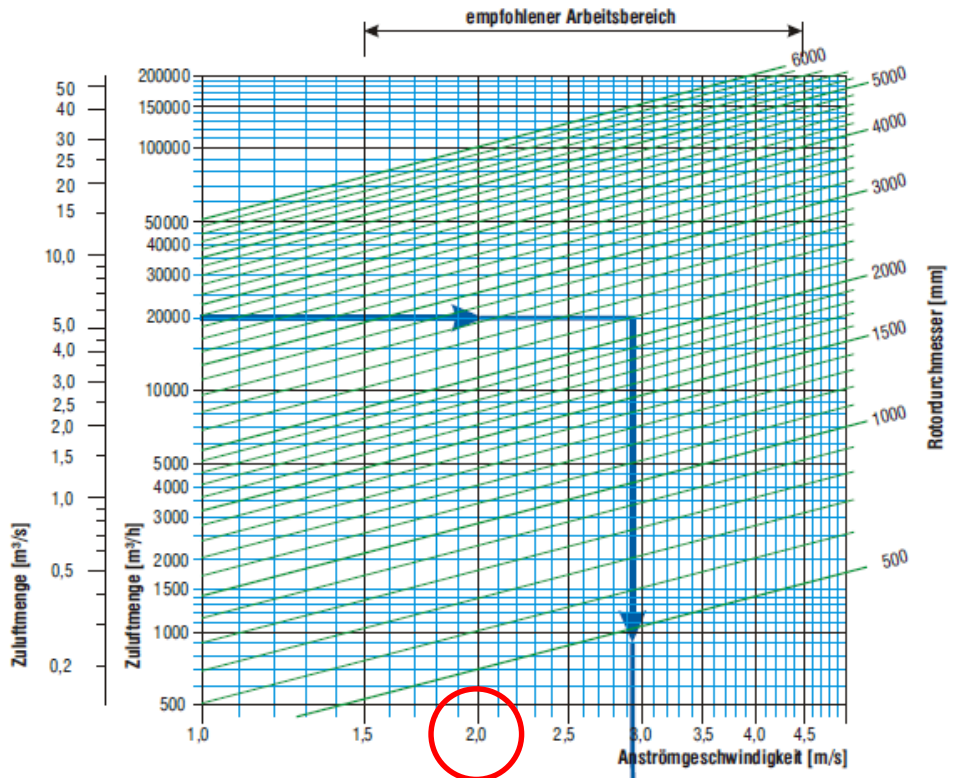
Regenerativ-Wärmeübertrager Auslegung

- Diagramme
- Lieferanten

- Auslegesoftware



Quelle: Hoval

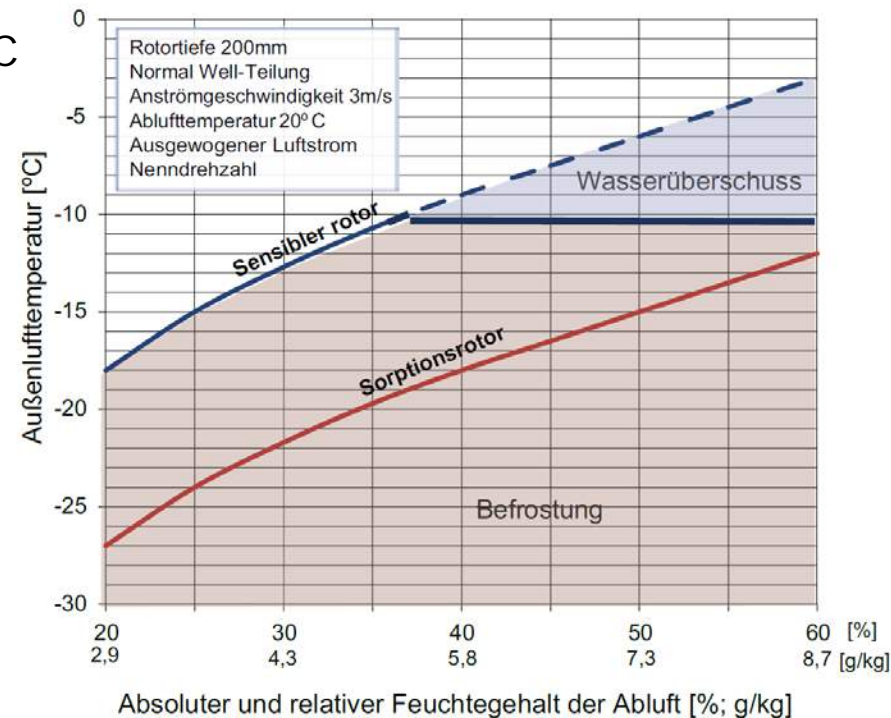


Regenerativ-Wärmeübertrager - Einfriergrenze

- Einfriergrenze
 - Geringe Bautiefe und gute axiale Temperaturleitfähigkeit
 - Keine Einfriergefahr in mitteleuropäischen Klimaverhältnissen
 - Einfriergefahr ab

$$AUL + (ABL - AUL) / 2 = > 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

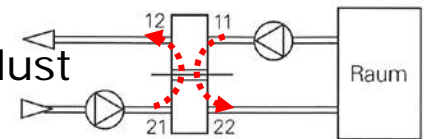
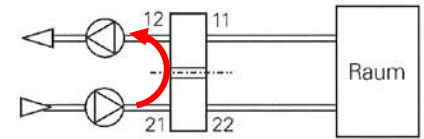
- Entfrostung
 - Vorwärmung der AUL
 - Reduktion der Rotordrehzahl über Druckdifferenz
 - Reduktion des AUL-Volumenstroms über Druckdifferenz
 - Beimischen UML zu AUL
 - Abstellen Rotor



Quelle: Eventus

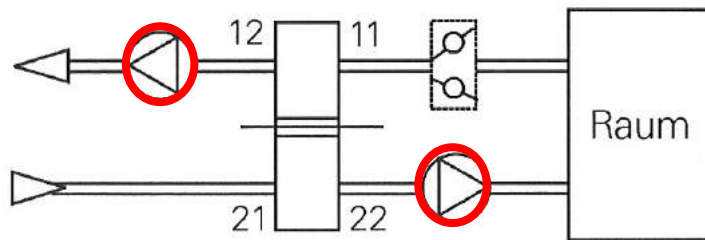
Regenerativ-Wärmeübertrager – Position Ventilatoren

- Keine Kontamination ABL / AUL
 - Grosser Druckunterschied über WRG
 - Grosse Leckagen ► Energieverlust
 - Kontrolle Luftmengen AUL / ABL / ZUL / FOL
 - Spülzone kleiner wählen
-
- Probleme, günstige Druckverhältnisse zu erreichen
 - Erhöhte Leckage ► ABL-Beimischung oder Energieverlust
 - Gute Anströmung WRG beachten
-
- Maximalen Wärmerückgewinn, jedoch hohe Leckage
 - ABL-Beimischung (Umluftanteil)!
 - Rotor ohne Spülzone
 - Nachtauskühlung Sommer reduziert

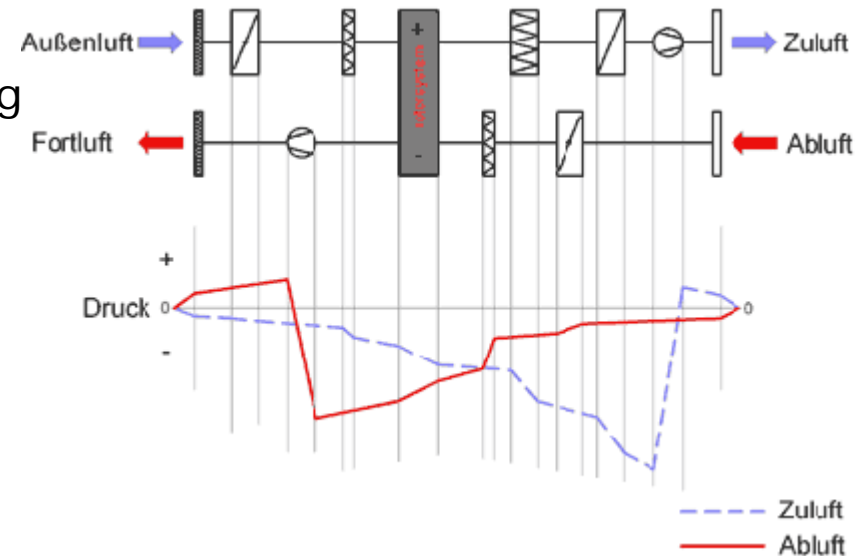


Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

- Position Ventilatoren



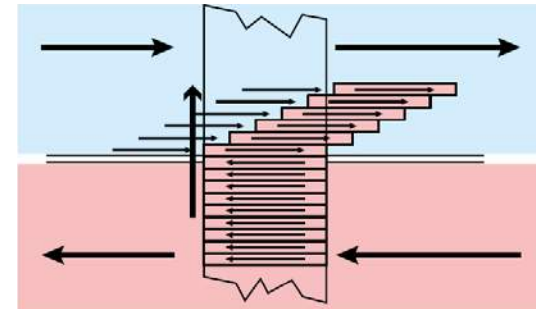
- Optimale Ventilatoren-Anordnung aber lange Geräte
- Minimale Druckdifferenz AUL / FOL für Spülzone
- Geringste Leckagen



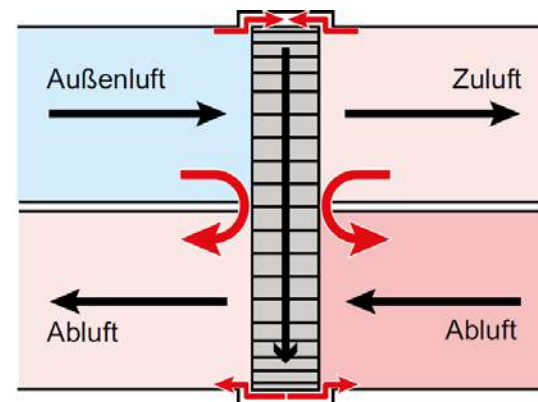
Regenerativ-Wärmeübertrager

- **Leckagen: Mitrotationsleckage c**
- In der Speichermasse eingeschlossene Luft wird bei Trennung der Luftströme übertragen

$$c = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot 3600}{120 \cdot \dot{V}} \cdot 100\%$$



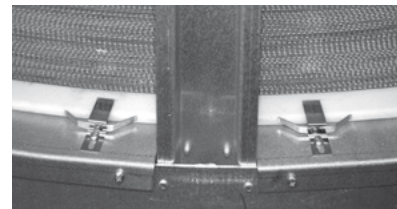
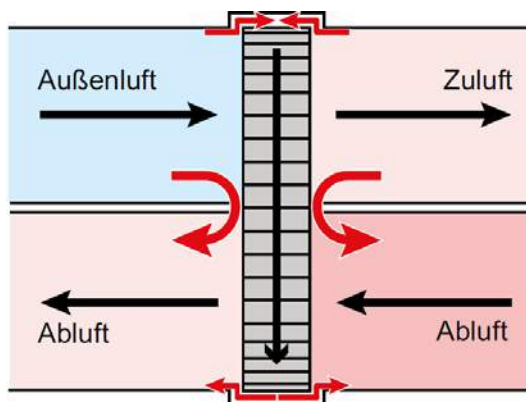
- **Leckagen Bürstendichtung**
 - Dichtung weist durch Rotation der Speichermasse Undichtigkeiten auf
 - Leckagenluftmengen abhängig von Druckdifferenzen zwischen ABL / ZUL und AUL / FOL



Regenerativ-Wärmeübertrager

- **Leckagen**
 - Leckagen über Bürstendichtung
 - Mitrotationsleckage

- **Leckagen Bürstendichtung**
 - Dichtung weisst durch Rotation der Speichermasse Undichtigkeiten auf
 - Leckagenluftmengen abhängig von Druckdifferenzen zwischen ABL / ZUL und AUL / FOL

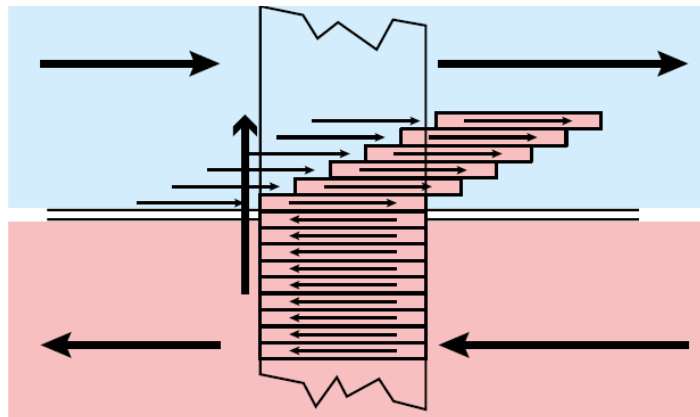


Quelle: Eventus

Quelle: Hoval Rotationswärmetauscher

Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

- **Mitrotationsleckage c**
 - In der Speichermasse eingeschlossene Luft wird bei Trennung der Luftströme übertragen
 - Mitrotationsleckage proportional zur Rotor-drehzahl und abhängig von Rotortiefe



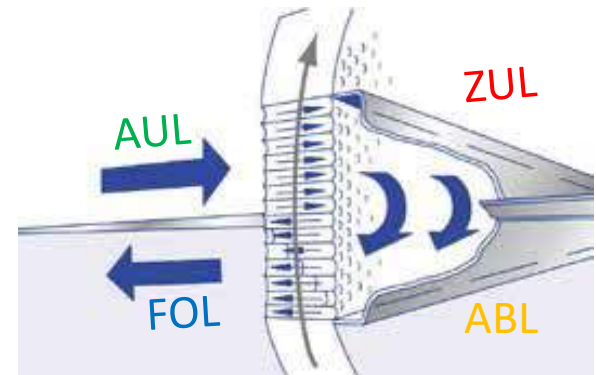
Quelle: : Eventus

$$c = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot l \cdot f \cdot n \cdot 3600}{120 \cdot \dot{V}} \cdot 100\%$$

- c* Mitrotationsleckage [%]
- r* Radius des Rotors [m]
- l* Tiefe des Rotors [m]
- n* Drehzahl [1/min]
- V* Luftvolumenstrom [m³/h]
- f* Porosität der Speichermasse (ca. 0.95)

Regenerativ-Wärmeübertrager

- **Spülzone**
- Verhindert Mitrotationsleckage von ABL nach ZUL nicht aber Leckagen über Dichtungen
- Mitrotationsleckage auf Gegenseite (AUL zu FOL) findet nach wie vor statt
 - Keine Kontamination ABL zu ZUL
 - Leckagen können nicht verhindert werden
 - Geringe Reduktion der Wirkungsgrade
- Grösse der Spülzone abhängig von Spüldruck, Rotortyp, Lagenhöhe der Speichermasse, Luftgeschwindigkeit, Rotorgeschwindigkeit

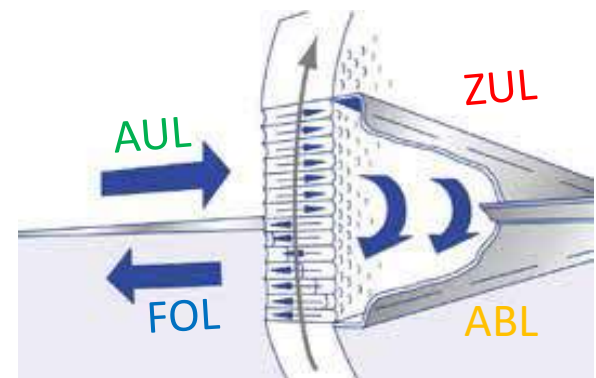


Quelle: : Eventus

Regenerativ-Wärmeübertrager

- **Verwendung und Einstellung der Spülzone**
- Die Spülzone reduziert die Übertragung der Abluft in die Zuluft. Sie leitet die Aussenluft quasi im Bypass über den Rotor in die Fortluft. Um eine Verschlechterung der Rückwärmezahl zu verhindern, darf die Spülzone daher nicht zu gross sein. Bei Hoval Rotationswärmetauschern ist die Grösse der Spülzone individuell verstellbar, so dass der Energieverlust auf ein Minimum reduziert werden kann. Die optimale Grösse der Spülzone richtet sich nach:
 - Dem Rotortyp
 - Dem vorhandenen Spüldruck,
 - Der Lagenhöhe der Speichermasse

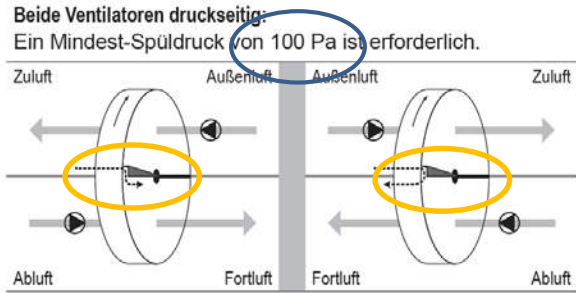
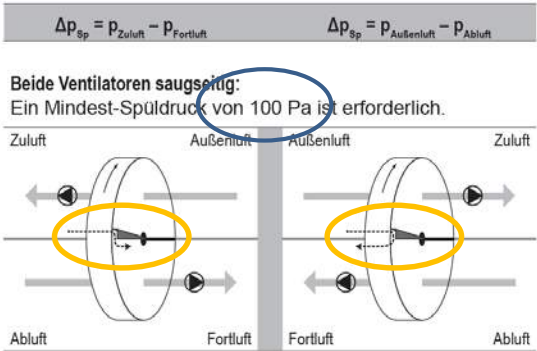
Quelle: Hoval
7.8 Rotationswärmetauscher



Quelle: : Eventus

Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

- Frage zu Rota WRG | Druckverluste, Spülzonen → Anordnung der Ventilatoren
- Der erforderlich Spüldruck Δp_{sp} ist abhängig von der Anordnung der Ventilatoren

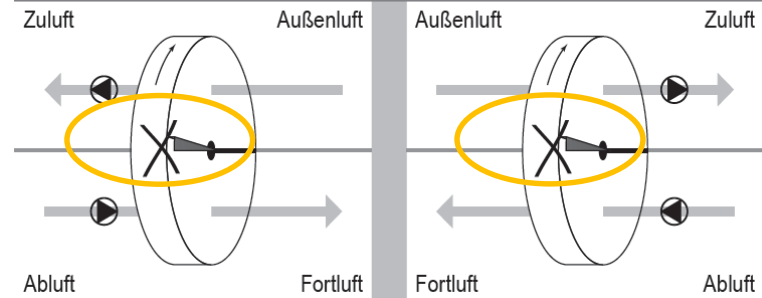


Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

- Frage zu Rota WRG | Druckverluste, Spülzonen → Anordnung der Ventilatoren
- Der erforderlich Spüldruck Δp_{Sp} ist abhängig von der Anordnung der Ventilatoren

Abluft druckseitig, Zuluft saugseitig:

Bei dieser Anordnung ist der Einsatz der Spülzone nicht möglich.



Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

- ... kombiniert mit ABL-Befeuchtung - DEC - Anlage

Schlüsselwörter: DEC Technik · desiccative and evaporative cooling · sorptionsgestützte Klimatisierung · Erneuerbare Energien · DIN V 18599

DEC-Anlagen sind seit vielen Jahren am Markt etabliert. Sie sind energetisch effizient, können erneuerbare Energien nutzen und konventionelle Kompressionskältetechnik nahezu eliminieren. Der Primärenergiebedarf liegt bis zu einem Drittel unter dem konventioneller Klimaanlage. Dennoch ist nach wie vor eine große Zurückhaltung am Markt festzustellen. Die Verkaufszahlen von DEC-Anla

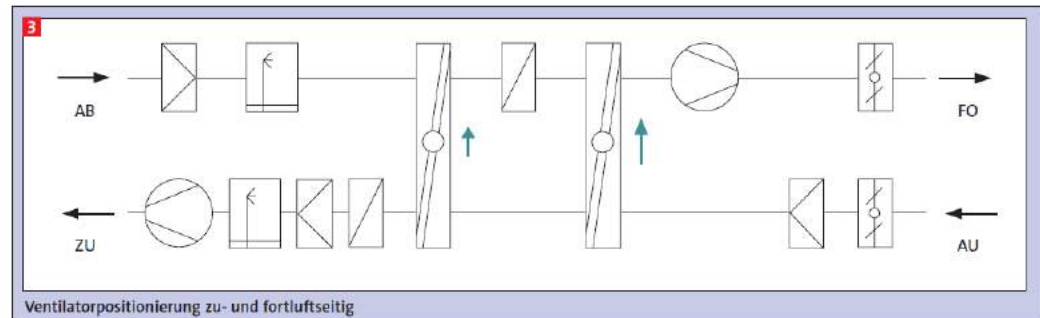
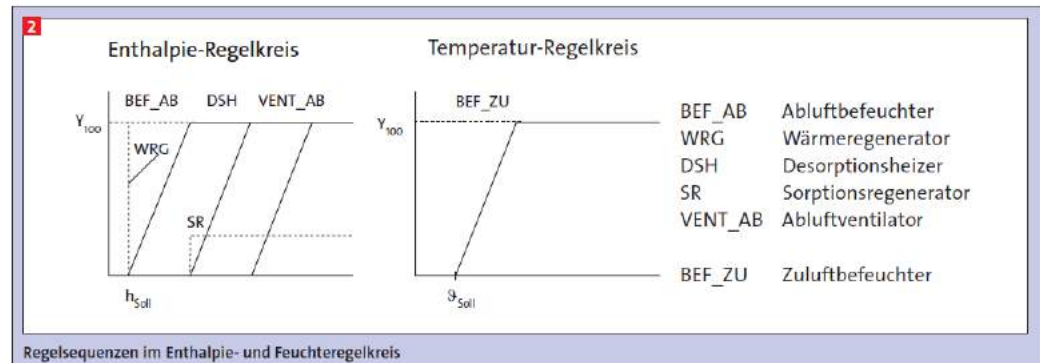
wohl die nachhalti
Rahmen (handener
Aussagen
DEC-Anla



Autor

Dipl.-Ing. Ronny Mai,
ILK Dresden gGmbH,
Bereich Luft- und
Klimatechnik

6 KI Kälte · Luft · Klimatechnik · 06-7 2013



Desiccative – trocknend
 Evaporative – verdunstend
 Sorption - Vorgänge, die zu einer Anreicherung eines Stoffes innerhalb einer Phase oder auf einer Grenzfläche zwischen zwei Phasen führen.

VOC's; Volatile Organic Compounds

- VOC ist der Sammelbegriff für organisch, also kohlenstoffhaltige Stoffe, die leicht verdampfen (flüchtig sind) bzw. schon gasförmig bei niedrigen Temperaturen (z. B. Raumtemperaturen) vorliegen.
- VOC wird zunehmend Bedeutung beigemessen
- Vergl. auch VDI 4300, Blatt 6

Tabellen 1.01: VOC Gehalt der Raumluft - detaillierte Messergebnisse

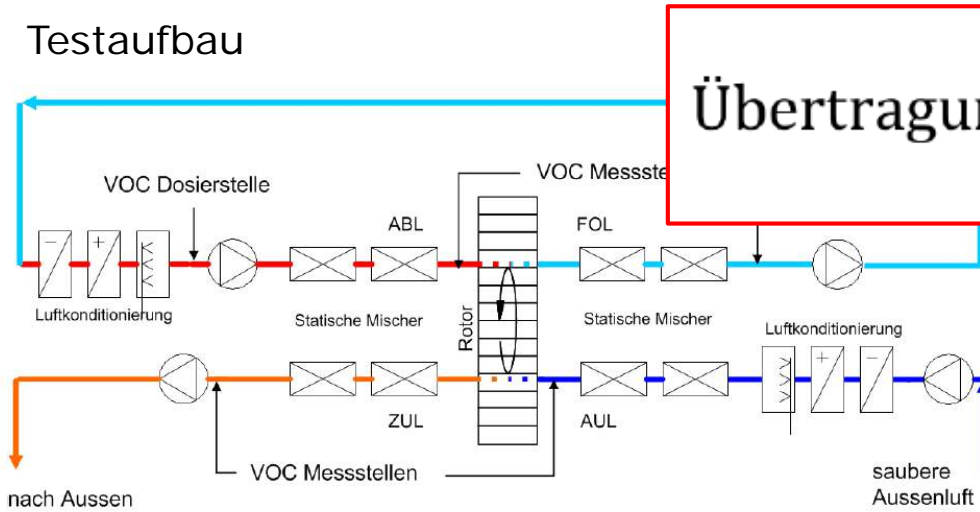
	Probe L10 µg/m ³
Gesamt VOCs	77,88
Summe VOC nach VDI-Richtlinie 4300, Blatt 6 (62 Verbindungen)	63,44
Summe Aliphaten, Alkene, Cycloalkene	< BG
Summe Alkohole	16,89
Summe Aromaten	35,00
Summe Halogene	< BG
Summe Terpene	0,78
Summe Phthalate	< BG
Summe Glykole	18,89
Summe Ketone und Aldehyde	2,00
Summe Ester	< BG
Summe sonstige Carbonyle	4,33
Summe sonstige Verbindungen	< BG

BG = Bestimmungsgrenze liegt bei 0,1 – 5 µg/m³ (90l Probenahmevolumen)

VOC Forschungsprojekt

Messung der VOC Übertragung in Rotationswärmetauschern

- Testaufbau



$$\text{Übertragungsrate} = \frac{C_{ZUL} - C_{AUL}}{C_{FOL} - C_{AUL}}$$

- nach Aussen

analog zu den Tracergasmessungen

- Rotor 1:** Normale Silicagelbeschichtung
grosse undefinierte Porenstruktur
- Rotor 2:** Molekularsieb-Beschichtung
kein Anhaften von Molekülen > 3 Angström,
Wasser < 2,7 Angström

1A = 10⁻⁴ µm, 0.1 nm

Rotor 1:	Rotor 2:
Übertr.-rate	Übertr.-rate
36%	4%
Winter	Winter
24%	3%
Sommer	Sommer

Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

Häufig gestellte Fragen

- Welche Leistung bringt der Rotor bei sehr kalten Aussenluftbedingungen?
- Da mit dem Rotor eine Leckluft von 10-15% akzeptiert werden muss; muss das Lüftungsgerät in der Gegenüberstellung mit KVS entsprechend mit einer grösseren Luftmenge dimensioniert werden?
- Welche Vorteile bringt der Rotor im Sommerfall?
- Reinigbarkeit
- Erfahrungen bezüglich Leistung nach 5 und 10 Betriebsjahren; nimmt die Leistung ab?

Regenerativ-Wärmeübertrager (Rotierende Wärmeaustauscher)

Häufig gestellte Fragen

- Welche Leistung bringt der Rotor bei sehr kalten Aussenluftbedingungen?
 Einfriergrenze = $(ABL - AUL) / 2 = > 5 \text{ °C.}$ d.h. im Mittelland (fast) nie erreicht
- Da mit dem Rotor eine Leckluft von 10-15% akzeptiert werden muss; muss das Lüftungsgerät mit Rotor in der Gegenüberstellung mit KVS entsprechend mit einer entsprechend grösseren Luftmenge dimensioniert werden?
 Dichtheit VDI 3803 Bl. 5 (2011 Draft):
 1 – 3 % Verluste durch Mitrotation; Grundsätzlich von 10 % Leakage ausgehen UND die Luftmenge entsprechend um 10 % grösser auslegen – Die Frage ist mit JA zu beantworten – Konsequenzen?!
- Welche Vorteile bringt der Rotor im Sommerfall?
 Der Sorbtionsrotor kann bei mechanischer Kühlung die AUL entfeuchten – d.h. die KM wird bis zu 30 (- 50) % kleiner (Prüfen im h,x – Diagramm)
- Reinigbarkeit
 Gute Filter F7...F9 und Intervall Steuerung und der Rotor ist in der Regel nicht zu reinigen (wie KVS)
- Erfahrungen bezüglich Leistung nach 5 und 10 Betriebsjahren; nimmt die Leistung ab?
 Nein

WRG Regenerativ-Wärmeübertrager - Optimierung

- Dichtheit des Systems kontrollieren
 - alle Leckagen ...
- Mechanische Teile prüfen (Lager, Antrieb ...)
- Feuchteübertragung erwünscht?
 - ▶ VOC und Geruchsübertragung wegen Undichtheit sowie Konstruktionsart mit Silikagel
 - Diskussion führen
- DEC – Anlagen Sorgfalt angesagt (Hygienprüfung)
- Bauen ohne Schadstoffe (Nutzervereinbarung)

Vertrieb:

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
Internetbestellung: www.bundespublikationen.admin.ch
Gratisabgabe.

BBL-Artikelnummer: 311.310.d

BAG-Publikationsnummer: BAG 9-2014-3000 d 1000 f 500 i

Vorsicht Schimmel

Eine Wegleitung zu Feuchtigkeitsproblemen
und Schimmel in Wohnräumen



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

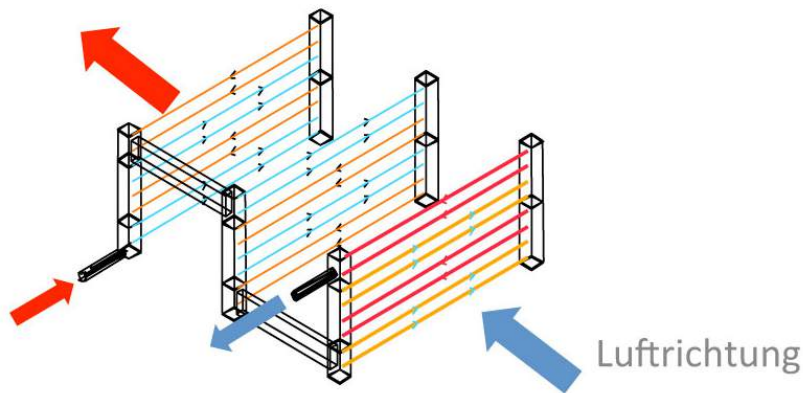
16
Mai
2018

forum **energie** zürich

Kurt Hildebrand

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Mit einem Zwischenmediumsträger unabhängig in der Standortwahl des ZUL- bzw. ABL Gerätes.
- Das KVS System ermöglicht einen optimalen Filterschutz
- <http://faktor-forschung.ch/KVS.html>



Quelle: Konvekta.



Kreislaufverbundsystem: Optimale Planung und effizienter Betrieb

Zur Wärmerückgewinnung (WRG) in raumlufttechnischen Anlagen werden neben Platten- und Rotationswärmeübertragern auch Kreislaufverbundsysteme (KVS) eingesetzt. Mit den stetig wachsenden Anforderungen an die WRG hat sich das KVS von einer einfachen Methode zu einem komplexen Teilsystem entwickelt. Die neuen Möglichkeiten ergeben neue Herausforderungen, welche in Studien an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur untersucht und beurteilt wurden. Das Merkblatt soll Planern und Betreibern die wichtigsten Punkte für eine optimale Planung und einen effizienten Betrieb von KVS aufzeigen. Dabei können nicht nur neue, sondern auch bestehende KVS optimiert werden.

Quelle

Weitere Informationen zu einfachen und komplexen KVS finden Sie im Schulbericht vom 22. Dezember 2016 - Optimierung Bauteilweiser Kreislaufverbund-System-WRG in Raumlufttechnischen Anlagen - unter www.energieschweiz.ch

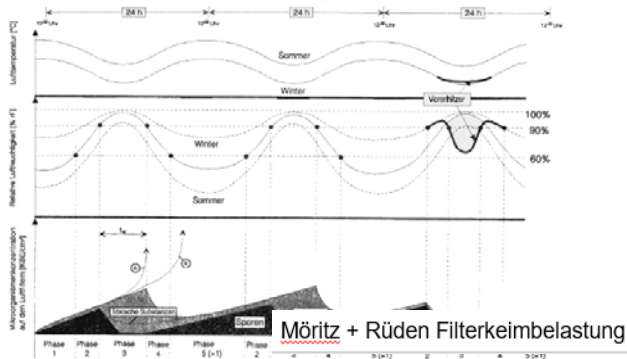
Autor: Christoph Steiner, Gerhard Zweifel, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Zentrum für Integrierte Gebäudetechnik ZIG
Bearbeitungsgruppe: Matthias Balmer, Kurt Hildebrand, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Zentrum für Integrierte Gebäudetechnik ZIG,
 Hans Gmür, Toit Gmür + Partner AG, Schlieren
Auftraggeber: **Veranstaltung:** Bundesamt für Energie BFE, Energieschweiz, Bern



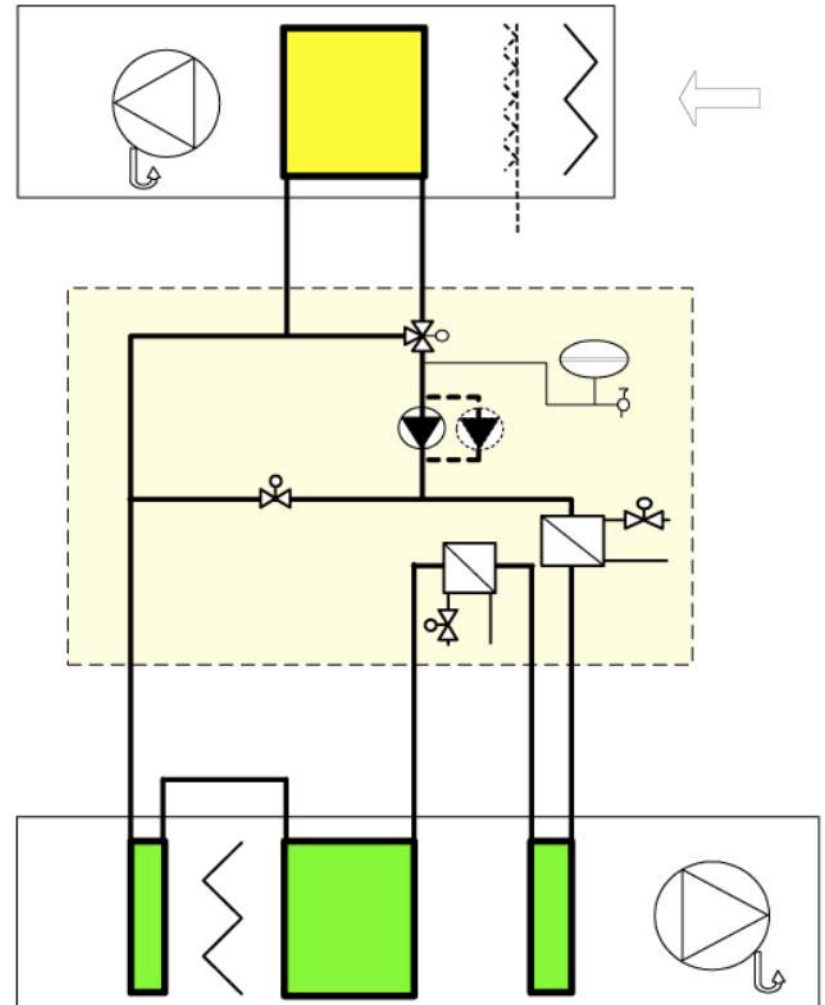
Ein Informationskanal des Faktor Verlages
 Partner: HSLU / ZIG ICE / FHNW / EBau / Stadt Zürich / Amt für Hochbauten (FS EGD)
 Konferenz der Gebäudetechnikverbände (KGM)
www.faktor-forschung.ch

KVS – Multifunktionale WRG Kreislaufverbundsysteme

- Multifunktionales KVS
 - Wärmerückgewinnung
 - Filtervorwärmung
 - Nachwärmung
 - Nachkühlung

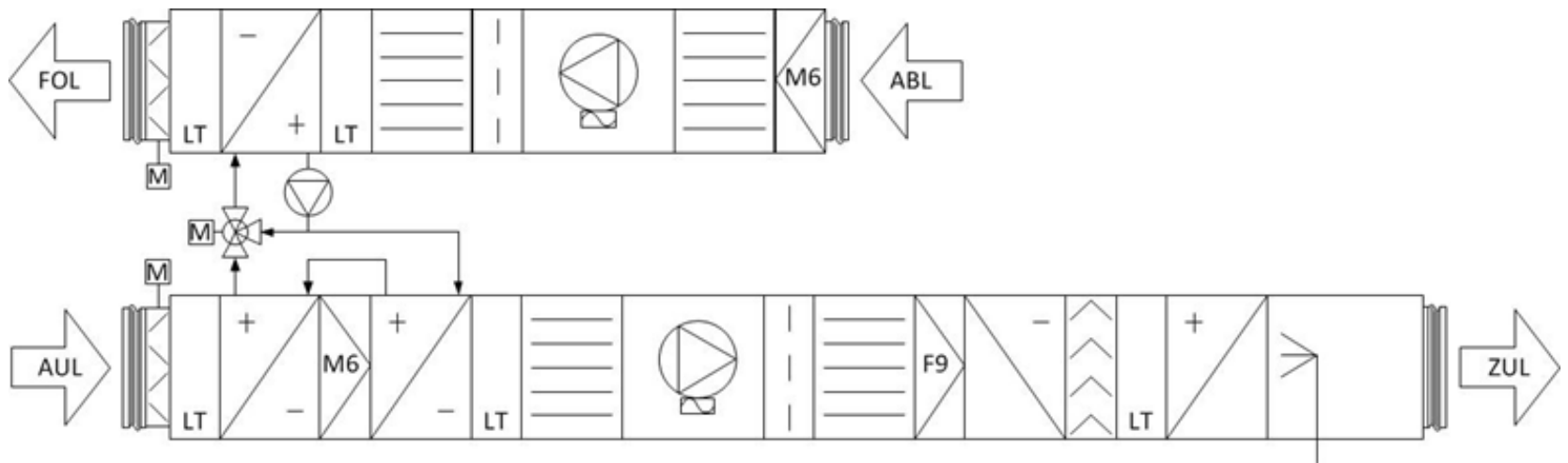


- Defroster/Filtervorwärmung ►
 In Serie geschaltete WRG-WT
 $\Delta t \sim 3 \text{ K}$
 (1-2 RR, mit Lamellen $s = 4 \text{ mm}$,
 $d = 0.4 \text{ mm}$, Reinigbar mit 180 bar)



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Einfrierschutz – klassische Schaltung mit 3-Weg-Ventil, Pumpe konstant



Diskussion:

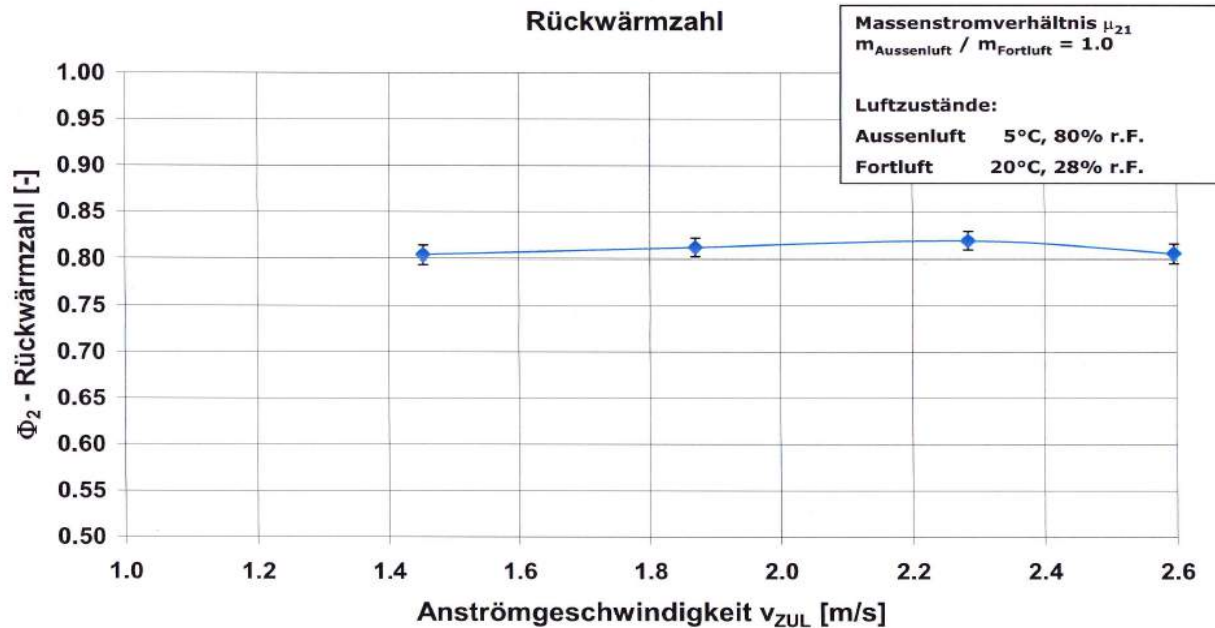
- Hydraulische Anschlüsse LH, LK (mit/ohne Pumpe), WRG
- Was ist hier kritisch? (Stichwort FS LK?)

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

Typische Rückwärmezahl KVS-WRG

Lucerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
 Technik & Architektur
 Zentrum für Integrale Gebäudetechnik

Messung an Kreislaufverbundsystem
 Konvekta



Aug 2009

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

Einfrischschutz - Diskussion

1	KVS-WRG	Luftvolumenstrom	4500	m ³ /h	Lufttemperatur	-6.6	°C	Luftaustritt	13.7	°C	18	Leistung	28.7	kW	Anz. RR	12	Lam. Abst.	2.0	mm	Nenndruck	10	bar
1	Lufterhitzerbatterie	Heizmedium	30% AETH GLYKOL		Temperatur	17.3/-2.0	°C	Volumenstrom	1400	l/h	Druckverlust	137.7	hPa	Mat.	CU/AL		Inhalt	46		Anschlüsse	1"	

- Typ: LEC/AWZ = 71 % ✓
 - WRG-Batterie mit Entleerungen und Entlüftungen, Hähne bauseits.
 - Eisbildungsgrenze -6.6 °C, Einstellwert des baus. Anti-Eisbildungs-Temperaturfühlers im Medieneintritt des WRG-LKG -2.0 °C.
 - WRG-Daten bei Lufttemperatur -13 °C: Luftaustritt + 7.3 °C, Leistung 28.7 kW ✓

2 Messtutzen
- Batterie(n) mitgeliefert

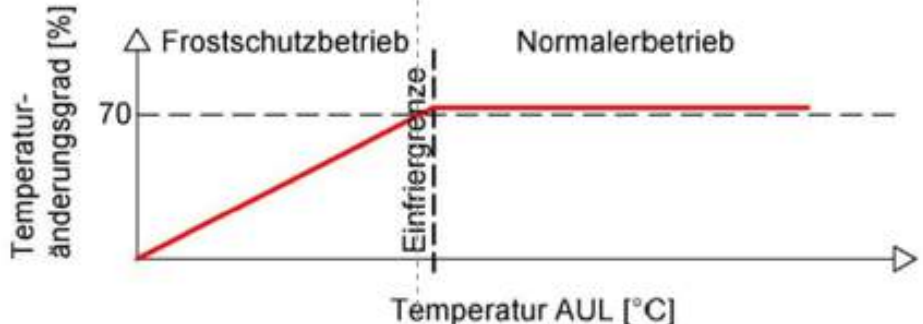
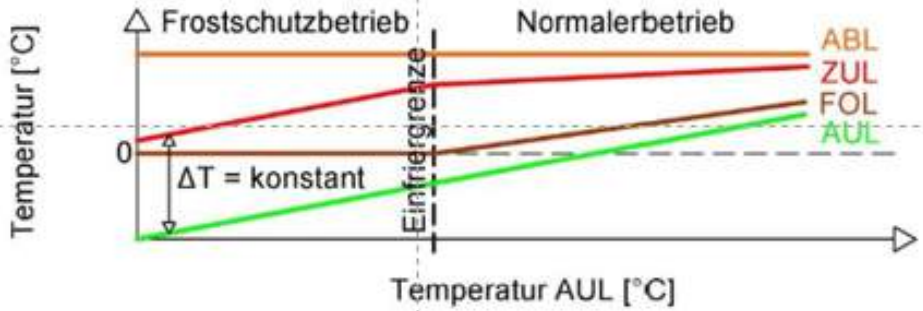
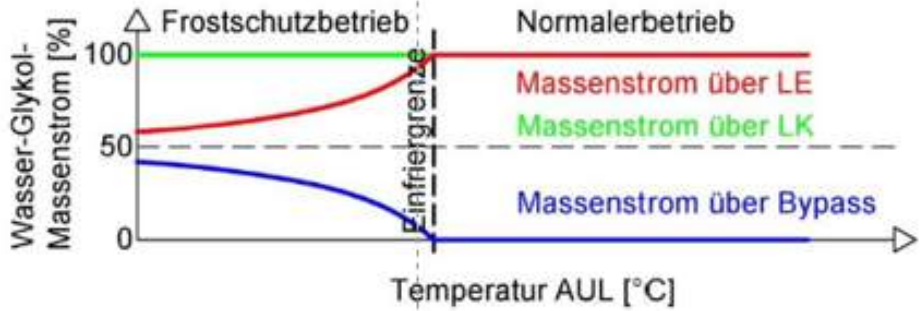
1 Leerteil
- Reinigungs

1 Ventilatorteil VEF-
1 Ventilator
Fabr. ebm-
1 Motor 3x400
Fabr. EC
Frequenz Betrieb

- EC-Motor
- Ventilator
- Spezifische
- k-Faktor
- Senso VP
- Reinigungs
- 1 LED-Leu

1 Lufterhitzer
1 Lufterhitzerbat
Fabr.
- Typ: LEWF
2 Messtutzen
- Batterie(n) mitgeliefert
- Lufterhitzer

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

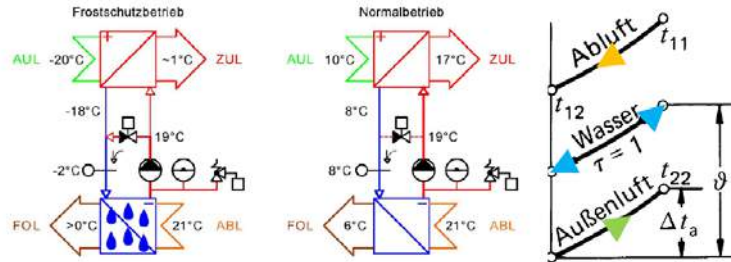


$$\eta = \frac{ZUL - AUL}{ABL - AUL}$$

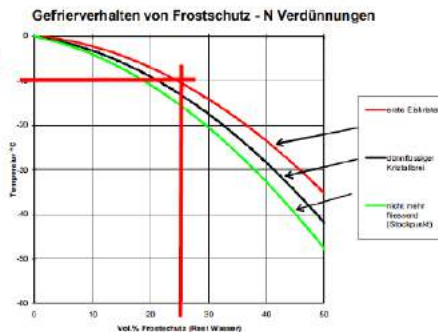
η nimmt ab

Im Handout für Wissensbegierige

Dimensionierung und Einfrierschutz

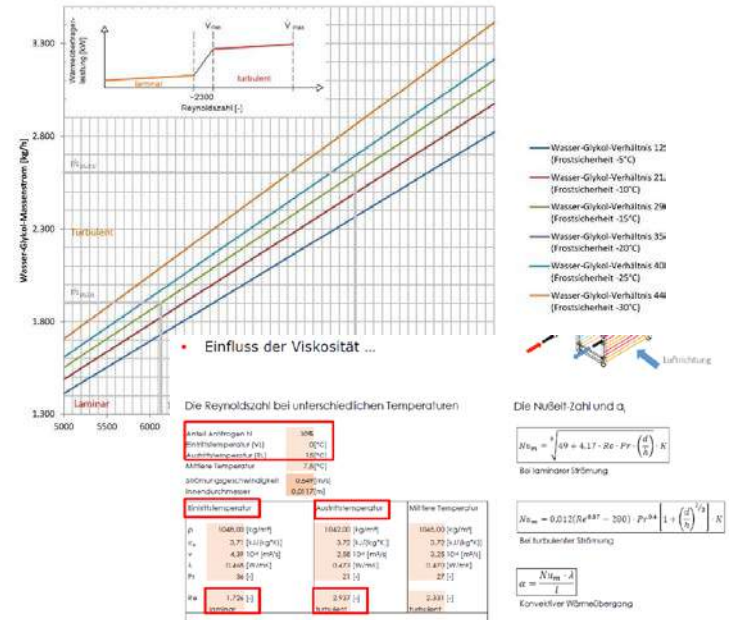
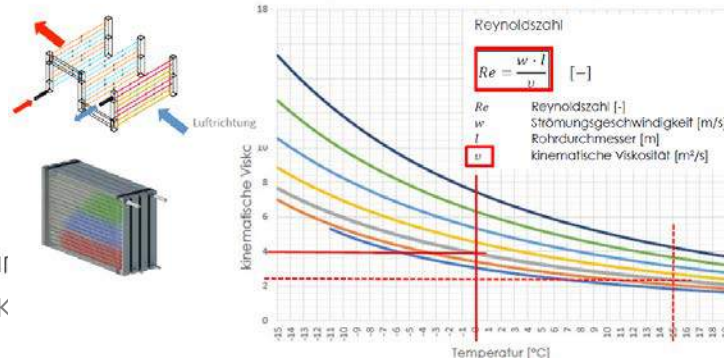


- Einfluss Glykolanteil
- Beginnende Kristallisation bei -10 °C / 25 % Glykolanteil
- Eisbildungsgrenze FOL bei entsprechenden Klimadaten im Bsp. bei -6.6 °C AUL und entsprechender Feuchte und resultierender FOL Temperatur
- In Folge - Eisbildungsgrenze FOL - Kristallisation Glykolgemisch - Bypass öffnet - Frostschuttfühler - 2 °C - Glykolwasser- Temp. sinkt im AUL-LE ab bis -10 °C

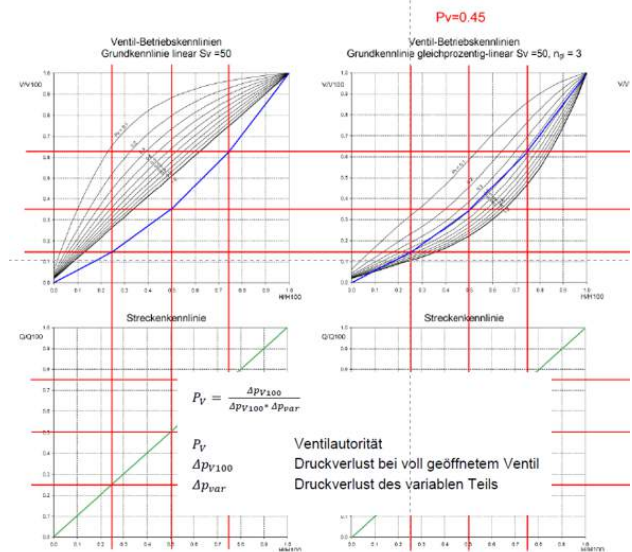


Einfluss der Viskosität ...

kinematische Viskosität von Wasser-Glykol mit verschiedenen Anteilen Antifrogen N



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem Geheimnis – WÜ – Kennlinien bzw. Kennfelder



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Dimensionierung und Einfrierschutz

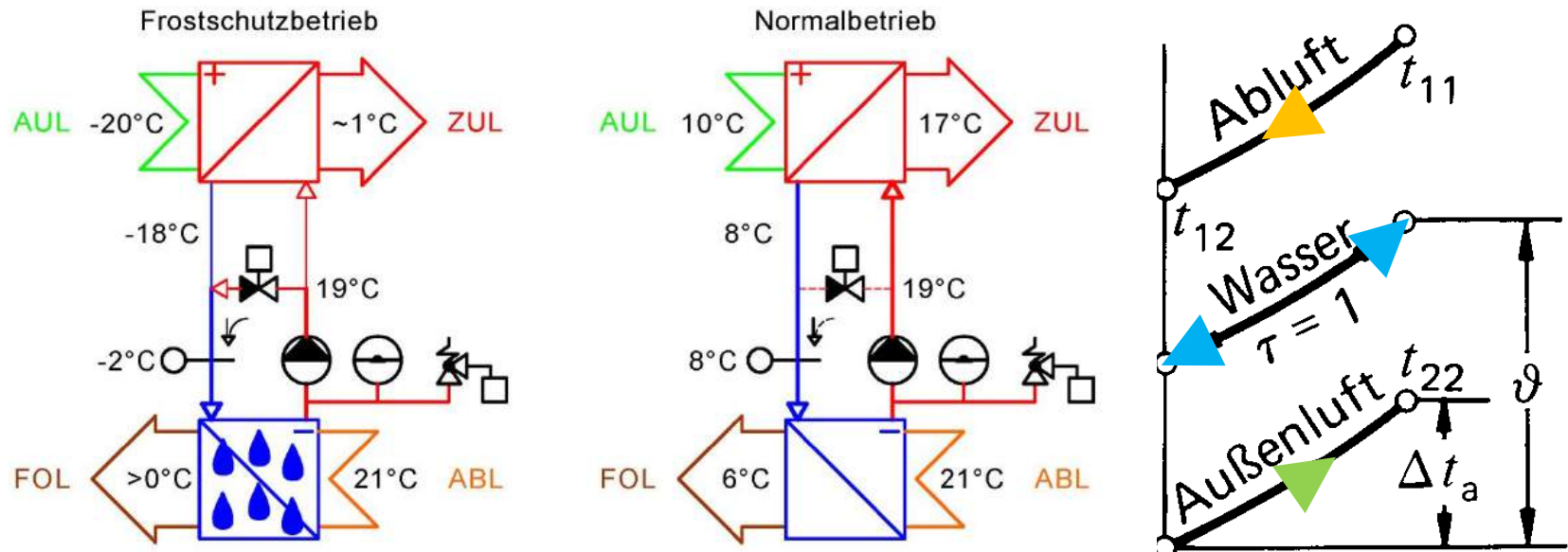
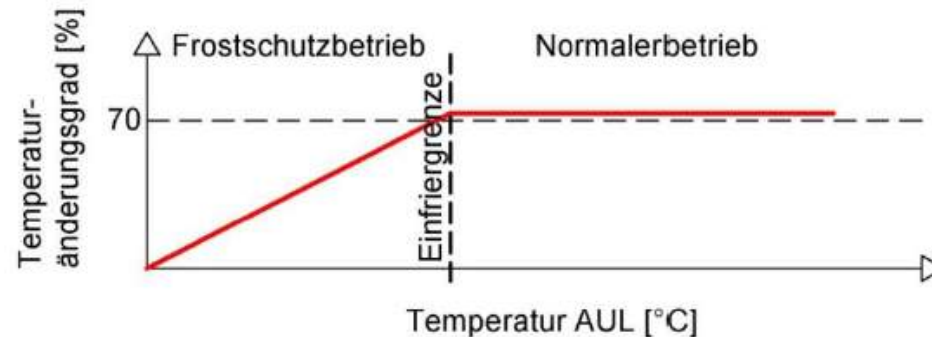
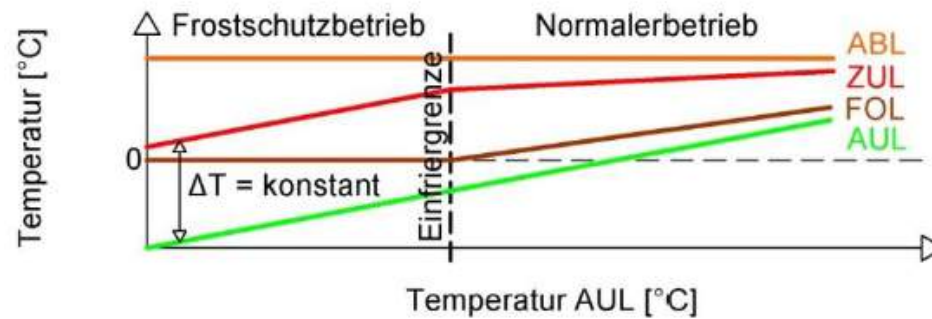
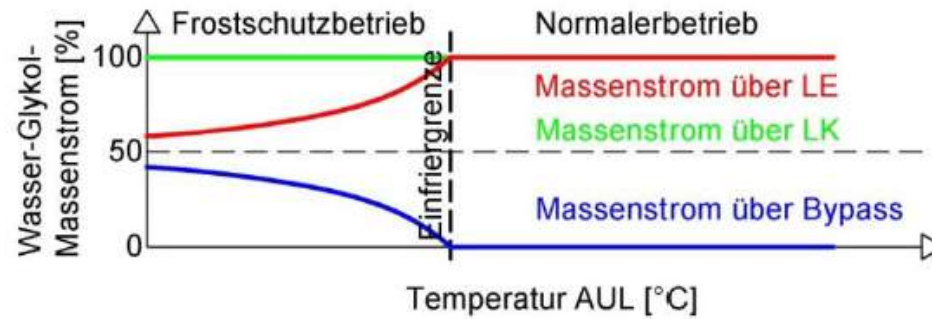


Abbildung 13 a-b: Richtiger Einbau eines Bypasses inkl. Messung der VL Temperatur in den LK. Um das KVS energetisch optimal zu betreiben muss ein Durchgangventil in den Bypass eingebaut werden. Die beiden Darstellungen zeigen das KVS während dem a) Frostschutz- und dem Normalbetrieb.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem



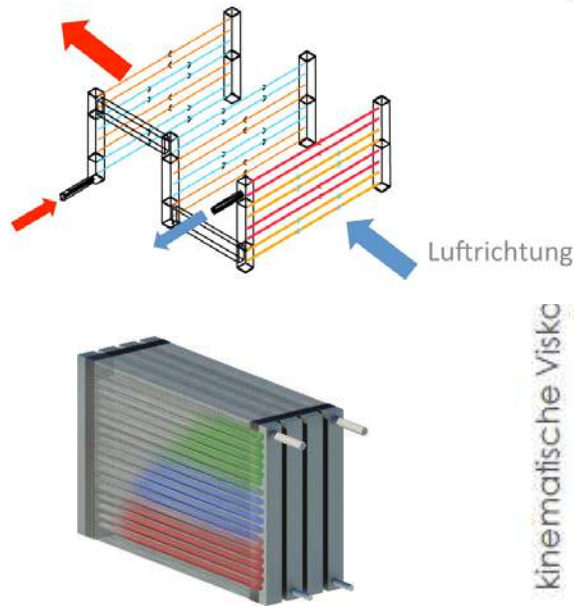
$$\eta = \frac{ZUL-AUL}{ABL-AUL}$$

η nimmt ab

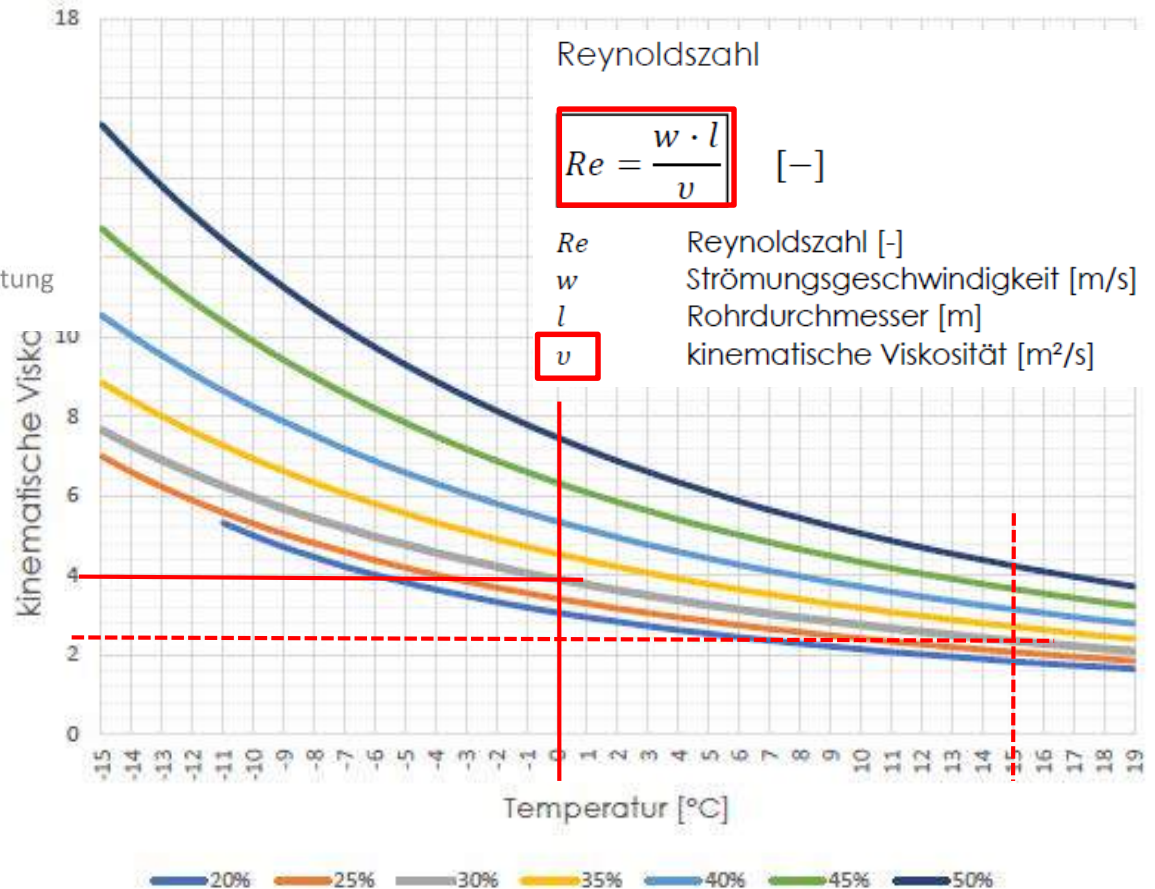
Abbildung 14 a-c: a) Verlauf der Wasser-Glykol-Massenströme im Zwischenkreis, b) der Lufttemperaturen und c) der Temperaturänderungsgrad in Abhängigkeit der AUL Temperatur. Der Unterschied zwischen der Betriebsweise Normal und Frostschutz wird aufgezeigt. Dabei spielt die Einfriergrenze – sobald das Kondensat im der ABL eingefriert würde - eine grosse Rolle. Diese ist abhängig von der Bauart der WÜ und somit vom Hersteller. Im Frostschutzbetrieb verringert sich der Temperaturänderungsgrad, aber die Temperaturerhöhung ΔT der AUL bleibt konstant. Ebenfalls reduziert sich der Wasser-Glykol-Massenstrom über den LE.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Einfluss der Viskosität ...

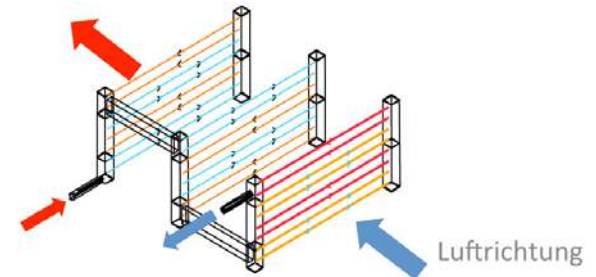


kinematische Viskosität von Wasser-Glykol mit verschiedenen Anteilen Antifrogen N



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Einfluss der Viskosität ...



Die Reynoldszahl bei unterschiedlichen Temperaturen

Anteil Antifrogen N	30%
Eintrittstemperatur (VL)	0[°C]
Austrittstemperatur (RL)	15[°C]
Mittlere Temperatur	7,5[°C]
Strömungsgeschwindigkeit	0,649[m/s]
Innendurchmesser	0,0117[m]

	Eintrittstemperatur	Austrittstemperatur	Mittlere Temperatur
ρ	1048,00 [kg/m³]	1042,00 [kg/m³]	1045,00 [kg/m³]
c_p	3,71 [kJ/(kg·K)]	3,72 [kJ/(kg·K)]	3,72 [kJ/(kg·K)]
ν	$4,39 \cdot 10^{-6}$ [m²/s]	$2,58 \cdot 10^{-6}$ [m²/s]	$3,25 \cdot 10^{-6}$ [m²/s]
λ	0,468 [W/mK]	0,473 [W/mK]	0,470 [W/mK]
Pr	36 [-]	21 [-]	27 [-]
Re	1.726 [-] laminar	2.937 [-] turbulent	2.331 [-] turbulent
Nu	5,70696 [-]	32,14365 [-]	26,57303 [-]
α	228,8652 [W/m²K]	1302,823 [W/m²K]	1070,208 [W/m²K]

Die Nußelt-Zahl und α_i

$$Nu_m = \sqrt[3]{49 + 4,17 \cdot Re \cdot Pr \cdot \left(\frac{d}{h}\right) \cdot K}$$

Bei laminarer Strömung

$$Nu_m = 0,012(Re^{0,87} - 280) \cdot Pr^{0,4} \left[1 + \left(\frac{d}{h}\right)^{2/3}\right] \cdot K$$

Bei turbulenter Strömung

$$\alpha = \frac{Nu_m \cdot \lambda}{l}$$

Konvektiver Wärmeübergang

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem «Forderung TURBULENT»

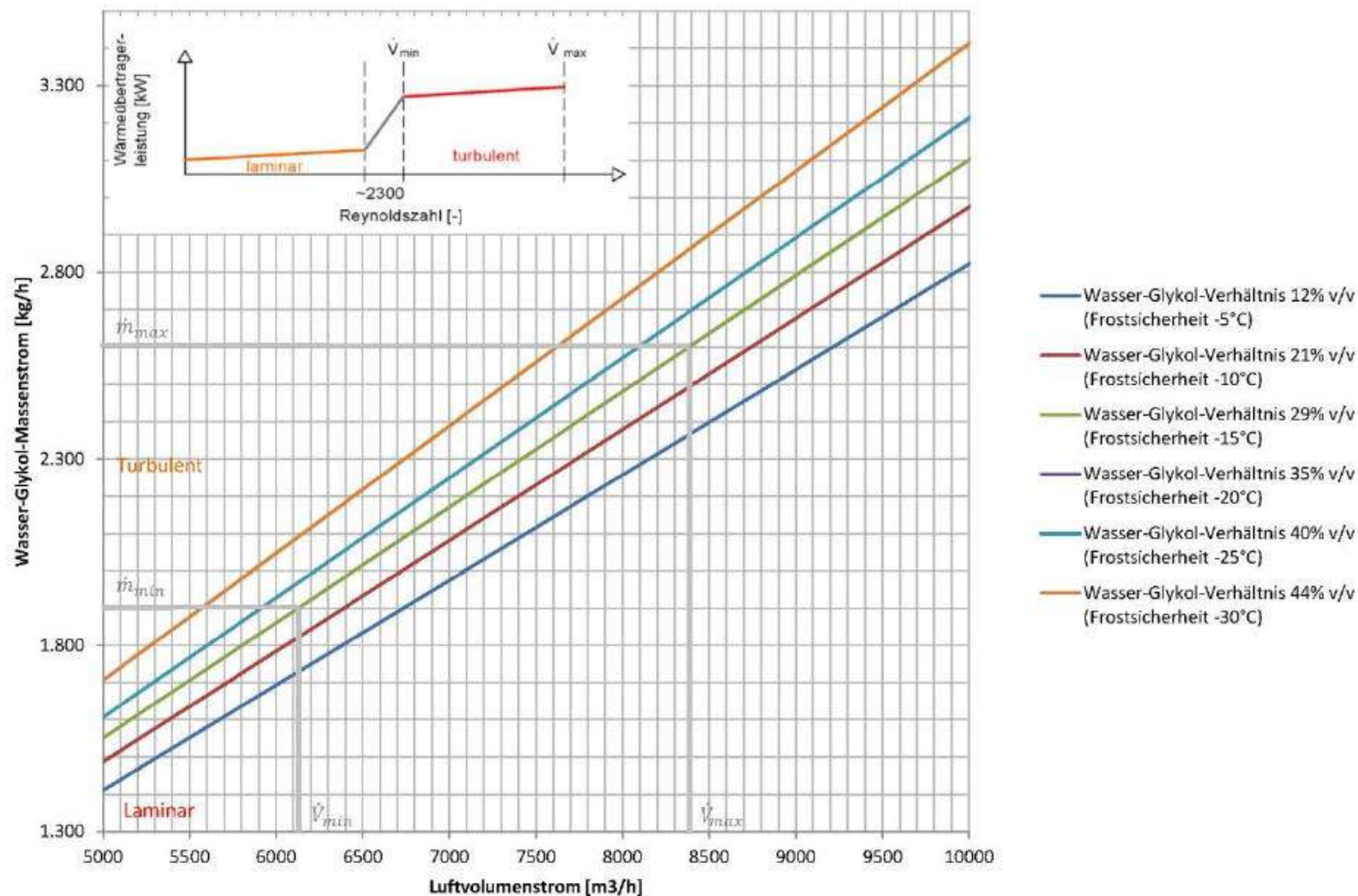
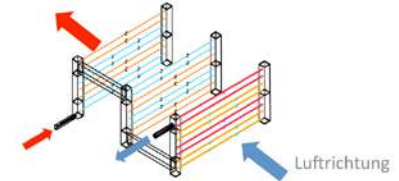
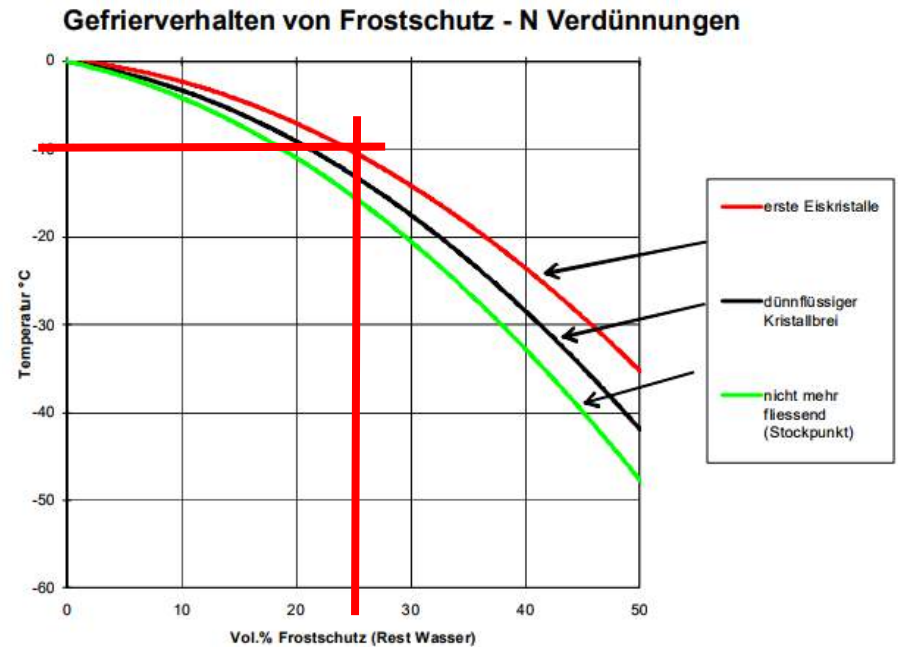


Abbildung 12: Auslegung des optimalen Wasser-Glykol-Massenstroms in Abhängigkeit des Luftvolumenstromes anhand der Gleichung 1. Dieses Diagramm kann zur einfachen Auslegung und Kontrolle des optimalen Wasser-Glykol-Massenstroms verwendet werden. Die Thematik der turbulenten und laminaren Strömung wird im Abschnitt 5.3 erläutert.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem – Was passiert?



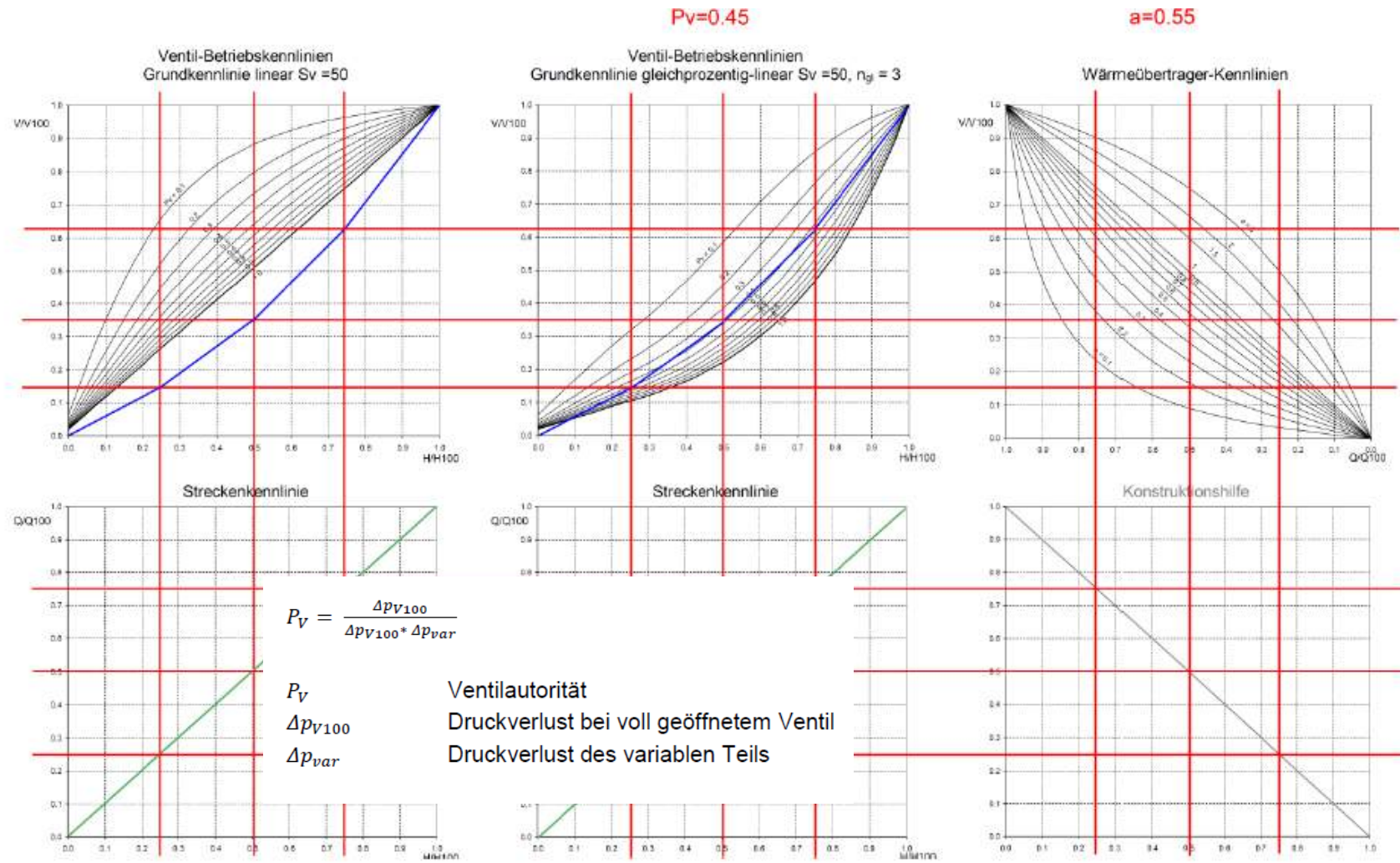
- Einfluss Glykolanteil
- Beginnende Kristallisation bei -10 °C / 25 % Glykolanteil
- Eisbildungsgrenze FOL bei entsprechenden Klimadaten im Bsp. bei -6.6 °C AUL und entsprechender Feuchte und resultierender FOL Temperatur
- In Folge - Eisbildungsgrenze FOL
 - Kristallisation Glykolgemisch
 - Bypass öffnet
 - Frostschutzfühler -2 °C
 - Glykolwasser- Temp. nimmt im AUL-LE ab bis -10 °C
 - FOL bleibt bei $> 0\text{ °C}$
- Regelung über FOL – Feuchte?



Hinweis:
Obere Kurve: Die Kurve der beginnenden Kristallisation entspricht dem Frostschutz, welcher mit dem Refraktometer (auf der Skala Aethylenfrostschutz) bestimmt wird. Diese Handmessgeräte können aber 1-2 Grad abweichen. Dieser Wert hat eine hohe Sicherheitsmarge bis zur effektiven Frostsicherheit in Wärmekreislauf.
Mittlere Kurve: Frostsicherheit gemäss EMPA-Standard

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

Geheimnis – WÜ – Kennlinien bzw. Kennfelder

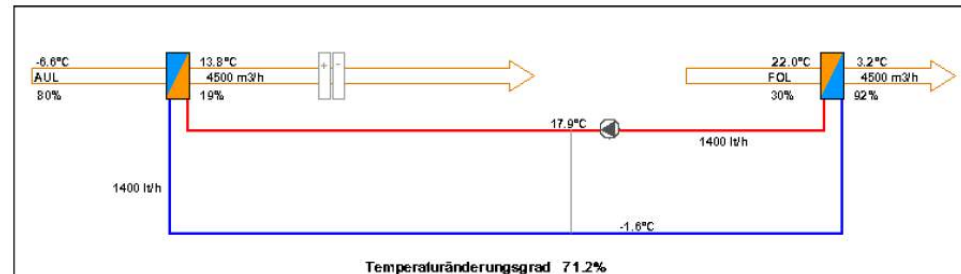


for **Abbildung 16:** Auslegung des Durchgangsventils, um eine lineare Streckenkenlinie zu erhalten. Bei der Annahme eines a-Wertes von 0.55 und dem Ziel einer linearen Streckenkenlinie ergibt sich ein P_v von 0.45.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem; Betriebszustände

Einfrierschutz – Ein abgekartetes Spiel der Physik

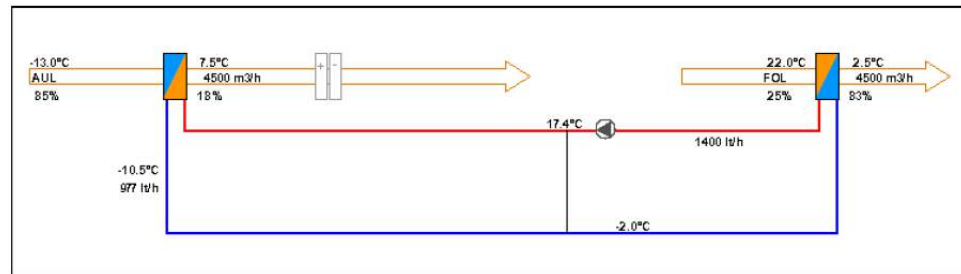
- $t_{ABL/FOL}$: +22/+3.2 (30 % rF)
- $t_{AUL/ZUL}$: -6.6/+13.8 (80 % rF)
- $t_{LE\ ein/aus}$: +17.9/-1.6
- $t_{LK\ ein/aus}$: -1.6/+17.9
- t_{FS} : -1.6
- $m^{\circ}_{LE/LK}$: 1



Eisbildungsgrenze – 7 (- 6.6) °C

Forderung **Erwärmung** (nicht η !) gleichbleibend mit Bypass - hier $\Delta t=20\text{ K}$

- $t_{ABL/FOL}$: +22/+2.5 (25 % rF)
- $t_{AUL/ZUL}$: -13/+7.5 (85 % rF)
- $t_{LE\ ein/aus}$: +17.4/-10.5
- $t_{LK\ ein/aus}$: -1.6/+17.9
- t_{FS} : -2.0
- $m^{\circ}_{LE/LK}$: 0.7



Auslegung tiefste AUL-Temp. - 13 °C



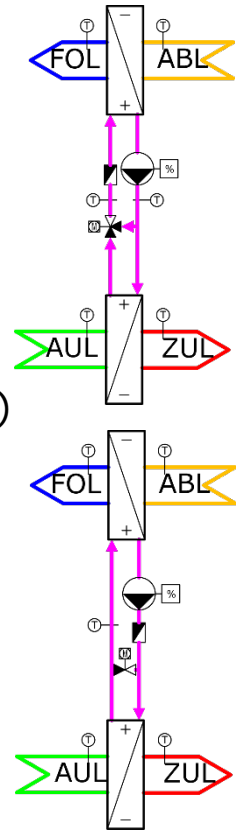
KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

Einfrierschutz – Definition / Funktion

- **Die Eisbildungsgrenze** in einem KVS System ist definiert als die AUL- Temperatur bei der der Bypass des Kreislaufes geöffnet werden muss damit die Temperatur des Wasserglykol Gemisches beim Austritt des Lufterwärmer-Registers nicht unter den Gefrierpunkt (gemeint Eiskristallbildung im Fluid) kommt bei entsprechendem Glykolanteil.
- Definition Eisbildung 'Frostschutz (bei beginnender Kristallisation) welcher mit dem Refraktometer bestimmt wird'.
- Die Leistung, über den Bypass reduziert auf -2 °C Mischtemperatur im Fluid nach dem Mischpunkt, damit das FOL-Register nicht durch kondensierendes und einfrierendes Wasser „blockiert“ werden kann.
- **Anmerkung:**
 - Die Anlagen werden fast immer so betrieben, dass die FOL kein Einfrieren des Kondensates zulässt.
 - Ausnahme: Konvekta-Systeme mit mehreren FOL-WT, bei welchen der Controller definiert ein Einfrieren des Kondensates zulässt und im Revolverprinzip wieder enteist wird. (Untersuchungen HSLU BDA 2017 von HH Stäger und Nützi)
- **Fazit:** Ein Zusammenspiel der physikalischen Eigenheiten und des Machbaren in Bezug auf die Mess- und Regeltechnik – deshalb keine Feuchtemessung als Regelgrösse am FOL Register. Die Ausgangsgrösse ist der Frostschutz-Gefrierpunkt bei entsprechendem Glykolanteil und diese wiederum führt bei diesen Anlagen (25 bis 30 % Glykolanteil) zu der bekannten Grösse der – 2°C FS Fühler (Anti-Eisbildungs-Temperaturfühler)

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Allgemein
 - Für die beste Wärmeübertragung muss Wärmestromkapazität für Medium und Luft gleich sein (Folge-Folie).
- KVS mit 3-Weg Ventil
 - Temperaturregulierung Luft und Frostschutzschaltung über 3-Weg Ventil
 - Regulierung Massenstrom Pumpe Medium über Kaskadenregulierung Volumenstrom Luft / Δp Medium (Sollwertschiebung)
- KVS mit Durchgangsventil
 - Wie mit 3-Weg Ventil (an Stelle 3-Weg Ventil Durchgangsventil)
 - Bei der Temperaturregulierung Luft mit dem Durchgangsventil ändern sich die Druckverluste Medium ► Pumpendrehzahl auf momentanen Drucksollwert bzw. Massenstrom nachführen



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem – Die Bedingung

Wärmestromkapazität

- Luft / Wasser-Glykol

$$W_L = W_{WG}$$

$$\dot{m}_L \cdot c_{p,L} = \dot{m}_{WG} \cdot c_{p,WG}$$

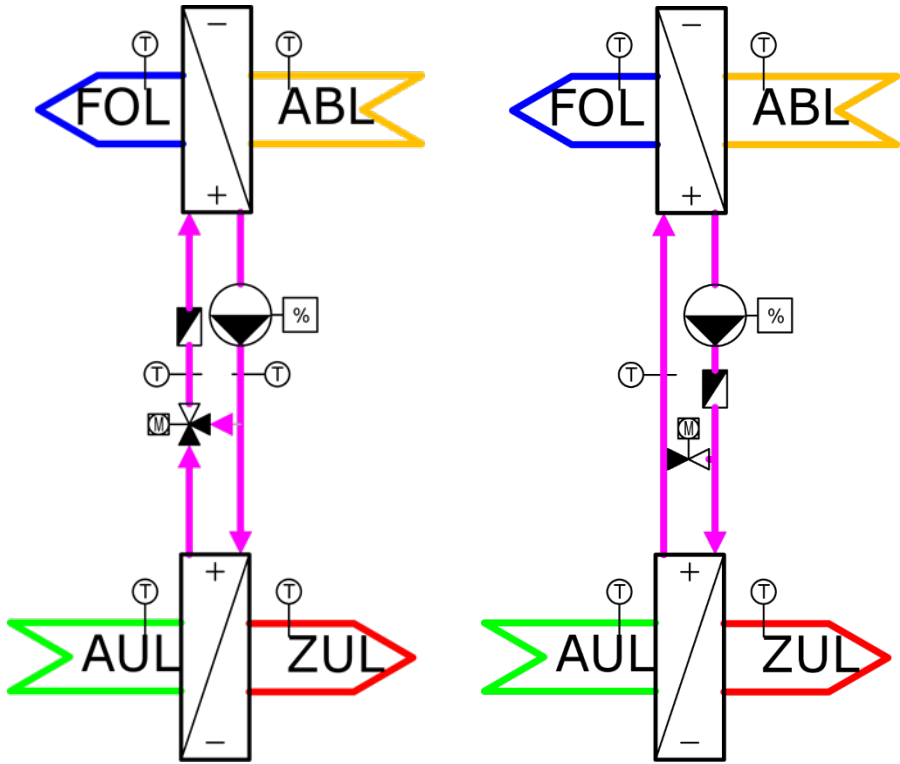
- Massenstromverhältnis
Luft / Wasser-Glykol (z.B. 25%)

$$\frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_{WG}} = \frac{c_{p,WG}}{c_{p,L}}$$

mit $c_{p,WG} = 3.8 \frac{kJ}{kg, K}$

$c_{p,L} = 1.01 \frac{kJ}{kg, K}$

$$\frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_{WG}} = \frac{3.8}{1.01} = 3.7$$



Quelle: Balmer

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem – Die Bedingung

▪

$$\dot{m}_W * c_{pW} = \dot{m}_L * c_{pL}$$

- Da der **Massenstrom** bei einem KVS die WRG entscheidend beeinflusst, muss dieser **gemessen** und als **Regelgrösse verwendet** werden.
- Wenn keine Messung im Zwischenkreis eingebaut werden kann, gibt es eine zweite Möglichkeit zur Regelung.
- Neue Pumpen können anhand der **Drehzahl und Druckerhöhung** den **Massenstrom regeln**. Dazu müssen bei der Inbetriebnahme die Anlagekennlinie und die dazugehörige Drehzahl, sowie die Druckerhöhung der Pumpe bestimmt werden. Anhand dieser beiden Werte kann die Pumpe anschliessend den Massenstrom ermitteln und diesen bei einer Druckverluständerung konstant halten (z.B. bei einer Druckverluständerung in Folge einer Frostschutzschaltung).
- Der **Massenstrom Luft** ist selbstverständlich ebenfalls zu messen und als Regelgrösse einzusetzen

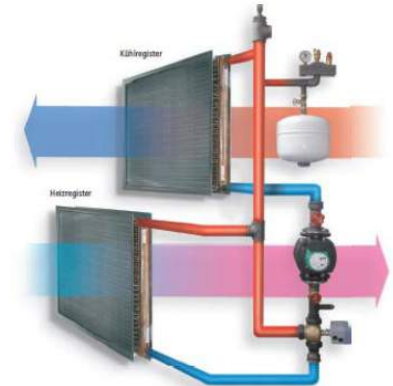
KVS Forschungsprojekt

Optimierung von Wärmerückgewinnungsanlagen in Lüftungs- und Klimasystemen

Zentrum für Integrale Gebäudetechnik
Christoph Stettler
Assistent

T direkt +41 41 349 32 77
christoph.stettler@hslu.ch

Horw 28.10.2014

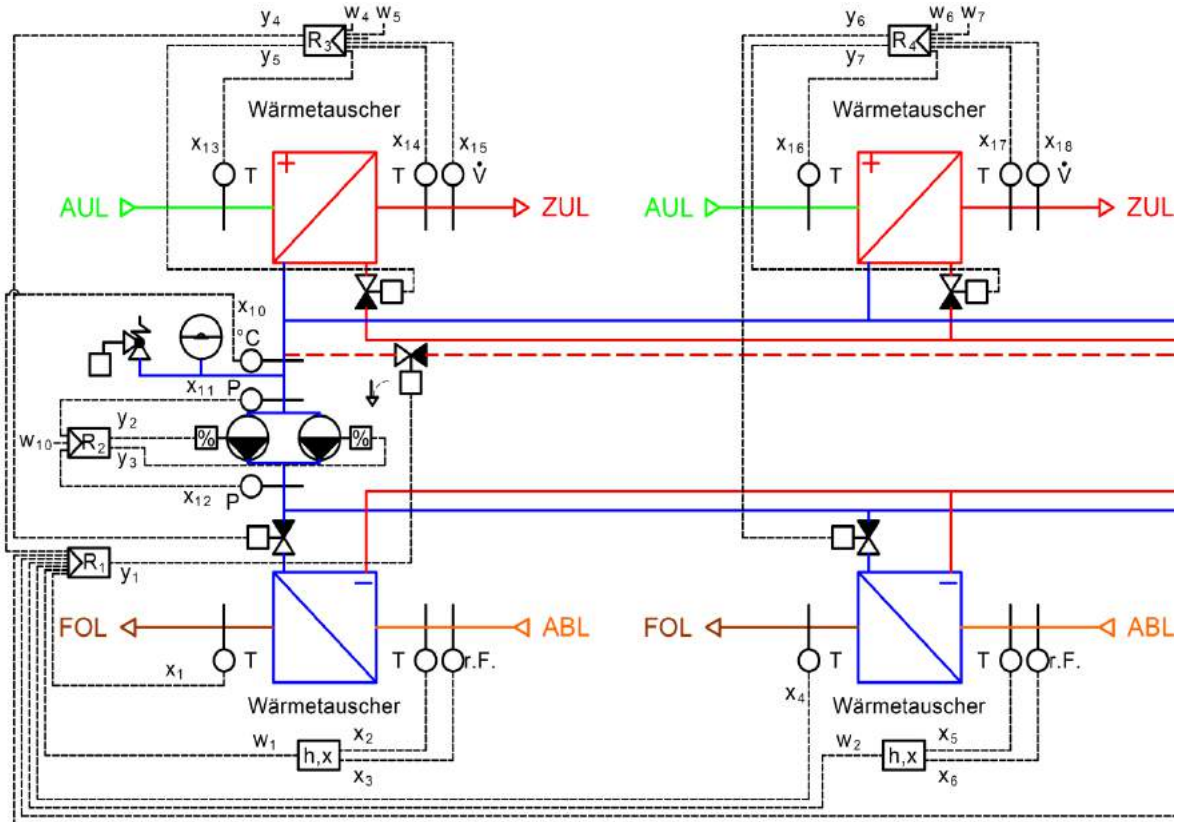


Fragestellungen:

- **einfaches - genügend genaues** Simulationsmodel - komplexen KVS?
- **Optimum** zwischen Energieeffizienz und Kosten (Investition/Betrieb)?
- **Parameter** - Einfluss auf das Optimum?
- **standardisierte** Aussagen?

KVS – Diplom- und Masterarbeit Christoph Stettler HSLU

- Standardisierung und energetische Optimierung von Kreislaufverbundsysteme zur Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen
- Komplexes KVS



Das Fallbeispiel – IBS

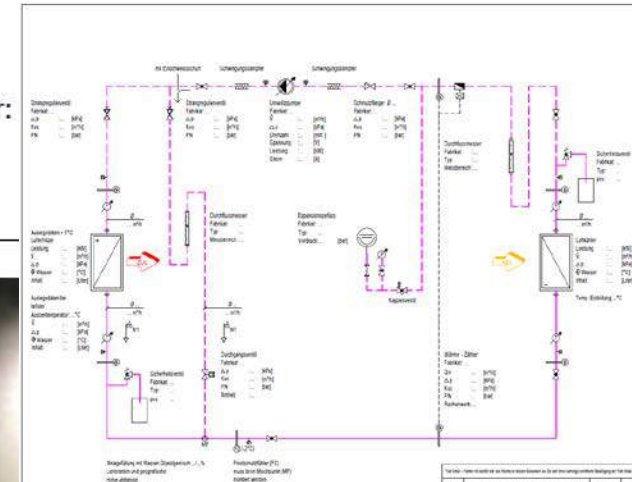


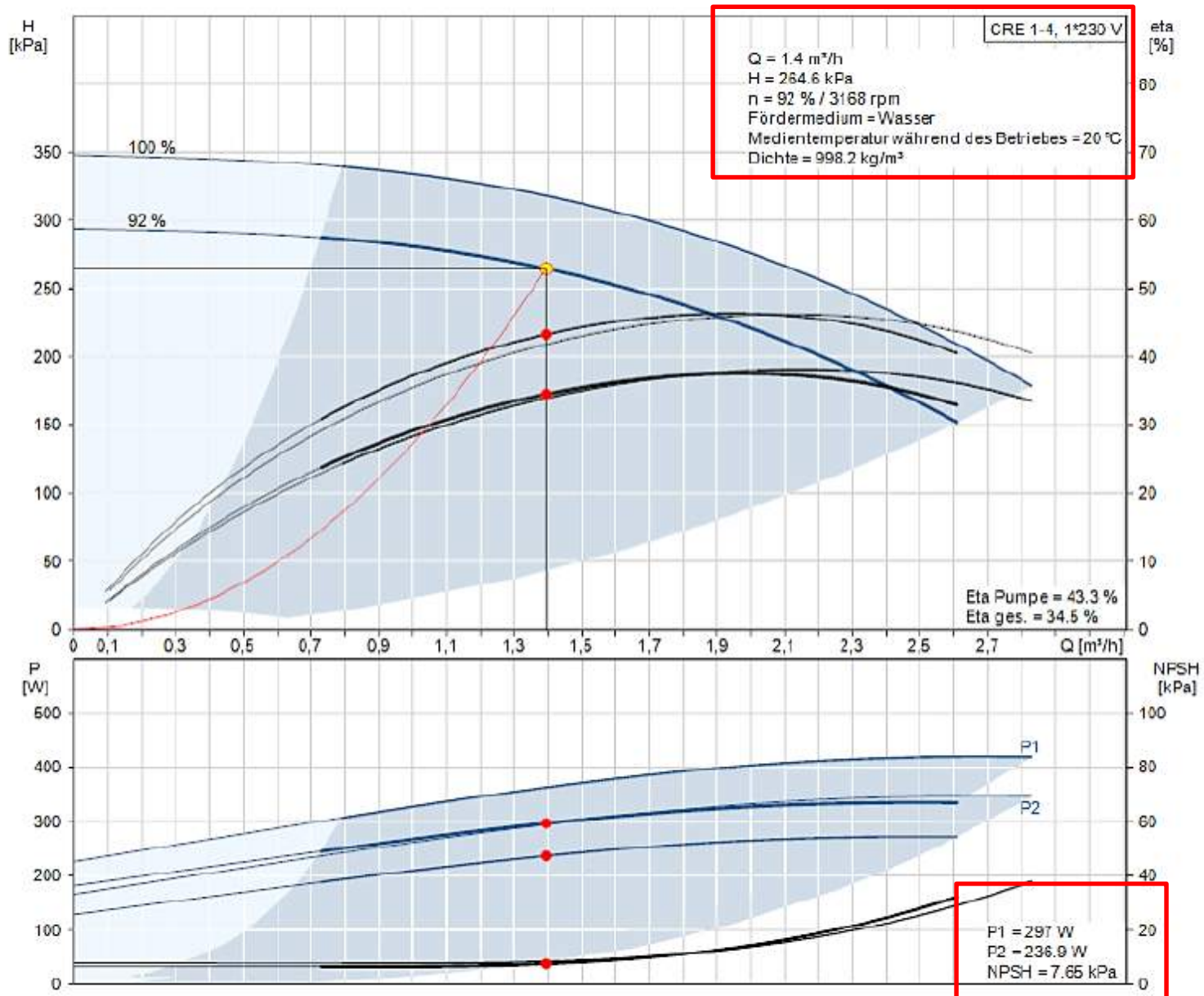
J:\Hik\WRG\IMG_6476.JPG

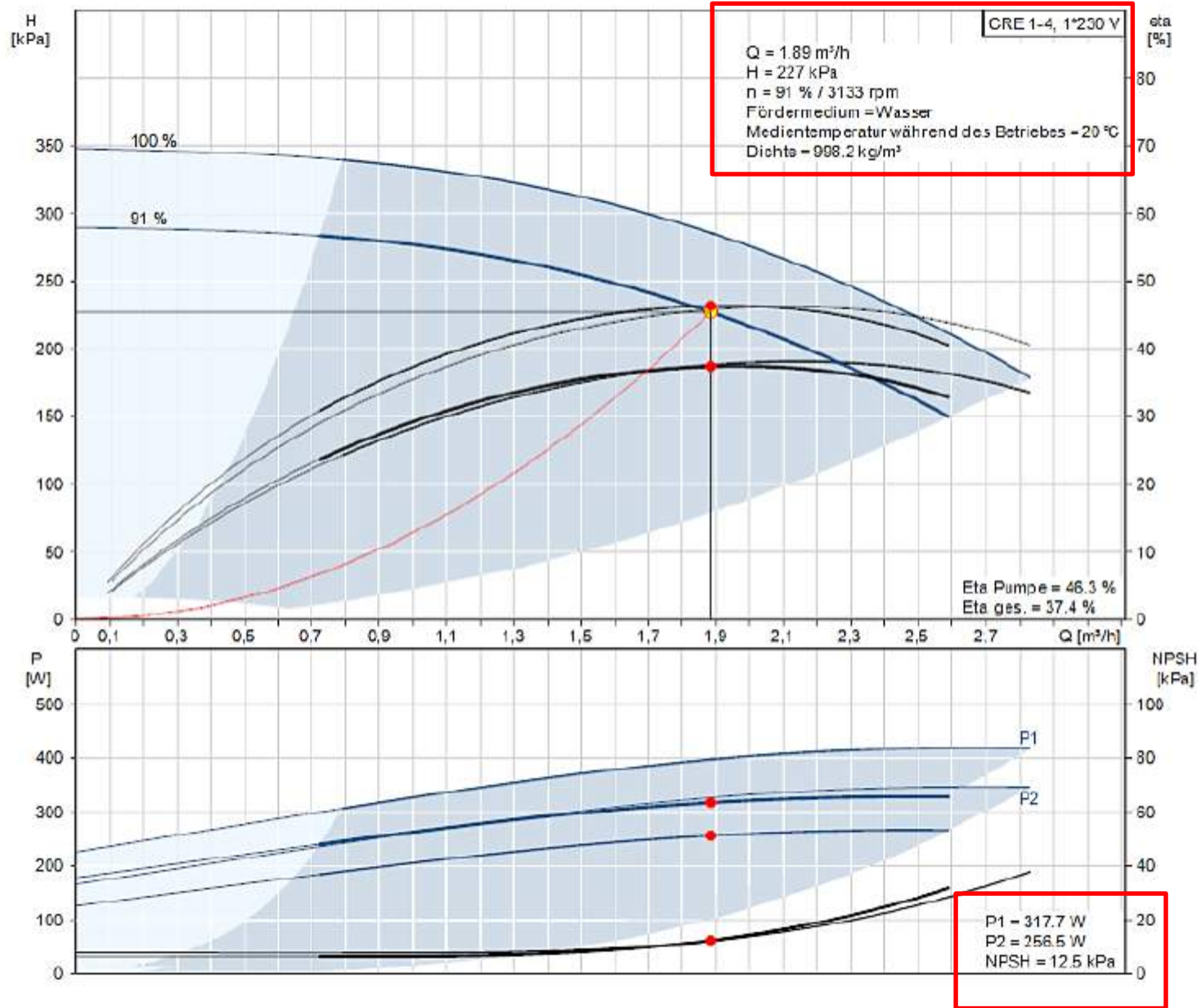
Bild 1: oben links
 Bypass geschlossen,
 Durchfluss WRG-Lufterwärmer:
 $m^{\circ}_{\text{Ist}} = 1425 \text{ l/h} - 100 \%$
 $m^{\circ}_{\text{Soll}} = 1400 \text{ l/h} - 100 \%$

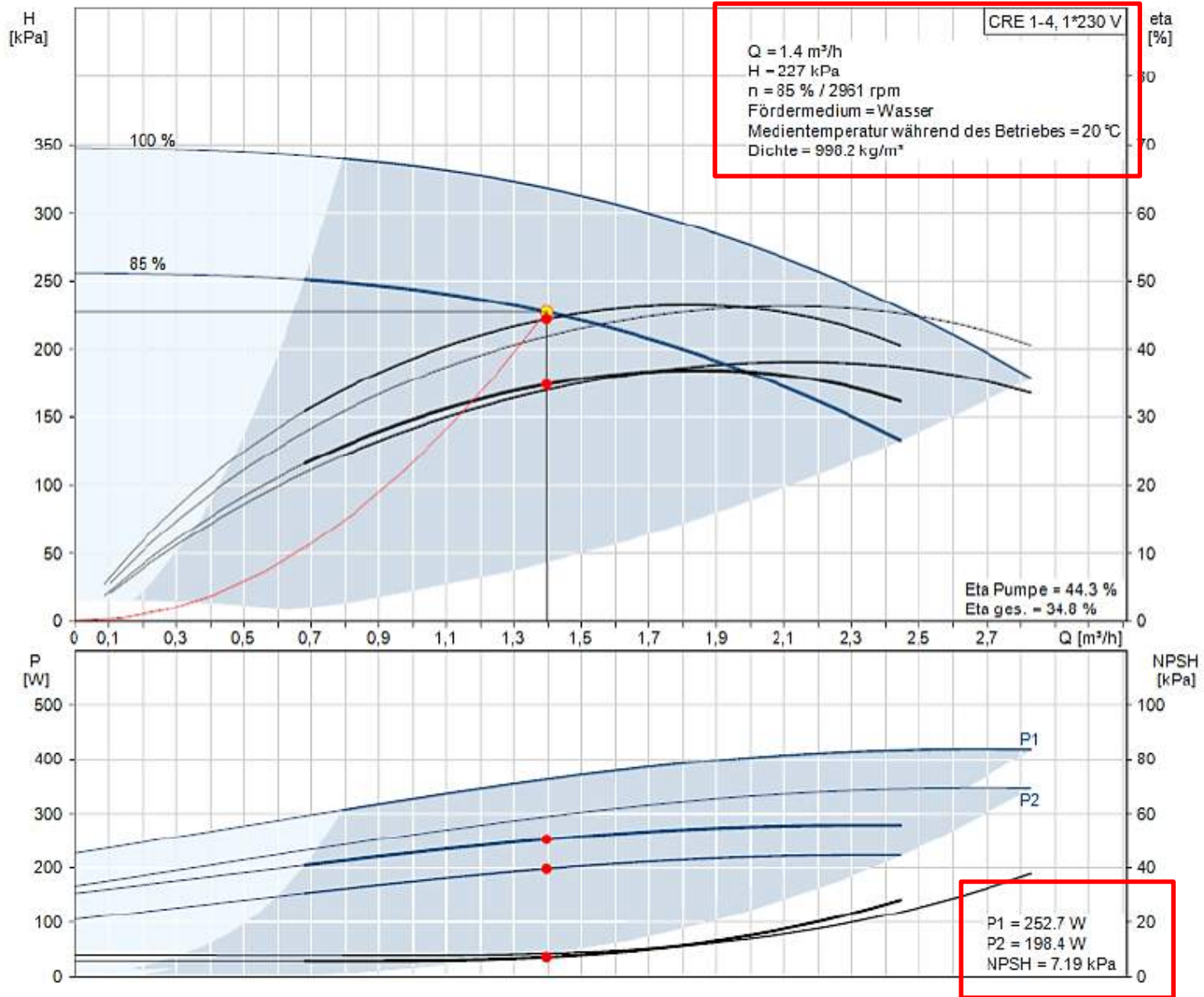
Bild 2: unten links
 Bypass offen,
 Durchfluss Bypass:
 $m^{\circ}_{\text{Ist}} = 335 \text{ l/h} - 24 \%$
 $m^{\circ}_{\text{Soll}} = 300 \text{ l/h} - 22 \%$

Bild 3: unten rechts
 Bypass offen,
 Durchfluss WRG-Lufterwärmer:
 $m^{\circ}_{\text{Ist}} = 1550 \text{ l/h} - 109 \%$
 $m^{\circ}_{\text{Soll}} = 1100 \text{ l/h} - 78 \%$









KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

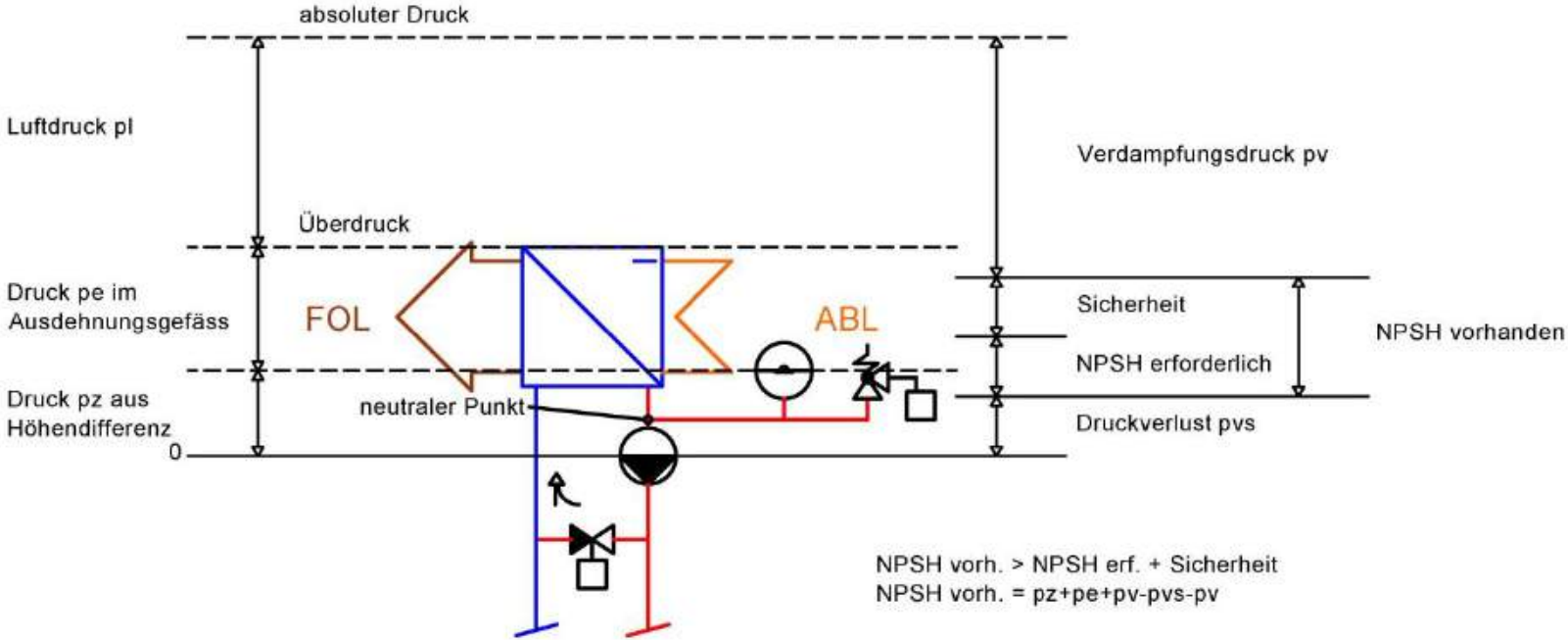


Abbildung 19: Auslegung des NPSH bei einem KVS.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

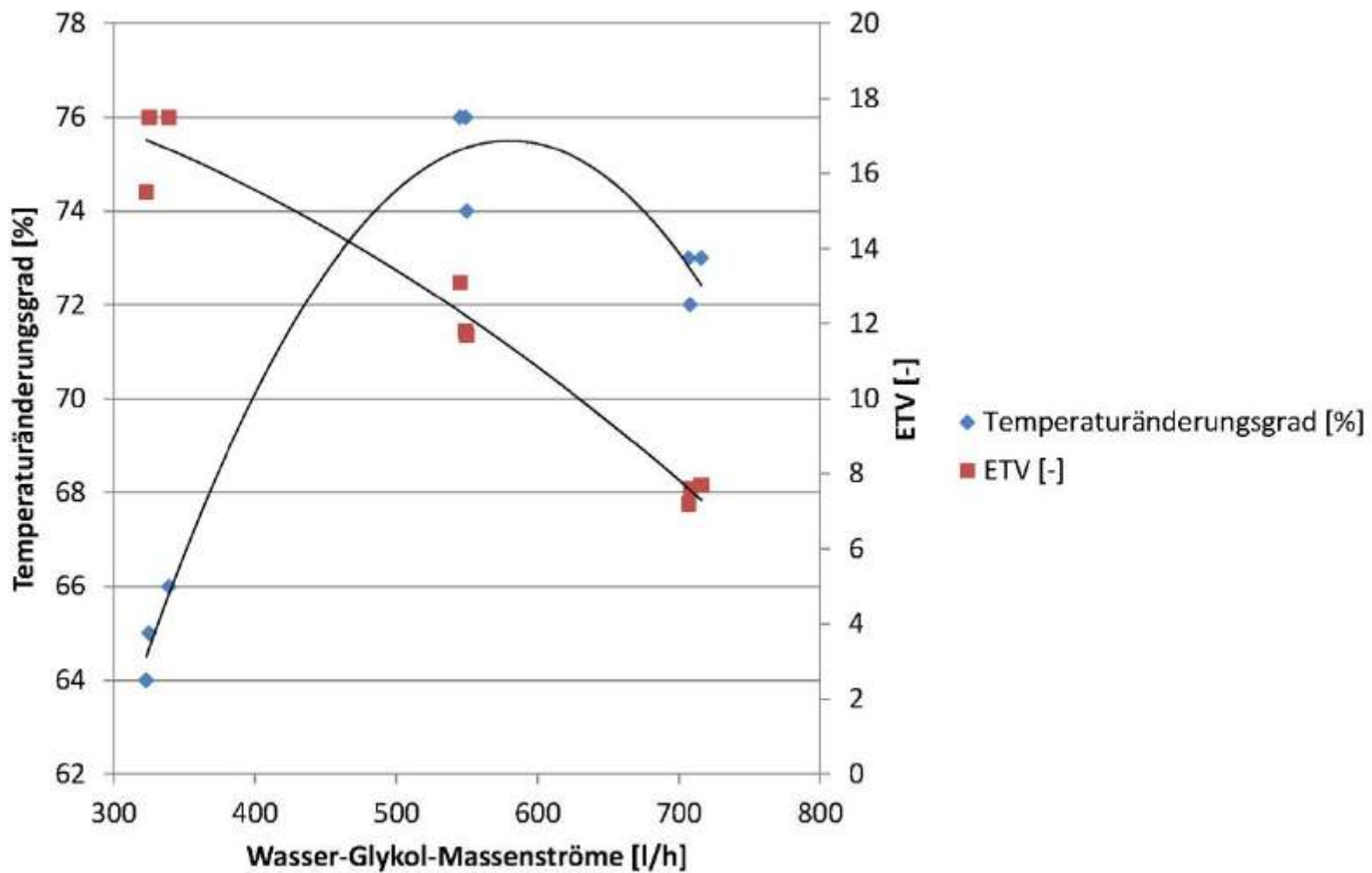


Abbildung 20: Vergleich des Temperaturänderungsgrad mit dem ETV bei unterschiedlichen Wasser-Glykol-Massenströmen. Sichtbar wird, dass der Temperaturänderungsgrad ein Maximum hat. Im Gegensatz dazu sinkt der ETV mit steigendem Wasser-Glykol-Massenstrom. Aus diesem Grund sollte ein KVS nie mit zu hohem Wasser-Glykol-Massenstrom betrieben werden.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Die Frage an den Autor Stettler nach dem Spatz in der Hand und der Taube auf dem Dach

Frage Hik an den Autor:

Sollte die Reise zurück gehen zum

Dreiwegventil mit drehzahl-geregelter Pumpe?

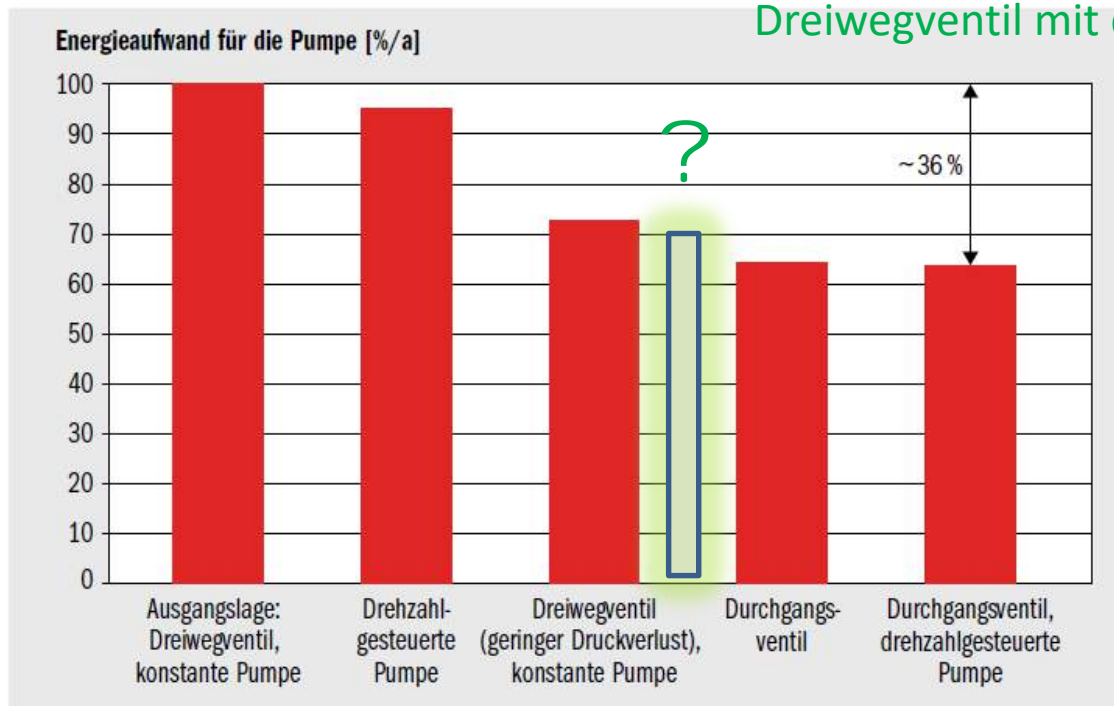
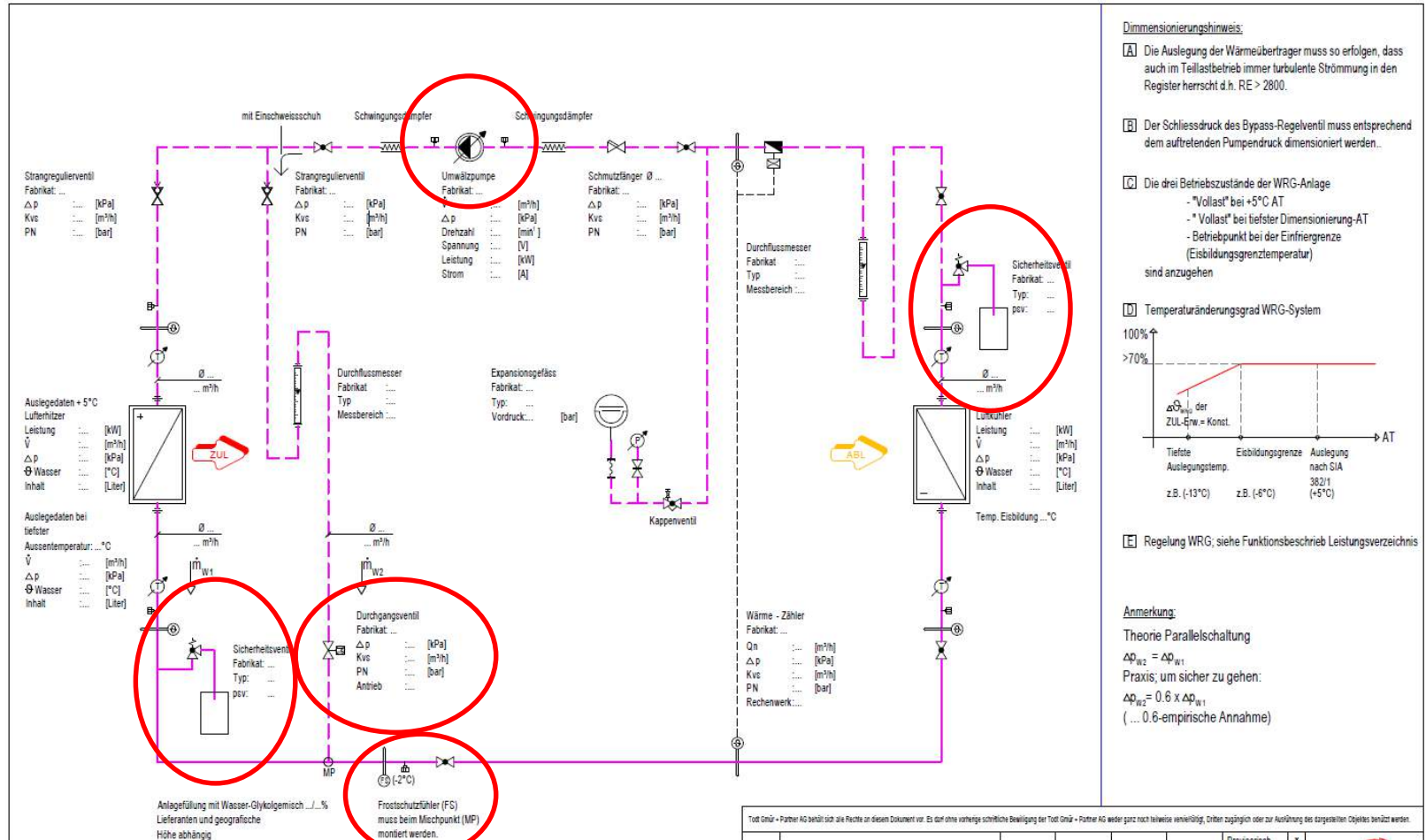


Abbildung 7: Einsparungspotenzial des Energieaufwands der Pumpe im Zwischenkreis beim Einbau eines Durchgangsventils im Bypass und einer drehzahl-gesteuerten Pumpe.

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem - Zusammenfassung

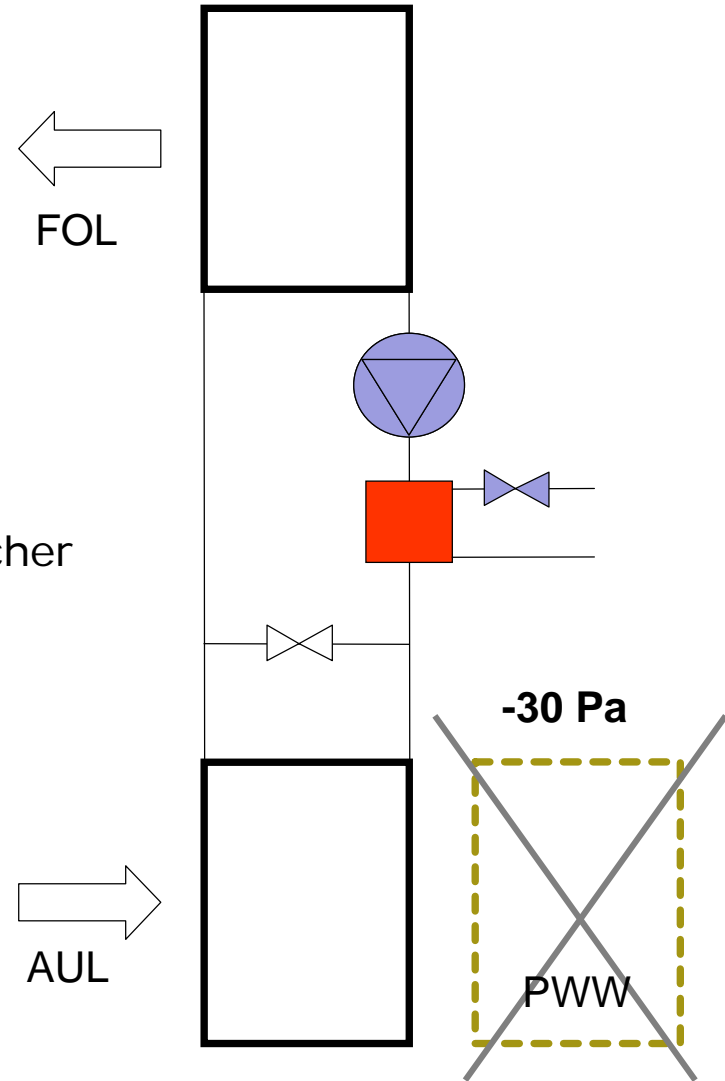
- Schaltung mit Bypassventil und regulierter Pumpe



Beispiele

KVS – Mehrfachfunktionale WRG

- Mehrfachfunktionale WRG mit Einspeisung von Wärme über Plattentauscher
- Nachwärmung der AUL über Plattentauscher statt PWW-Lufterhitzer
- Bedingung : Rückwärmzahl $> 70\%$

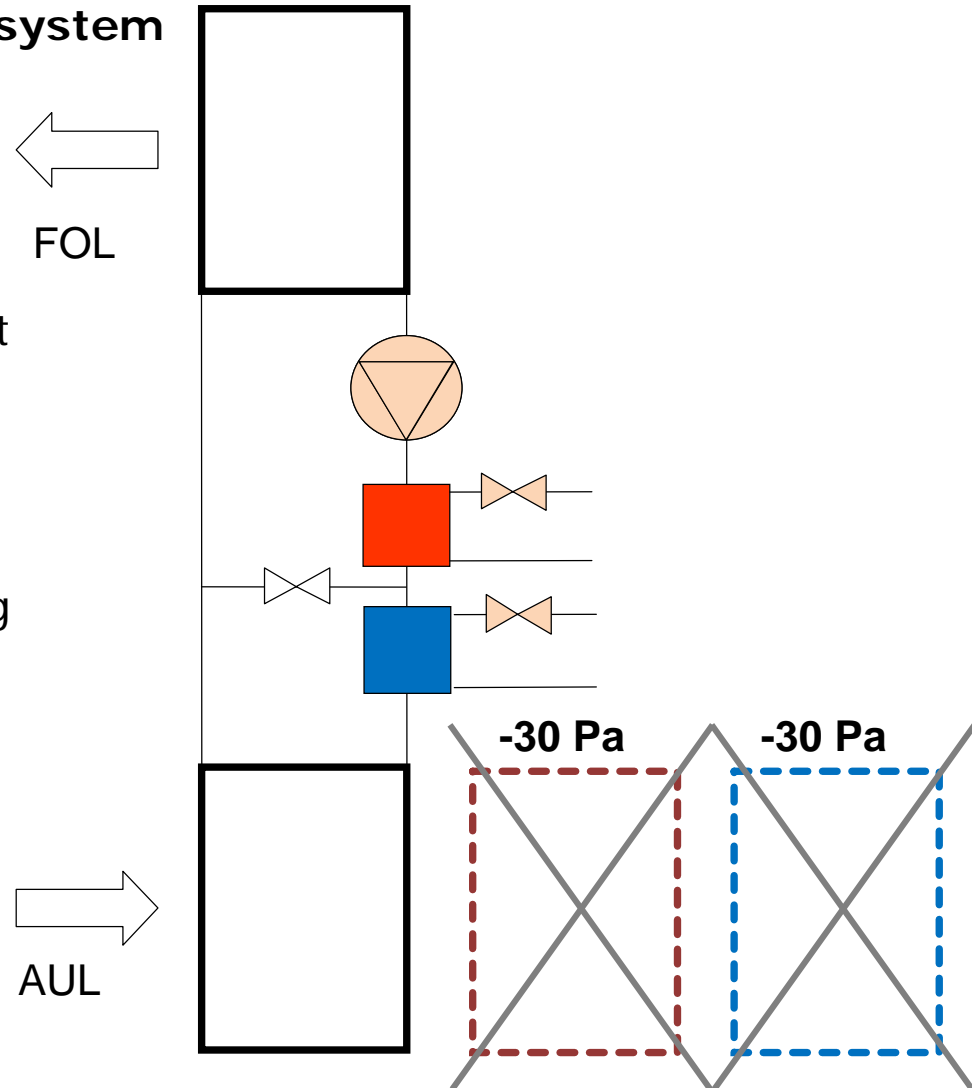


Quelle: Konvekta

Beispiele

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

- Mehrfachfunktionale WRG mit Einspeisung von Wärme über Plattentauscher
- Kühlung der AUL:
 - Kein Luftkühler notwendig
 - Weniger Platzbedarf
 - Weniger Luftwiderstand (Ventilator-Energie)



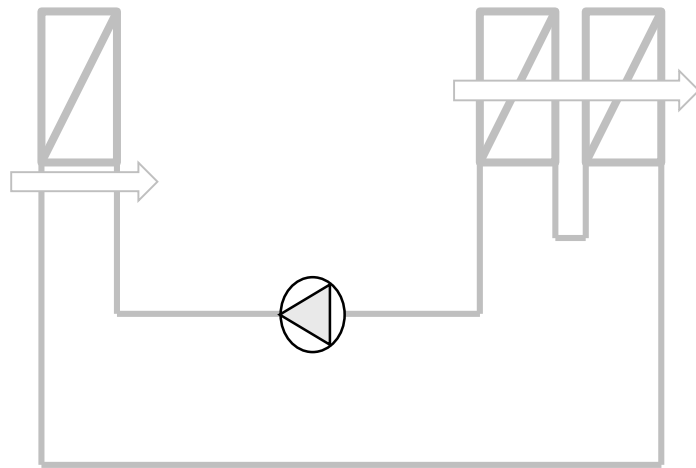
Quelle: Konvekta

KVS – WRG Kreislaufverbundsystem

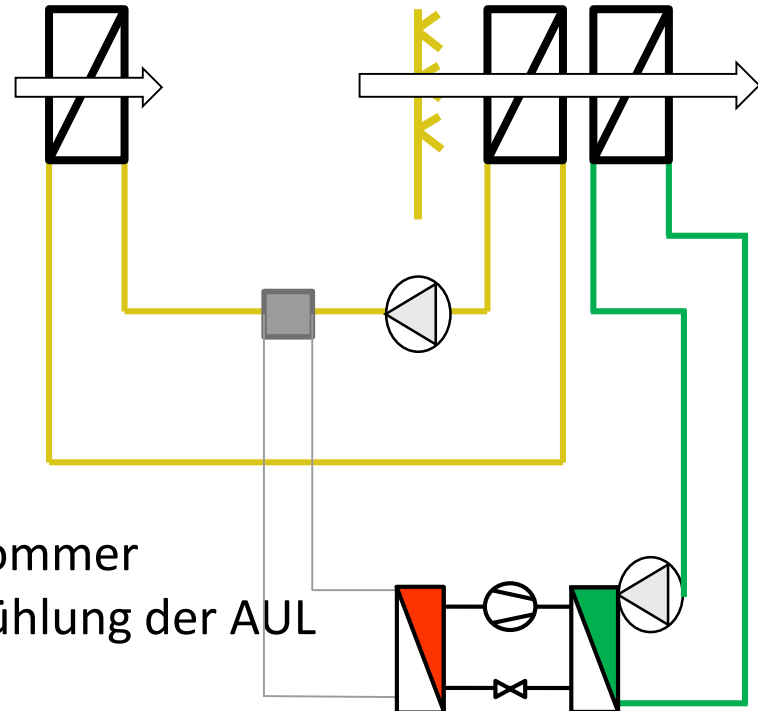
- WRG Mehrfachfunktionalität - Einbindung Kältemaschine
Rückkühlung Kältemaschine über WRG-System

Kein Rückkühler
notwendig

} Investitionskosten Rückkühler
Platzbedarf, Schallschutz-Massnahmen



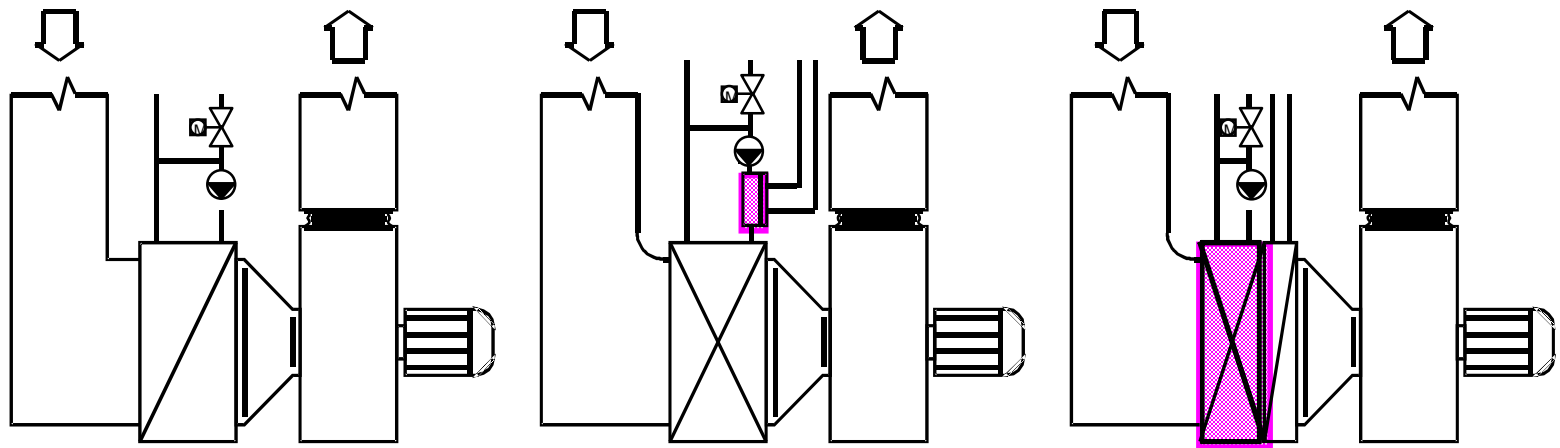
Winter
Erwärmung der AUL



Sommer
Kühlung der AUL

Wärmerückgewinnung – Sanierungen von bestehenden Anlagen

- Wirtschaftlichkeit beachten



Bestand - Beispiel

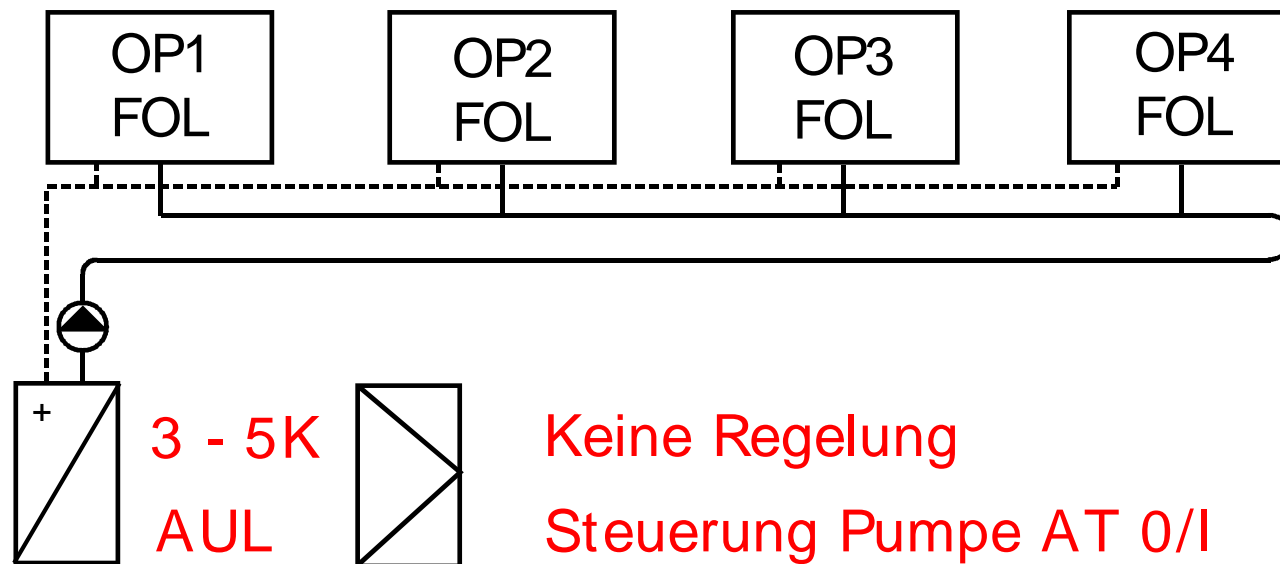
PT zur Unterstützung
der WRG
(Leistungsanhebung)

Platz optimieren mit
WRG und LE

Wirtschaftlichkeit !!

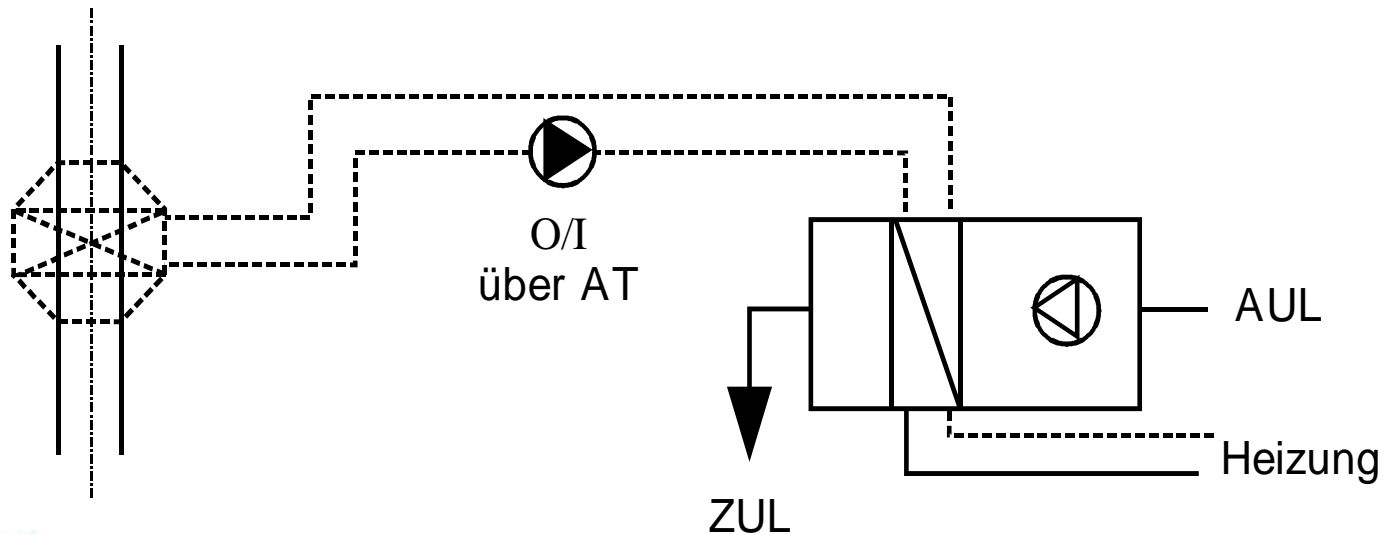
Wärmerückgewinnung – Sanierungen von bestehenden Anlagen

- Beispiel Defroster - Problem Filtervereisung
- Zentrale AUL-Fassung – Enteisung mit den 4 OP ABL-Anlagen



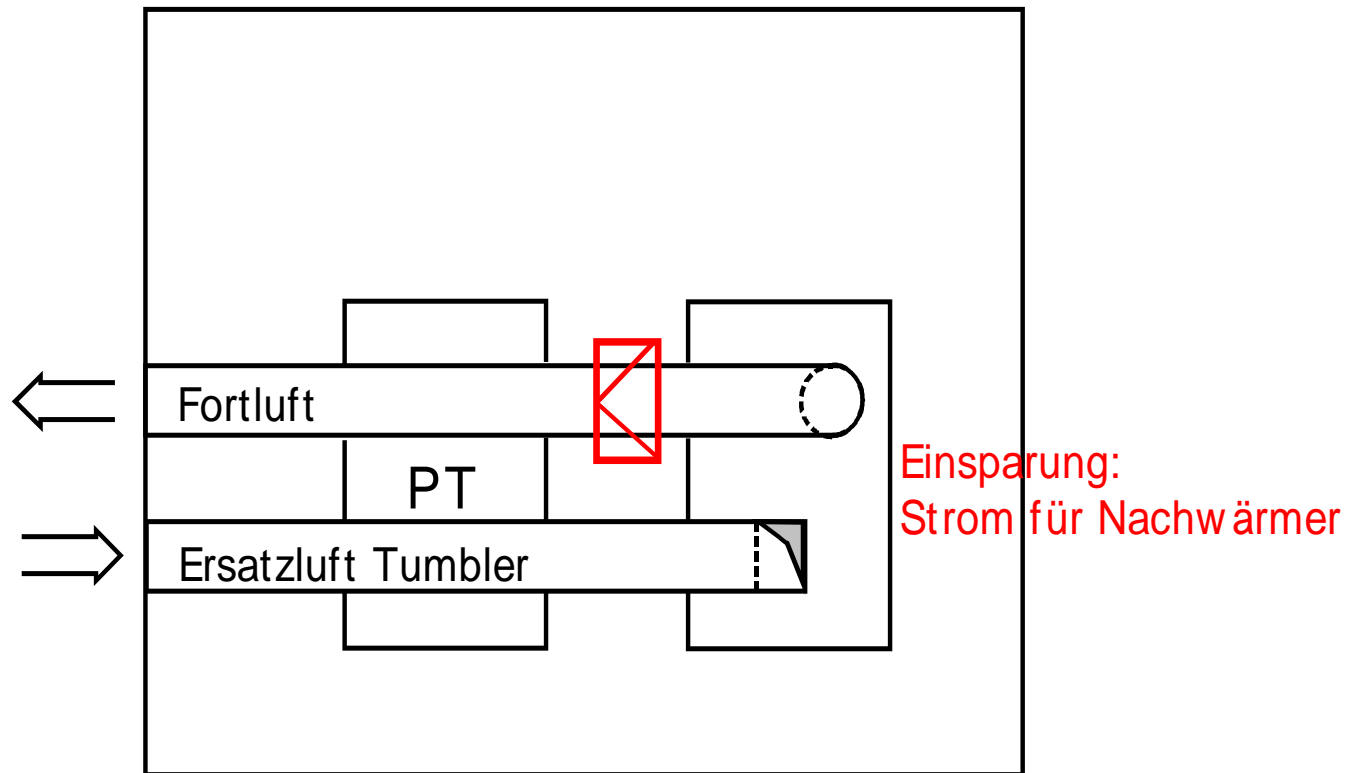
Wärmerückgewinnung – Sanierungen von bestehenden Anlagen

- Beispiel Wäscherei
- Anfallende Abwärme möglichst am gleichen Ort für das gleiche System nutzen.
- Defekte Heizung abgehängt → Neu 100 % AWN. Die Wärme fällt immer an wenn Personen am Arbeiten sind.



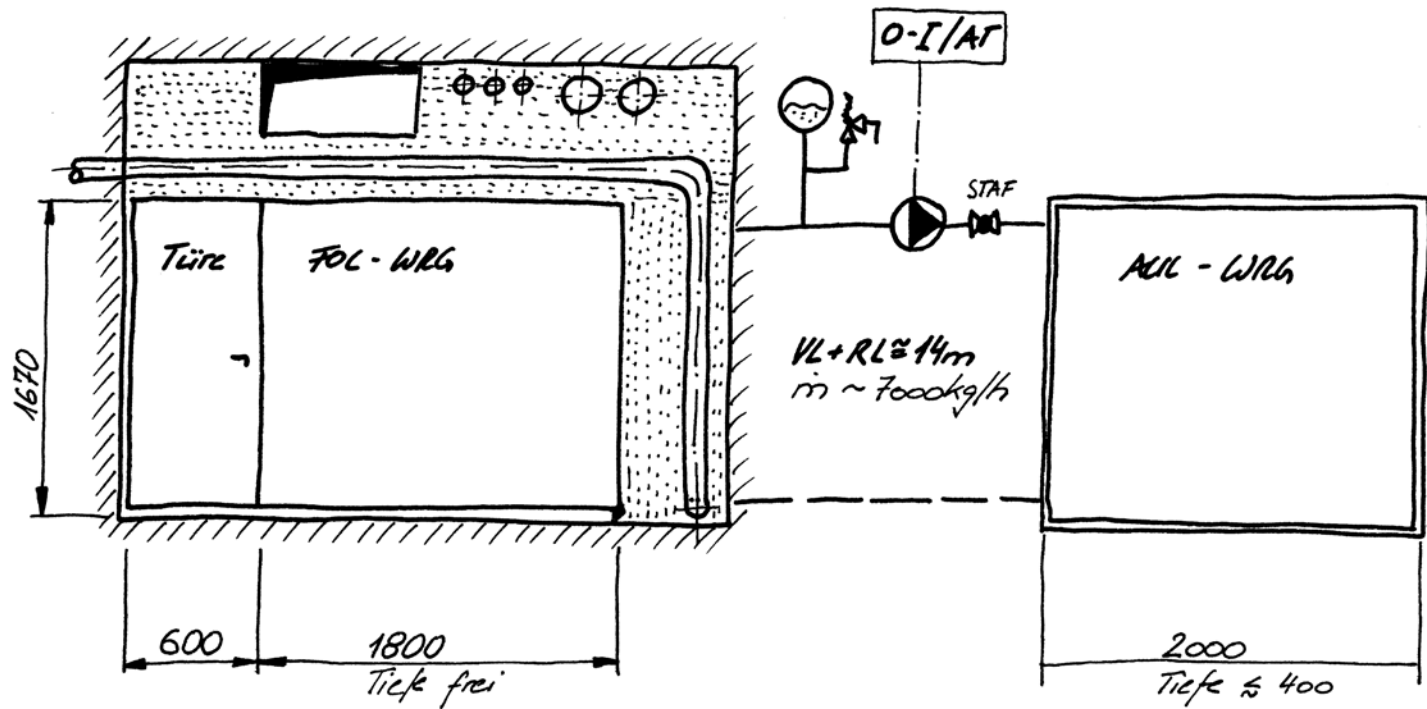
Wärmerückgewinnung – Sanierungen von bestehenden Anlagen

- Optimierung Tumbler $P = 40 \text{ kW} \rightarrow 20 \text{ kW}$



Wärmerückgewinnung – Sanierungen von bestehenden Anlagen

- Klassische Nachrüstung $V^\circ = 120'000 \text{ m}^3/\text{h}$



KVS – WRG Kreislaufverbundsystem – Periodische Kontrolle

Folgende Punkte sind bei einer periodischen Kontrolle von KVS zu beachten:

- Kontrolle der Messmittel (inkl. Messunsicherheiten) und deren Montage
- Kontrolle des Temperaturänderungsgrades und ETV (allfällige Nachwärmer und -kühler im Wasser-Glykol-Zwischenkreis ausschalten)
- Kontrolle der Temperaturdifferenzen beim Wärmeübertrager anhand der Auslegung
- Überprüfung des Massenstromes im Wasser-Glykol-Zwischenkreis
- Kontrolle der Drehzahlregulierung der Pumpen
- Kontrolle des Bypass-Regelventils
- Kontrolle des Wasser-Glykol-Verhältnisses

- **Kann u.U. eine WRG nachgerüstet werden?**

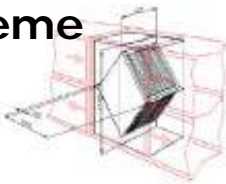
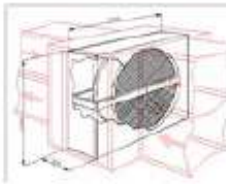
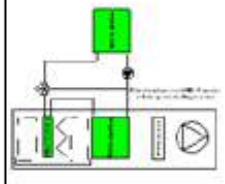
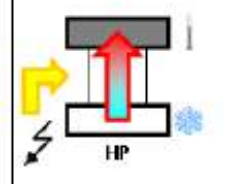
KVS – WRG Kreislaufverbundsystem - Optimierung

Nicht nur bei neuen, sondern auch bei bestehenden KVS gibt es Optimierungsmassnahmen. Dabei sind folgende fünf Punkte zu beachten:

- Konstant betriebene Pumpe durch eine drehzahlgesteuerte Pumpe ersetzen. Wennes nicht möglich oder sinnvoll ist, muss die konstante Pumpe auf den optimalen Massenstrom bei den meisten Betriebsstunden eingestellt werden.
- Dreiwegventil durch ein Durchgangsventil ersetzen.
- Korrekte Auslegung des Regelventils auf den tatsächlichen Bypassdurchfluss und den Druckverlust des Lufterwärmers (Parallelbetrieb).
- Regelung der Pumpe an den optimalen Wasser-Glykol-Massenstrom anpassen und die Regelung beim Frostschutzbetrieb überprüfen.
- Sicherstellen, dass die Messmittel optimal platziert und funktionsoptimal montiert sind.
- Pumpe prüfen ob für Glykol-Wassergemisch geeignet -grosse Unterschiede el. Leistung

Wärmerückgewinnung

Die gebräuchlichen Systeme in Komfort RLT-Anlagen

Platten-wärmeübertrager	Regenerativ-wärmetauscher (Wärmerad)	KVS (Kreislaufverbund-system)	Wärmepumpe
			
Üblicher Einsatz bis ca. 5'000 m ³ /h	Üblicher Einsatz bis ca. 10'000 m ³ /h	Üblicher Einsatz unbegrenzt	Üblicher Einsatz unbegrenzt
Mit und ohne Feuchterückgewinnung möglich	Mit und ohne Feuchterückgewinnung möglich	Ohne Feuchterückgewinnung	Ohne Feuchterückgewinnung
Filterschutz mit WRG nicht direkt möglich Erdluft-Wärmeübertrager prüfen	Filterschutz mit WRG nicht direkt möglich Erdluft-Wärmeübertrager prüfen	Filterschutz direkt möglich Defrosterschaltung	Filterschutz direkt möglich Wärmeübertrager vor den ersten Filter
Undicht gegenüber der AUL / ZUL sofern der Wärmeübertrager nicht „Dicht“ bestellt wird	Undicht gegenüber der AUL / ZUL	Dicht gegenüber der AUL / ZUL	Dicht gegenüber der AUL / ZUL
Platzierung der Ventilatoren beachten wegen Lecklufrate Undichtheit	Platzierung der Ventilatoren beachten wegen Lecklufrate Undichtheit	Platzierung der Ventilatoren hat in Bezug auf die Lecklufrate WRG keinen Einfluss	Platzierung der Ventilatoren hat in Bezug auf die Lecklufrate WRG keinen Einfluss
Ortsfest: ZUL und ABL- Gerät stehen übereinander	Ortsfest: ZUL und ABL- Gerät stehen übereinander	Ortsunabhängig: ZUL und ABL- Gerät werden mit dem Kreislaufverbund zusammengeführt	Ortsunabhängig: ZUL und ABL- Gerät werden mit dem Kreislaufverbund zusammengeführt

Anm:
Die WP wird in der entsprechenden SWKI RL VA300_01_WRG nicht als WRG aufgeführt

Wärmerückgewinnung

Die gebräuchlichen Systeme in Komfort RLT-Anlagen

Es gibt auch andere Dimensionen



Quelle: Hoval

Dichtheit von Systemen

Ein System darf im Maximum 3% „Umluft“ beinhalten damit es als „Dicht“ gilt. Jedoch auch diese Definition kann ungenügend sein wenn es sich um RLT Anlagen handelt die mit stark kontaminierter Luft arbeiten.



Quelle: Sonderdruck TGA Fachplaner 6-2009

Klassierung der Zuluft (ZUL) Kategorie nach EN 13779; Beschreibung:
ZUL 1 Die Zuluft enthält mindestens 97% Aussenluft
ZUL 2 Die Zuluft enthält Aussenluft und einen Umluftanteil von über 3%

SWKI Richtlinie VA 300-01 (2000-3)
Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen

Wärmerückgewinnung und Betriebsoptimierung

WAS IST BO – mehr als 2048

- BO ist integral denken und handeln
- BO ist die Analyse zu machen und zu verstehen was ist.
- BO ist verstehen was der Kunde braucht und ihm dieses zu erklären.
- BO ist angemessene Lösungen zu evaluieren
- BO ist wirtschaftlich denken - Amortisation Geld aber auch graue Energie
- BO bezogen auf Lebenszyklusfragen – Effektiv sein.
- BO ist die Aufgabe für den Generalisten mit fachlichem Tiefgang
- BO ist für Hard Core Ingenieure mit Extremtiefgang im HLKSEE Bereich
- ---- Denn sie wissen was sie tun ----



.... Und wo kann ich den Tiefgang ...

- www.proklima.ch
 - Akademie der Klimatechnik

- **Info, Kontakt und Anmeldung**

- Koordination:
Sibylle Läng
079 688 16 94
s.laeng@bluewin.ch
- Kursleitung:
Kurt Hildebrand
079 237 74 63
kurt.hildebrand@hslu.ch



Luft ist Leben

- » Home
- » Aktuelles
- » Über ProKlima
- » Veranstaltungskalender
- » Publikationen
- » Akademie der Klimatechnik
- » Kadertage Gebäudetechnik (ehemals ProKlima-Tag)
- » Produkte Award
- » Links
- » APP
- » Klima Quick
- » Mitgliederlogin

Willkommen bei ProKlima

Herzlichen Dank für Ihr Interesse

ProKlima ist die Plattform für Hersteller und Lieferanten. Sie finden auf den verschiedenen Marktsegmentgruppen ger

Generalversammlung ProKlima
Datum: Dienstag, 29. Mai 2018
Ort: Seehotel Kastanienbaum

weitere Informationen folgen

Fragen?

- ...und Antworten



- Danke für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit!