



Neues Klima.

Die Antwort auf die F-Gase Verordnung:
Luftkühlung mit indirekter Verdunstungskühlung Ka_2O

21.05.2019, VDI – Karlsruher Bezirksverein

VDI

Portrait

Historie

- > 1951 Gründung durch Karl Honer (Heizungsbau Honer)
- > 1956 Gründung der heutigen Nova Apparate GmbH
- > 2011 Kooperation mit der Kampmann GmbH
- > Firmensitz in 78166 Donaueschingen, Baden-Württemberg



Gruppe (seit 01-2018)



Kampmann UK Ltd.

Kampmann Polska Sp. z o. o.

Kampmann Heating, Cooling, Ventilation Ltd.



Produktgruppen Kampmann

Bodenkanalheizungen



Design Roste



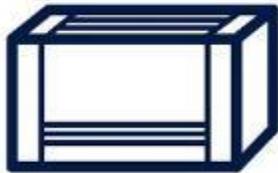
Konvektoren



Deckenstrahlplatten



Fan Coils



Lufterhitzer



Luftschleier



Luftbehandlungsgeräte



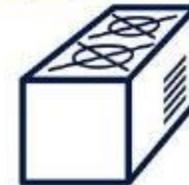
Hybrid ECO System



RLT-Geräte



Kaltwassererzeuger



KaControl GLT



Nova - Standort Donaueschingen

Verwaltung und Produktion

Gesamt

150
Mitarbeiter
Gesamt



8
MA im
Außen-
dienst

80
im Außen-
dienst

858
Mitarbeiter
weltweit

22
Mio. €
Umsatz

62.000 m²
Produktionsfläche

120
Mio. €
Umsatz
Gesamt

14.000 m²
Produktionsfläche

Geräteausführungen

- > Luftmengen > 100.000 m³/h
- > Ausführung nach aktuellem Stand der Technik (z.B. DIN 1946-4, VDI 6022, VDI 3803, VDI 2052, RLT-Richtlinien)
- > WRG-Systeme:
 - > Rotor
 - > Doppelplattentauscher
 - > Platten-/Gegenstromwärmetauscher / Ka_2O
 - > Hochleistungs-KV-System
 - > Accumulatoren



Agenda

- > Lüftung und Verdunstungskühlung
- > Die Ca_2O -Technologie – Verdunstungskühlung 2.0
- > Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- > Aktuelle Entwicklungen

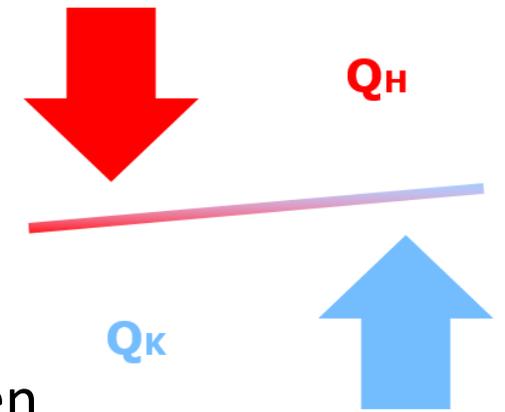
Agenda

- > Lüftung und Verdunstungskühlung
- > Die Ca_2O -Technologie – Verdunstungskühlung 2.0
- > Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- > Aktuelle Entwicklungen

Aktuelle Entwicklungen zu Lüftungs- und Klimaanlage

EU-Studie (Prognosen bis 2030)

- > Energieverbrauch zum Heizen sinkt um 30%
- > Bedarf Kälte zur Kühlung von Gebäuden steigt um 72%
- > Anstieg der energiebedingten CO_2 -Emissionen durch Kälteanlagen
 - > Verdoppelung bis 2030



Maßnahmen

- > ERP-Verordnungen, z.B. 1253/2014
- > F-Gase-Verordnung (seit 01.01.2018: phase down -37%)



Die europäische F-Gase Verordnung

Chance für neue Systeme

- > Phase-Down-Szenario (EU-Staaten)
 - > Bis 2030 Verringerung der synthetischen Kältemittel (HFC, HFKW) wie R134a, R404A, R407C, R410A und R507A9 um 79%
 - > Verstärkter Einsatz von natürlichen Kältemitteln wie Propan, Butan, Ammoniak und CO_2 erforderlich
 - > Problem der Brennbarkeit, sehr hohe Drücke und/oder Toxizität
 - > In Abhängigkeit der Füllmenge von Kälteanlagen (ca. $>12\text{kW}$) Kontrolle der Dichtheit der Anlage erforderlich
 - > Vorteil für Kühlverfahren mit natürlichen Kältequellen

Chance für Verdunstungskühlung

Gesetze und Verordnungen und deren Einfluss auf die künftige Bedeutung und Verbreitung der Verdunstungskühlung

> VDI 3803-Blatt1 (Entwurf 07-2018), Auszug:

5.3.2 Wärmerückgewinnung

Gemäß der Ökodesign-Verordnung 1253/2014 müssen alle RLT-Geräte mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet werden, die in Abhängigkeit von der Bauart vorgegebene Mindest-Rückwärmezahlen erfüllen müssen. Die VDI 3803 Blatt 1 verweist bei Effizienzvorgaben von Wärmerückgewinnern auf die H-Klassen im Entwurf der DIN EN 13053 von Juni 2017 (H1 > 74 %, H2 > 70 %, H3 > 65 %). Es wird eine Wärmerückgewinnung der Klasse H2 empfohlen.

Zur Verringerung der mechanischen Kälteerzeugung im Sommer (Kühlbetrieb) soll als Ergänzung zur Wärmerückgewinnung auf der Abluftseite der Einsatz einer indirekten Verdunstungskühlung berücksichtigt werden. Dabei ist der Einsatz von Rotoren aufgrund der kaum zu verhindernden Stoffübertragung von der Abluft zur Zuluft kritisch zu prüfen.



Luftkühlung in zentralen RLT-Geräten – Der Standard

Mechanische Kälteerzeugung

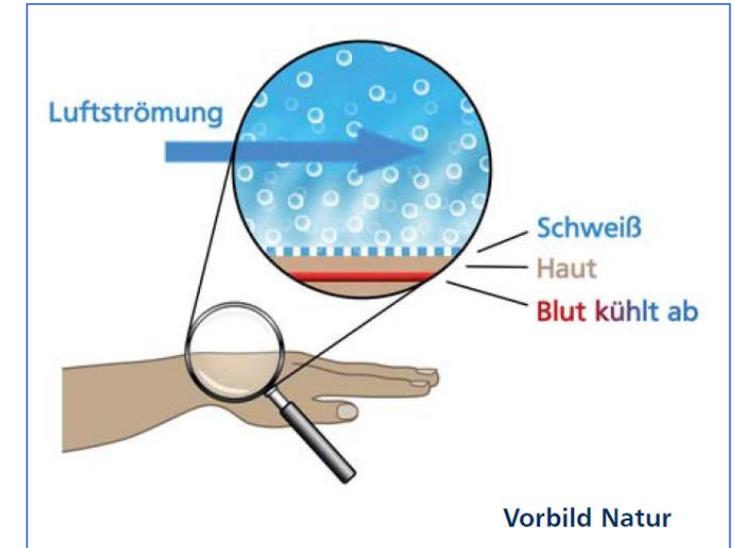
- > **Positiv:**
 - > Einfache Regelung der Leistung, Zulufttemperatur und -feuchte
- > **Negativ:**
 - > Hohe Investitions- und Betriebskosten (Strom)
 - > Meist synthetische Kältemittel (GWP Emissionen)



Luftkühlung in zentralen RLT-Geräten – Die Alternative

Verdunstungskühlung

- > **Adiabater (isenthalper) Vorgang:**
 - > Prozess ohne externe Zu- und Abführung von (thermischer) Energie
- > **Bei Zugabe von Wasser zur Luft:**
 - > Verdampfungswärme des Wassers (2.500 kJ/kg) wird aus der Luft entnommen
 - > Luft kühlt um 2,5K ab pro g Wasser, das aufgenommen wird
 - > Ende bei 100% relativer Feuchte
- > **Luft kann Wasser als Dampf aufnehmen und als „latente Energie“ in sich speichern**
 - > Enthalpie $h = (c_{pL} \cdot t) + x \cdot (r_W + c_{pD} \cdot t)$



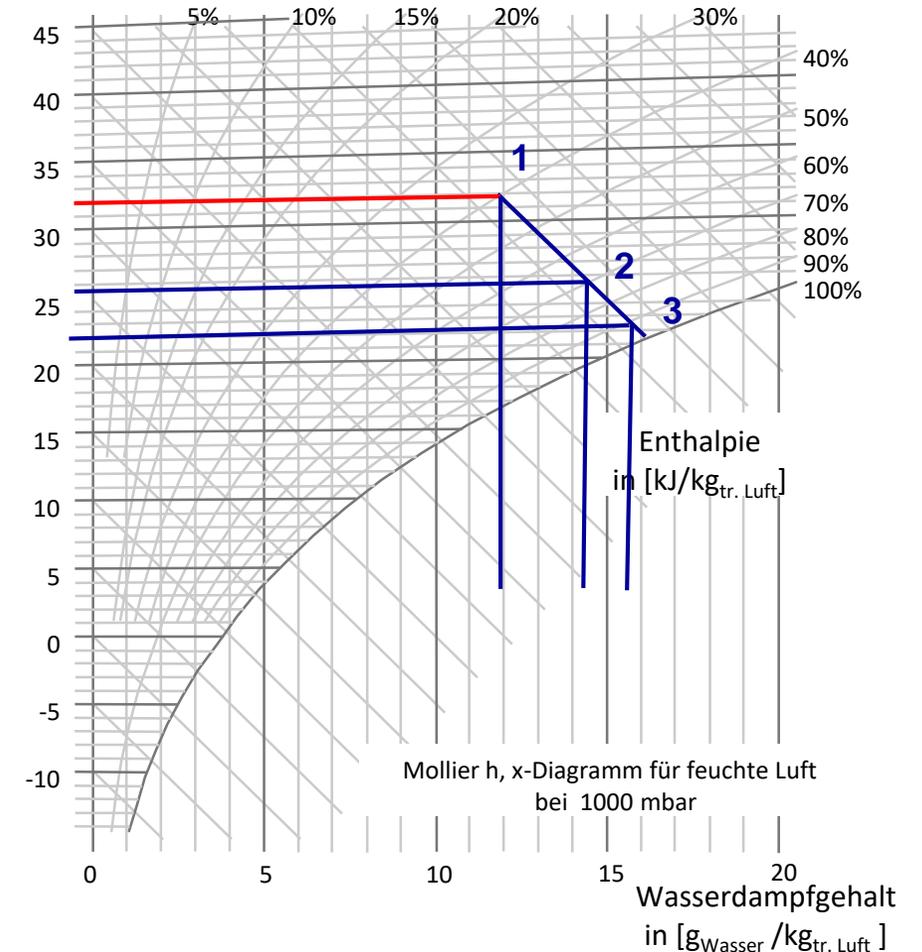
Luftkühlung in zentralen RLТ-Geräten – Die Alternative

Verdunstungskühlung

- > Ausgangspunkt Luft: 32 °C, 40 % r.F.
 - > $h_1 = 1 \cdot 32 + 0,012 \cdot (2.500 + 1,86 \cdot 32)$
 - > $h_1 = 63 \text{ kJ/kg}$

- > Befeuchtung auf: 70% r.F. (1-2)
 - > $x_2 = 14,5 \text{ g/kg}$
 - > $t_2 = 25,8 \text{ °C}$
 - > $h_2 = 1 \cdot 25,8 + 0,0145 \cdot (2.500 + 1,86 \cdot 25,8)$
 - > $h_2 = 63 \text{ kJ/kg}$

- > Befeuchtung auf: 90% r.F. (1-3)
 - > $x_3 = 15,6 \text{ g/kg}$ (+1,1 g/kg)
 - > $t_3 = 23 \text{ °C}$ (- 2,8 K)
 - > $h_3 = 1 \cdot 23 + 0,0156 \cdot (2.500 + 1,86 \cdot 23)$
 - > $h_3 = 63 \text{ kJ/kg}$



Verdunstungskühlsysteme in RLT-Geräten

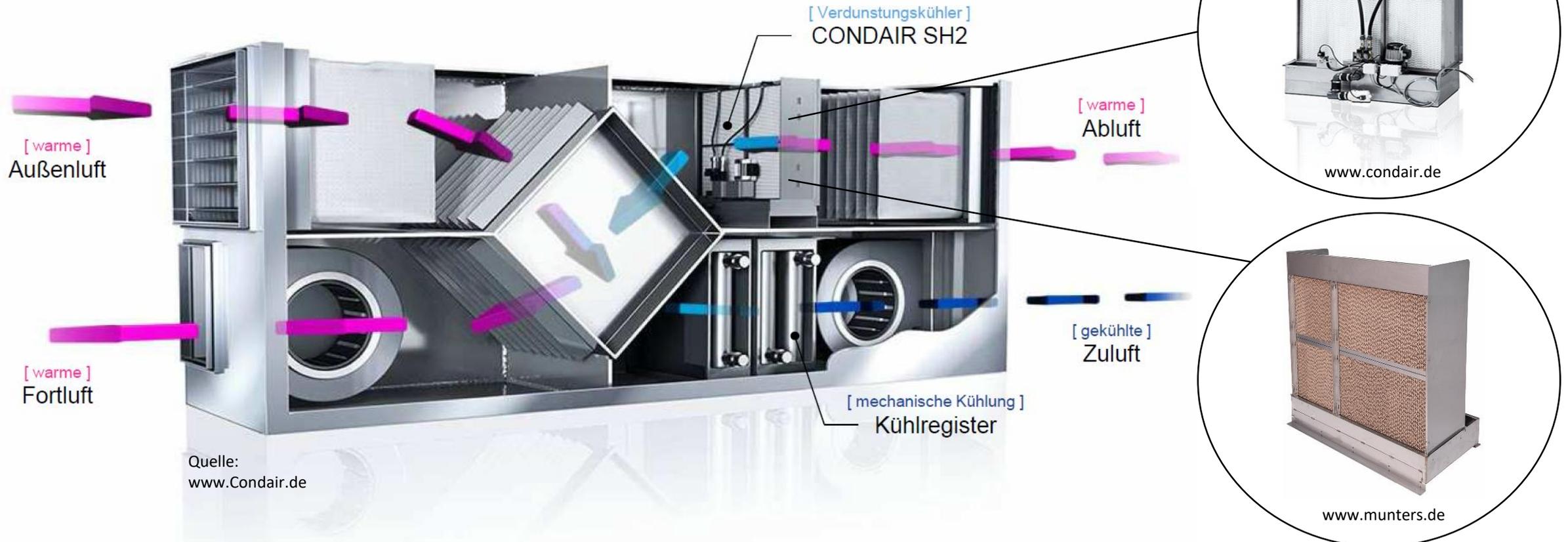
Welche Arten gibt es?



Luftkühlung in zentralen RLT-Geräten – Die Alternative

Verdunstungskühlung

> Klassische Technische Umsetzung in RLT-Geräten:

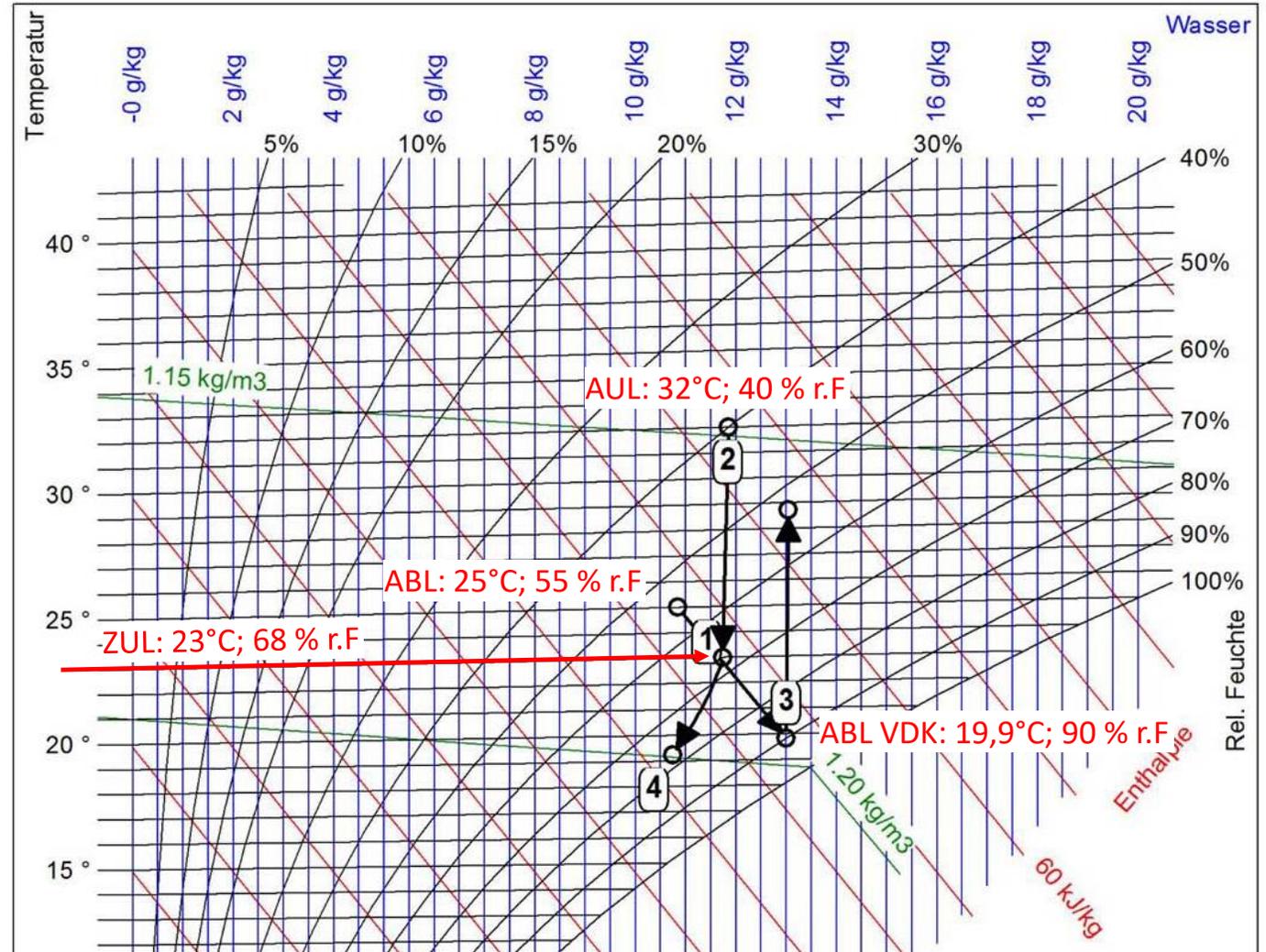


Luftkühlung in zentralen RLT-Geräten – Die Alternative

Verdunstungskühlung

> Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher ($\phi=0,75$) mit vorgesch. Wabenbefeuchter

- > 1: ABL \rightarrow FKT
 - > adiab. Kühlung
- > 2: AUL \rightarrow ZUL
 - > WRG
- > 3: ABL \rightarrow FOL
 - > WRG
- > 4: ZUL (PKW)

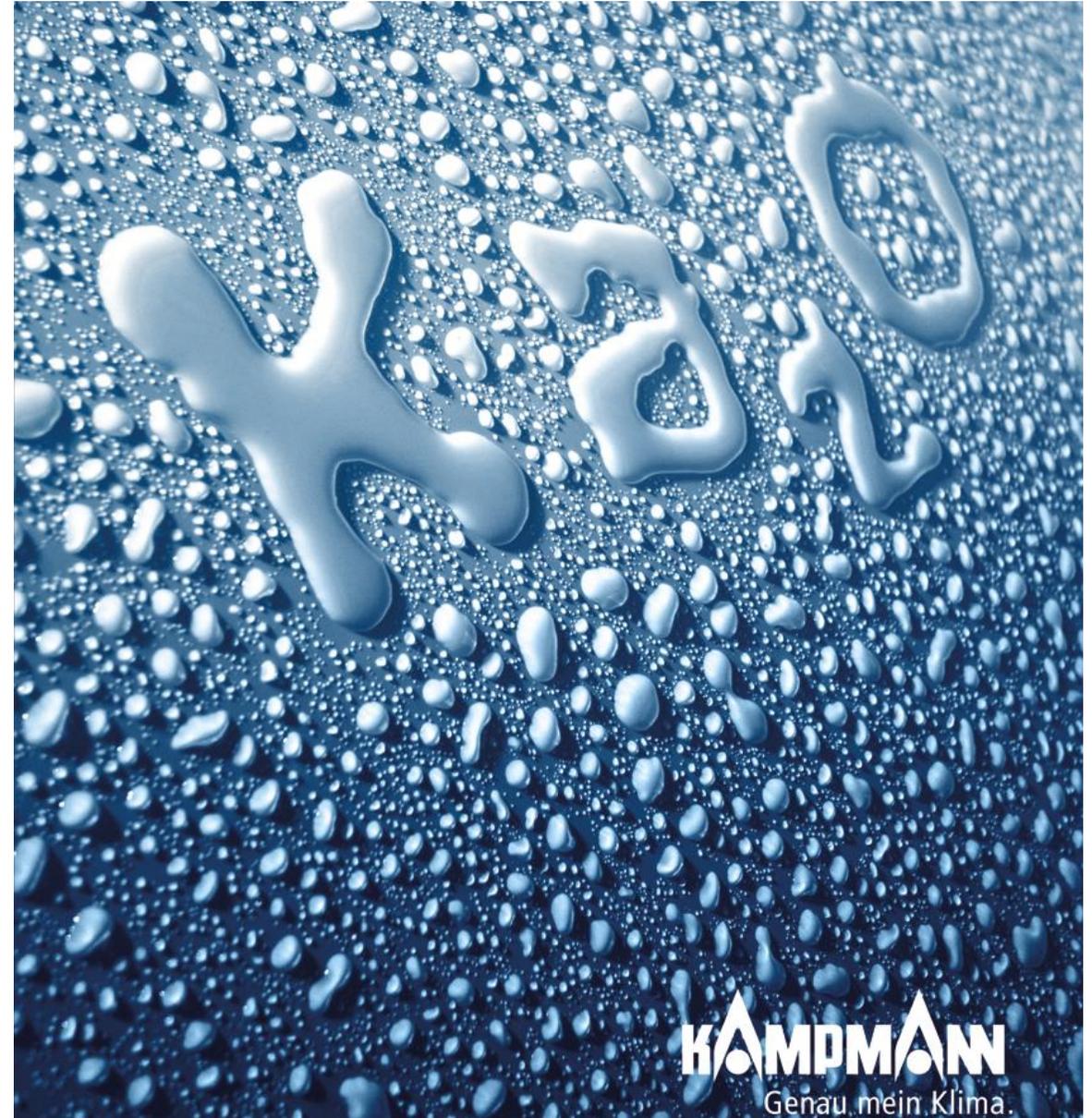


Agenda

- > Lüftung und Verdunstungskühlung
- > Die Ka_2O -Technologie – Verdunstungskühlung 2.0
- > Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- > Aktuelle Entwicklungen

Ka_2O

Das regenerative
Verdunstungskühlsystem
mit H_2O für RLT-Geräte -
Kältemittelfrei!



Entwicklungsergebnis

Alleinstellungsmerkmale Ka_2O

1. Modulare Technik
2. Adiabater Wirkungsgrad > 95% / Maximale Kühlleistung
3. Unabhängig von der Außentemperatur
4. Einhaltung der Hygienevorgaben der VDI 6022

Entwicklungsergebnis

Alleinstellungsmerkmale Ka_2O

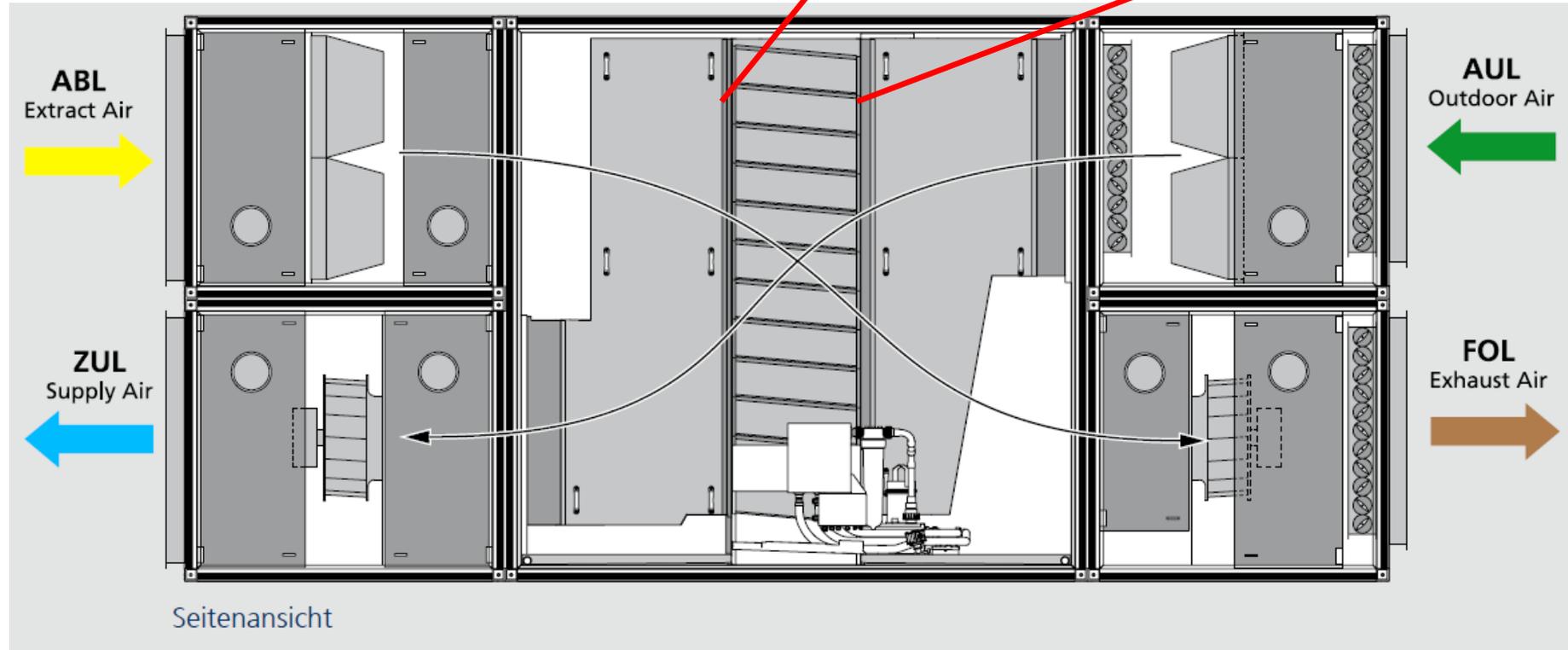
1. Modulare Technik
2. Adiabater Wirkungsgrad > 95% / Maximale Kühlleistung
3. Unabhängig von der Außentemperatur
4. Einhaltung der Hygienevorgaben der VDI 6022

Ka_2O

RLT-Geräteaufbau mit Ka_2O -Technologie

- ▶ RLT-Gerät mit 12 Ka_2O -Modulen übereinander angeordnet
- ▶ Luftmenge bei 5 Türmen parallel bis 24.000 m³/h

- ▶ Abmessungen exemplarisch:
Höhe 2.820 mm,
Länge 6.006 mm
- ▶ Luftführung gemäß VDI 6022



Ka_2O

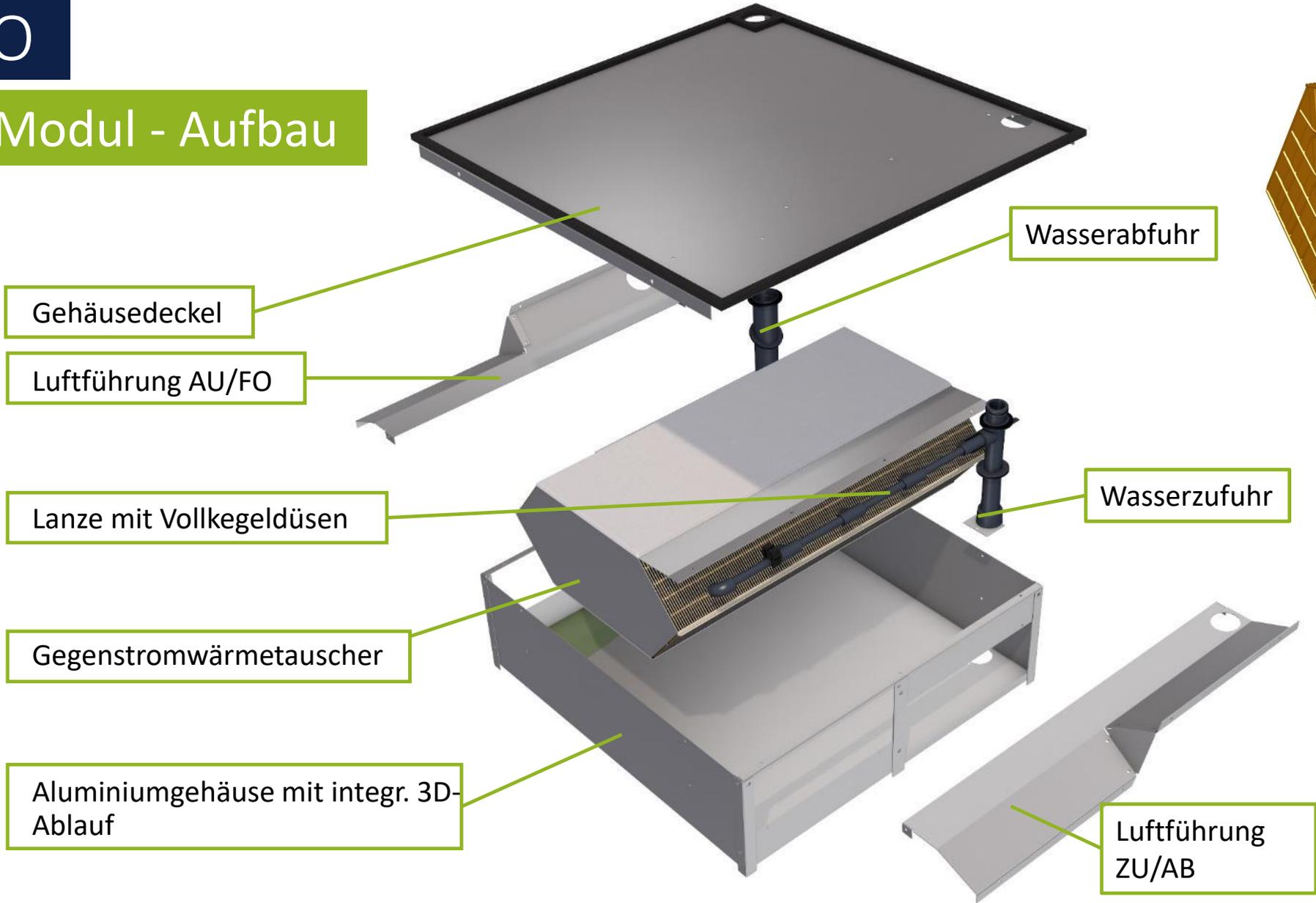
Das Modul

- > Nennluftmenge: 400 m³/h
- > Min. Luftmenge: 100 m³/h
- > Max. Luftmenge: 450 m³/h



Ka_2O

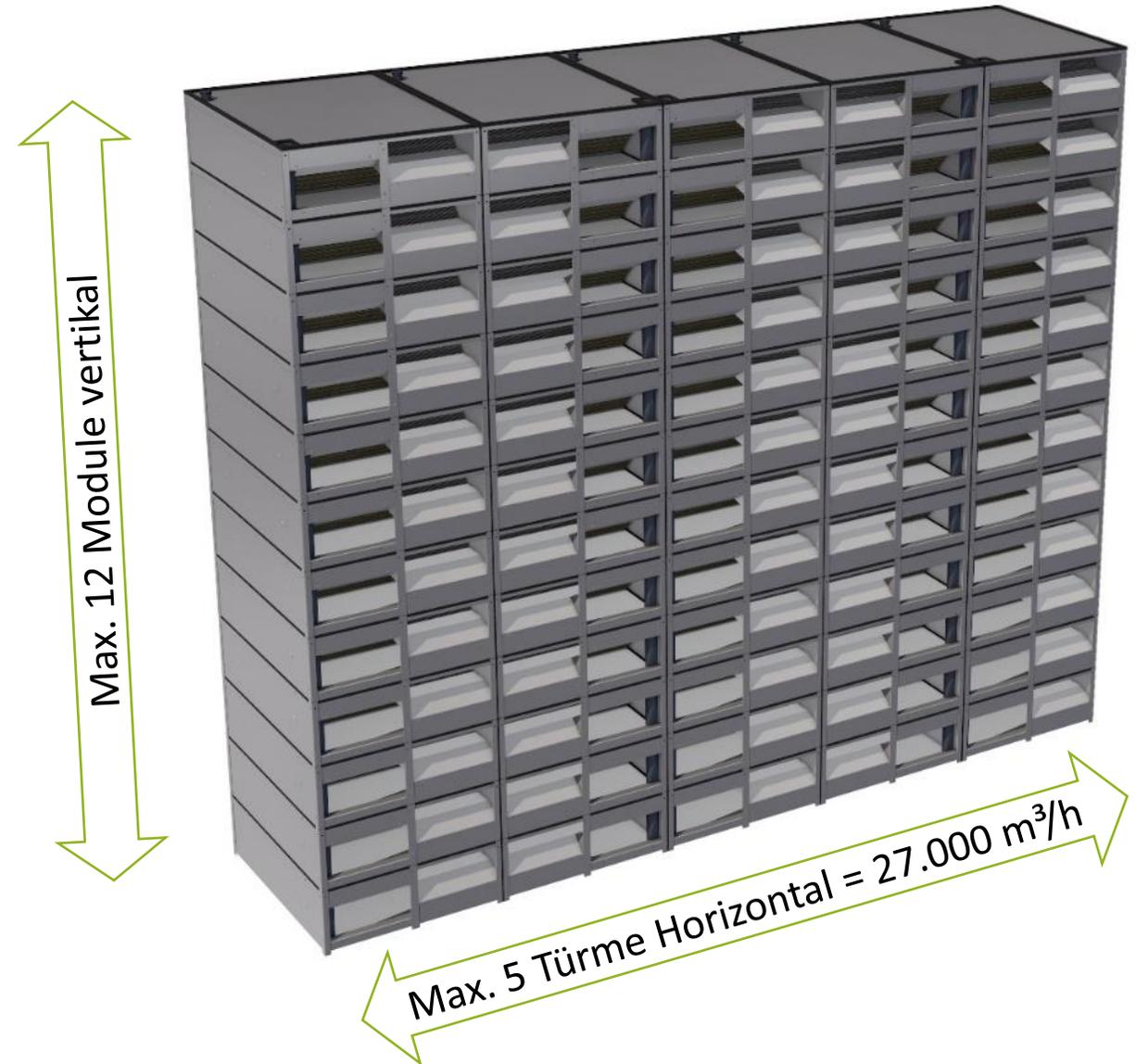
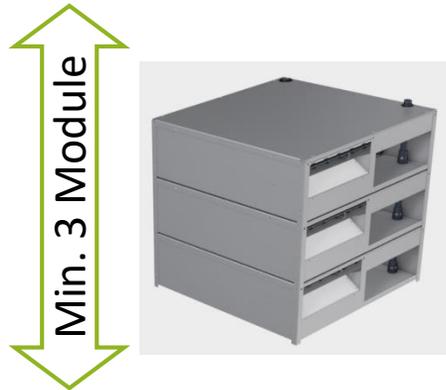
Das Modul - Aufbau



Ka_2O . Modulare Technik.

Aufbau

> Kombinationsmöglichkeiten



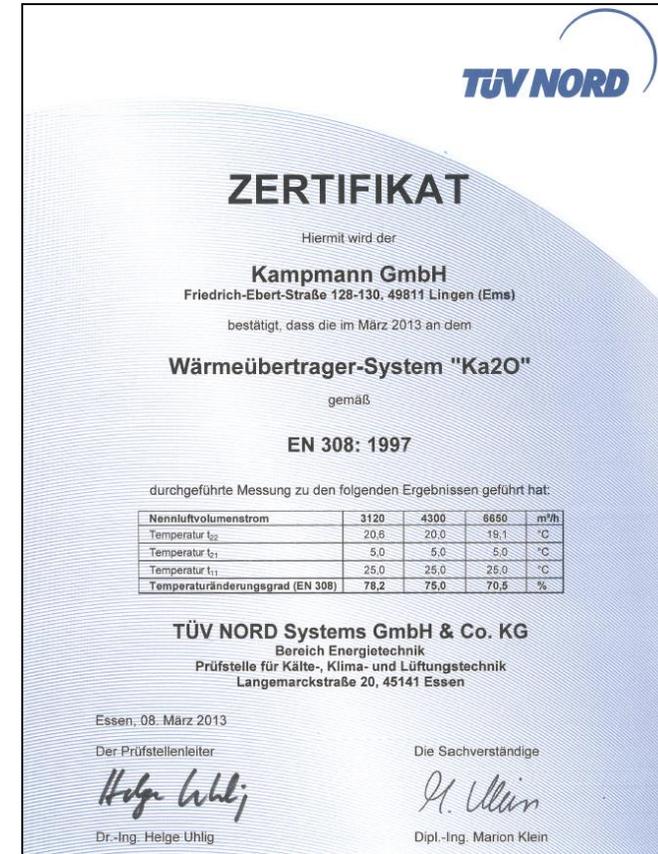
Ka_2O .

Wärmerückgewinnung im Winterbetrieb

> Durch Gegenstrom-Prinzip Rückwärmzahl:

- > Bis 89% (feucht)
- > Bis 80% (trocken)
- > Gem. EN 308: 75%

Ka_2O



Ka_2O . Modulare Technik.

Vorteile

- > Die Module können auch einzeln bei kleinen Einbringöffnungen eingebracht werden
- > Hohe Kühlleistung durch vollflächige Wasserverteilung auf der Lamellenoberfläche, durch:
 - > Kleine Gegenstromwärmetauscher
 - > Luftströmung
 - > Hydrophile Beschichtung



Ka_2O . Modulare Technik.

Patentiert (2012)

(57) Zusammenfassung: Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung (10) zur Kühlung und/oder zur Wärmerückgewinnung zu schaffen, wobei die Vorrichtung (10) auf eine einfache Art und Weise modular erweiterbar ist, ohne dass dadurch der Wirkungsgrad beeinträchtigt wird. Dazu sieht es die Erfindung vor, eine Vorrichtung (10) aus mehreren zusammensetzbaren Wärmetauschermodulen (11) mit jeweils einem Wärmetauscher zu bilden.

(19)  Deutsches Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2012 004 900 A1** 2013.08.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 004 900.5**
(22) Anmeldetag: **09.03.2012**
(43) Offenlegungstag: **22.08.2013**

(51) Int. Cl.: **F24F 5/00 (2012.01)**
F24F 12/00 (2012.01)
F28D 21/00 (2012.01)

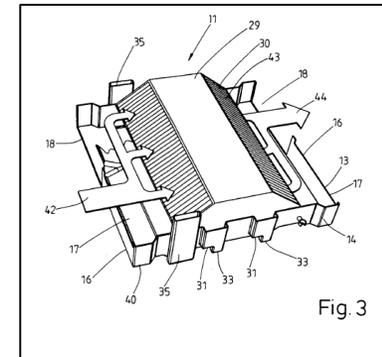
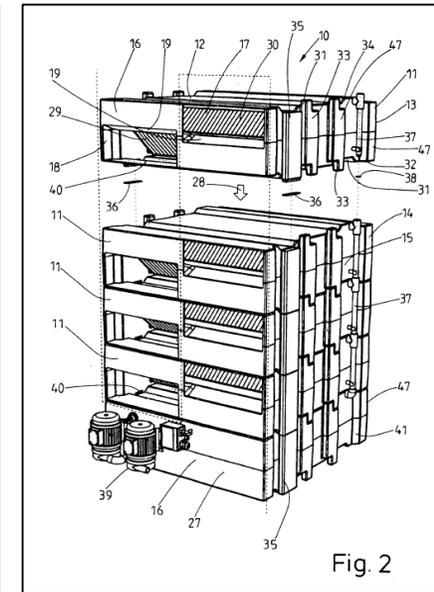
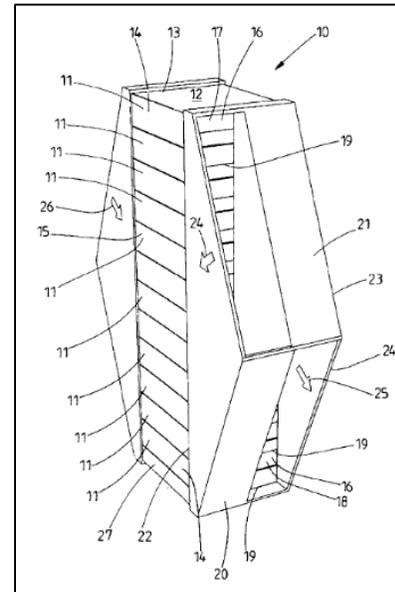
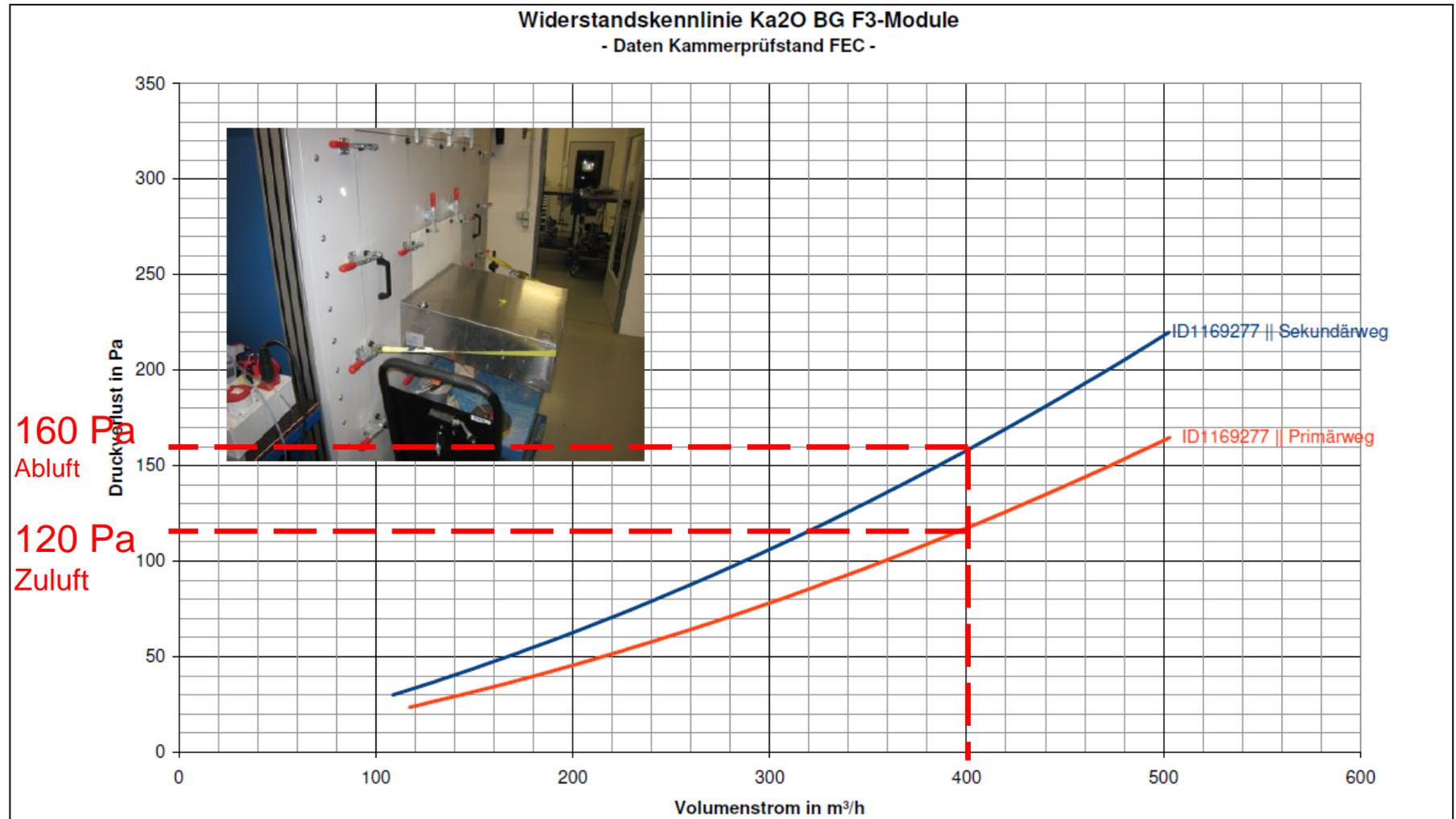


Fig. 3

Ka_2O . Modulare Technik.

Druckverlustmessung

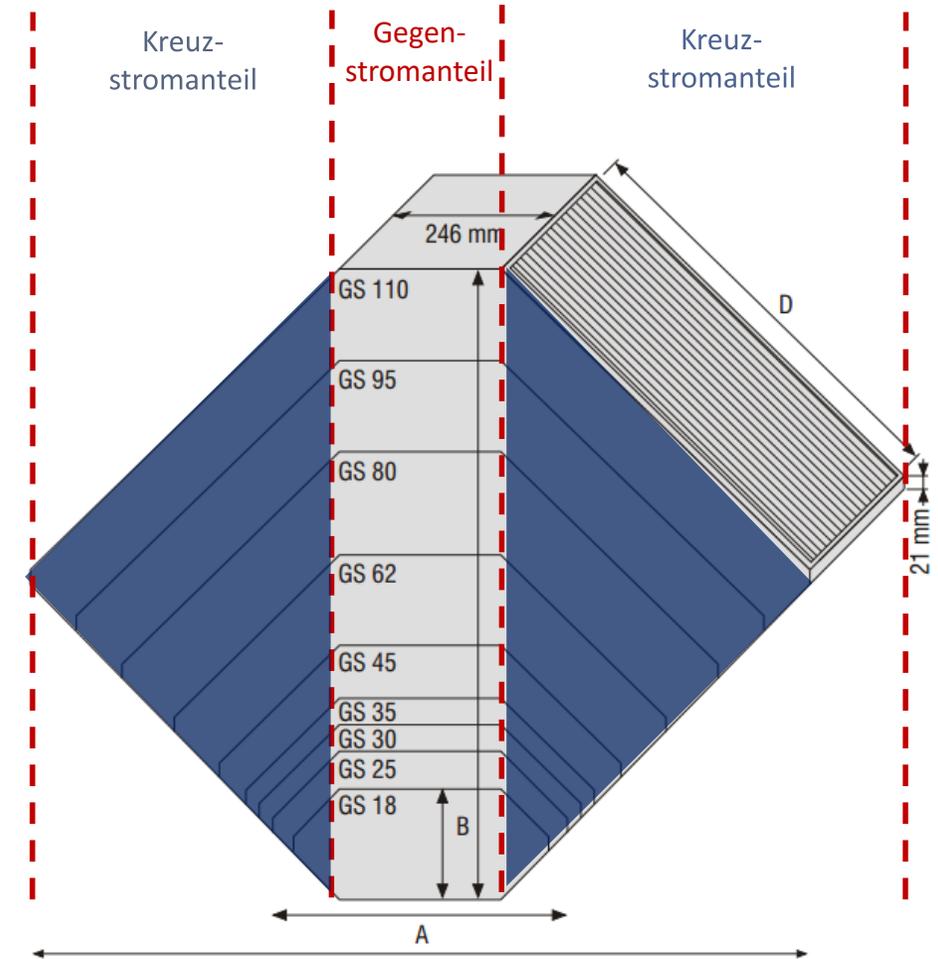
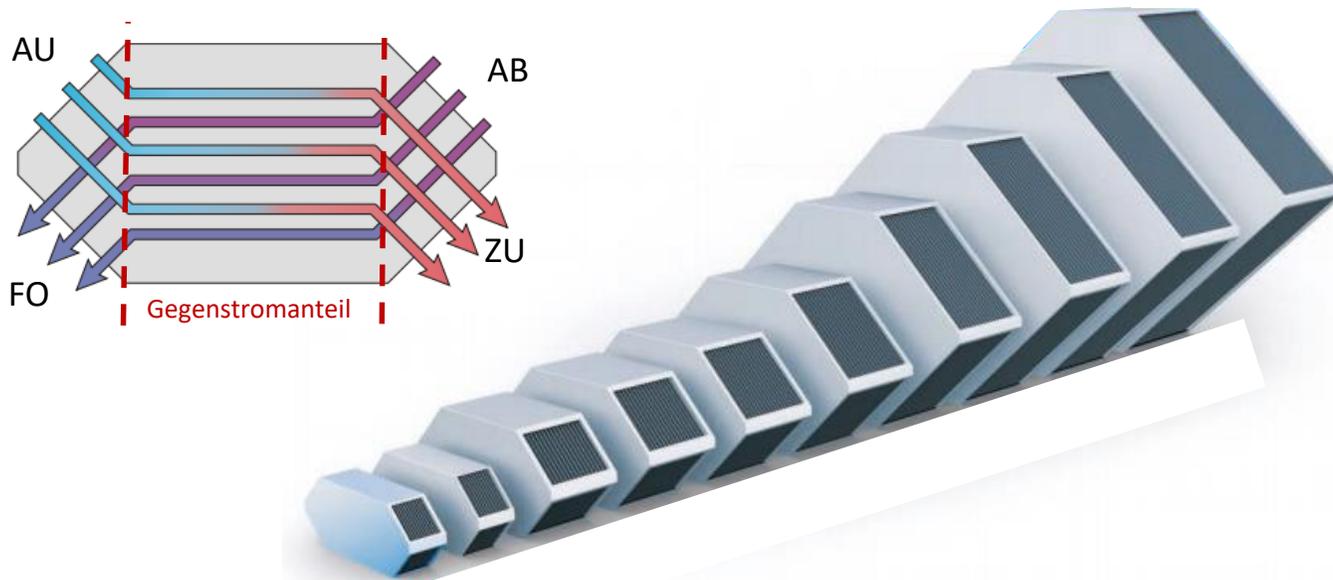
> Gleichbleibend gering!



Konventionell

WRG als Gegenstromwärmetauscher

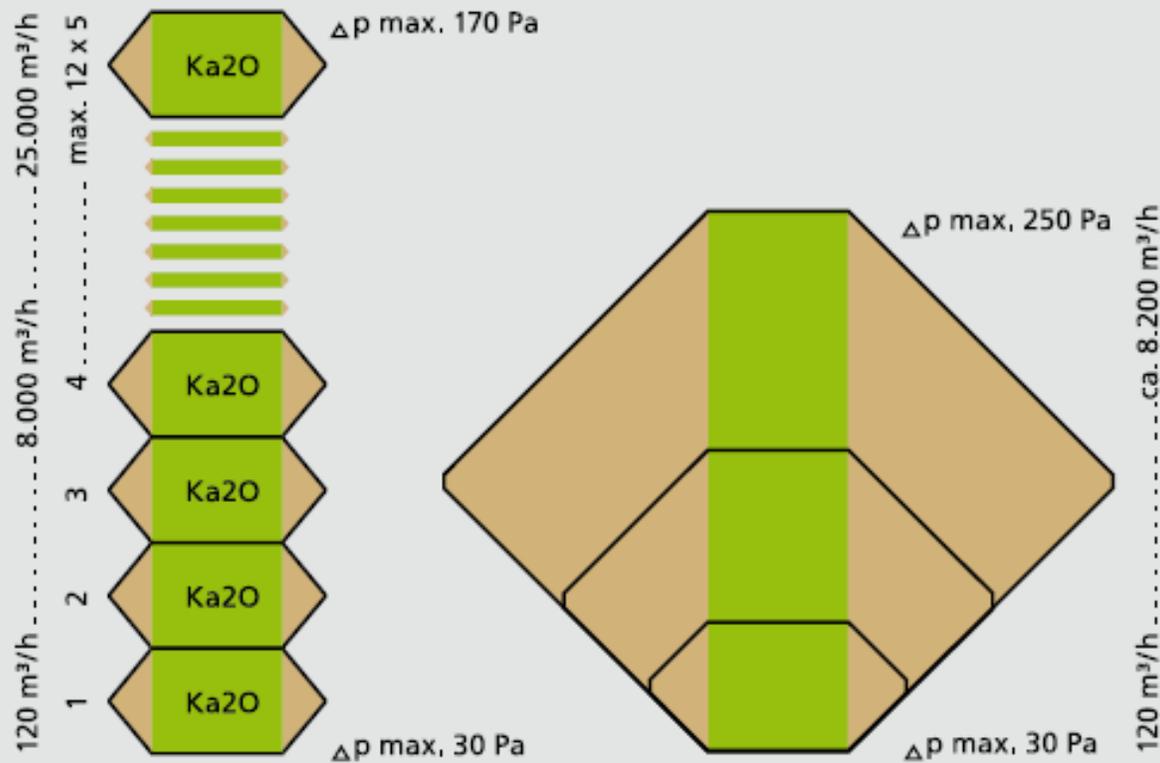
- > Vorteil: WRG bis 85% (gem. EN 308)
- > Druckverlust bis ca. 250 Pa
- > Je größer der Tauscher desto kleiner die GS-Strecke



Konventionell

WRG als Gegenstromwärmetauscher

Modulare Technik Ka_2O vs. Gegenströmer



	Gegenstrom-wärmetauscher	Ka_2O -System
Kreuzstrom-anteil	80 %	40 %
Gegenstrom-anteil	20 %	60 %

- ▶ 12 Module übereinander, 5 Türme hintereinander kombinierbar
- ▶ Gegenstromprinzip nutzbar bis 24.000m³/h
- ▶ Keine Druckerhöhung durch Anströmelemente

Entwicklungsergebnis

Alleinstellungsmerkmale Ka_2O

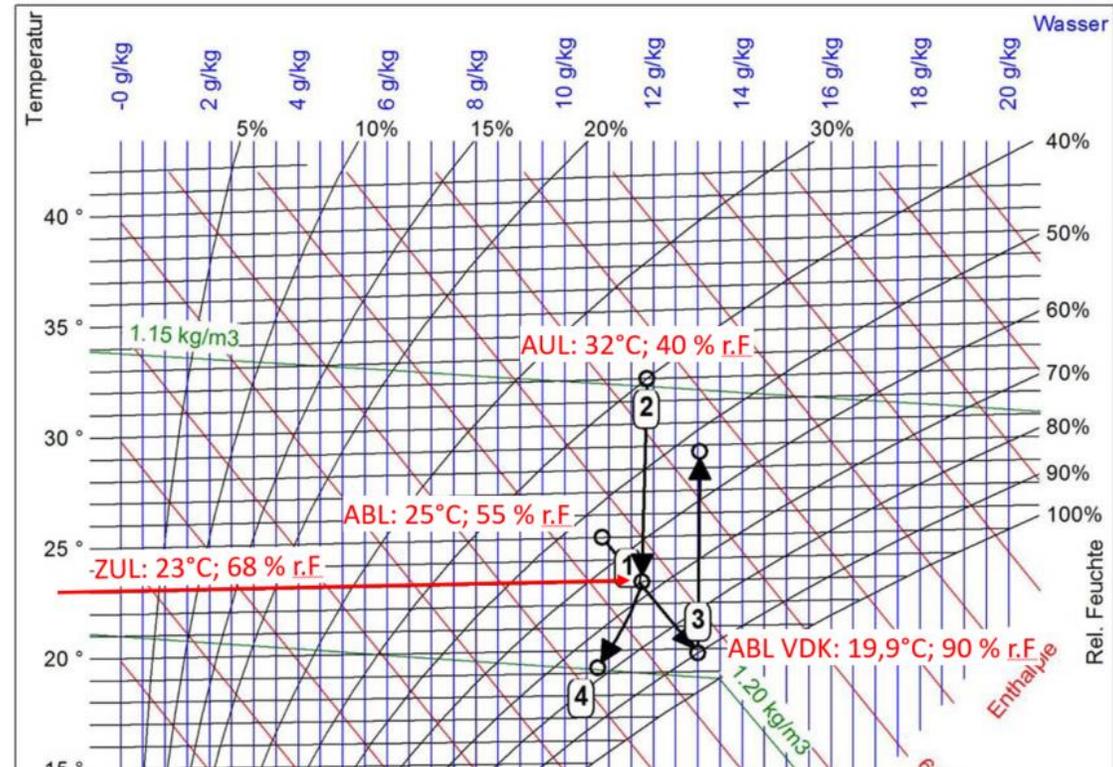
1. Modulare Technik
- 2. Adiabater Wirkungsgrad > 95% / Maximale Kühlleistung**
3. Unabhängig von der Außentemperatur
4. Einhaltung der Hygienevorgaben der VDI 6022

Adiabater Kühlwirkungsgrad

Definition

$$\phi_{adia} = \frac{\text{Außenlufttemperatur-Zulufttemperatur}}{\text{Außenlufttemperatur-Feuchtkugeltemperatur der Abluft}}$$

> Ziel: 100%

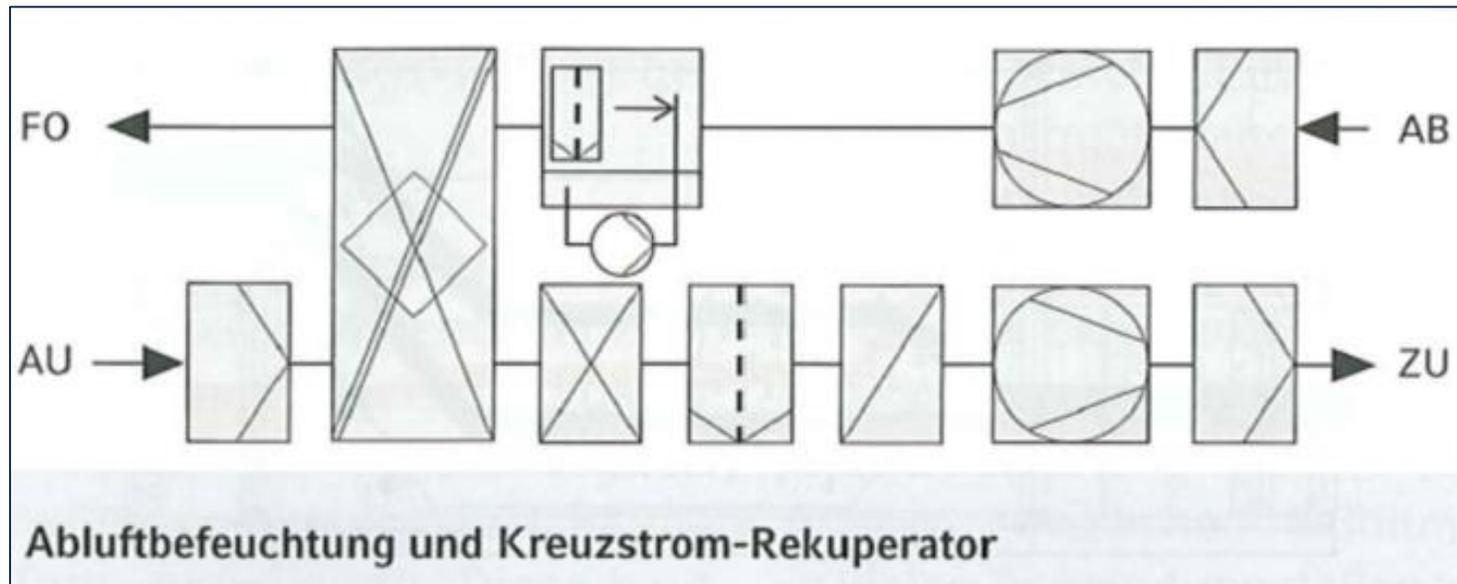


Adiabater Kühlwirkungsgrad

Definition

$$\phi_{adia} = \frac{\text{Außenlufttemperatur-Zulufttemperatur}}{\text{Außenlufttemperatur-Feuchtkugeltemperatur der Abluft}}$$

> System 1:



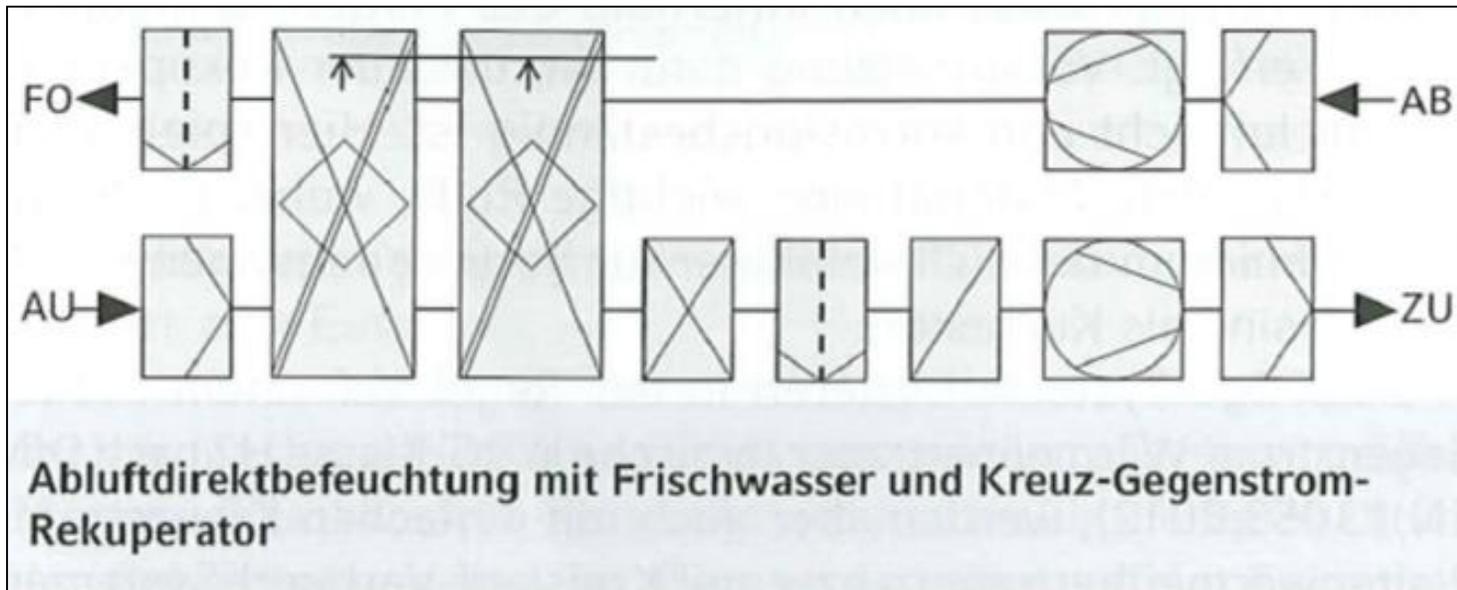
$\phi_{adia} = 50\%$
(WRG-Klasse H3
gemäß DIN EN 13053:2012)

Adiabater Kühlwirkungsgrad

Definition

$$\phi_{adia} = \frac{\text{Außenlufttemperatur-Zulufttemperatur}}{\text{Außenlufttemperatur-Feuchtkugeltemperatur der Abluft}}$$

> System 2:



$\phi_{adia} = 75 \%$
(WRG-Klasse H2
gemäß DIN EN 13053:2012)

Adiabater Kühlwirkungsgrad

Definition

$$\phi_{adia} = \frac{\text{Außenlufttemperatur-Zulufttemperatur}}{\text{Außenlufttemperatur-Feuchtkugeltemperatur der Abluft}}$$

> System Ka_2O



$\phi_{adia} = 96\%$
(WRG-Klasse H1
gemäß DIN EN 13053:2012)

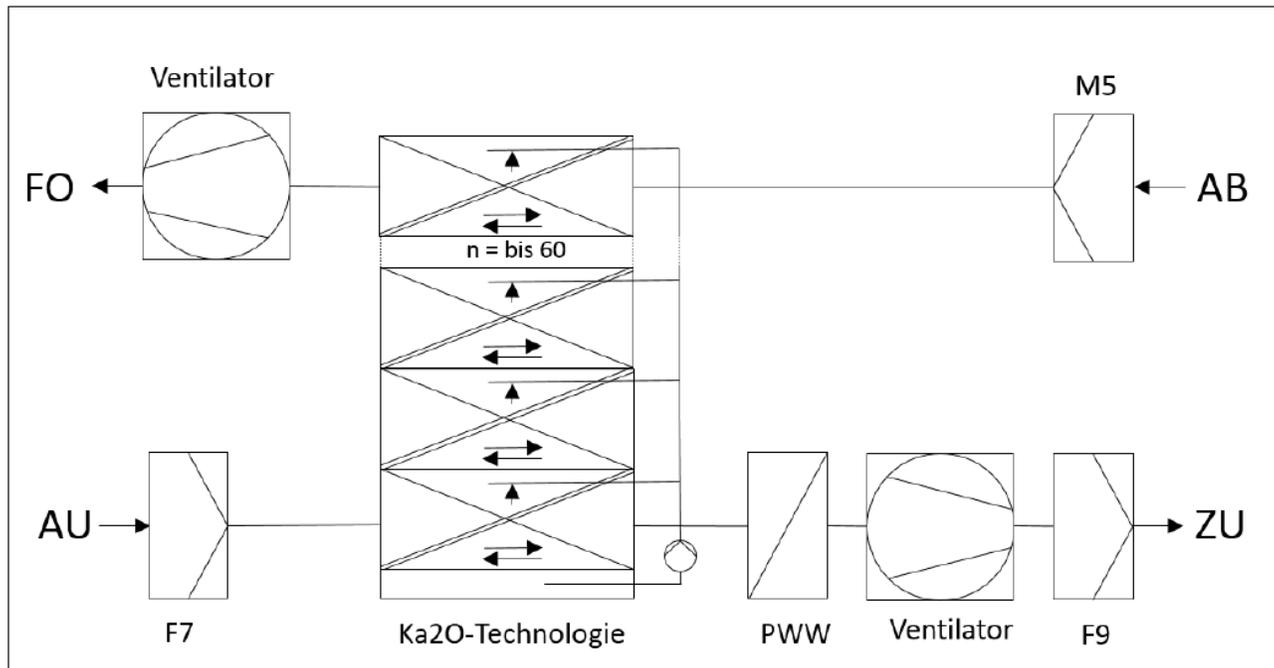


Abb. 1: RLT-Gerät mit Ka_2O -Technologie, Abluftdirektbefeuchtung mit Umlaufwasser und Gegenstrom-Rekuperator

Entwicklungsergebnis

Alleinstellungsmerkmale Ka_2O

1. Modulare Technik
2. Adiabater Wirkungsgrad > 95% / Maximale Kühlleistung
- 3. Unabhängig von der Außentemperatur**
4. Einhaltung der Hygienevorgaben der VDI 6022

Ausgeführtes Projekt

Edeka, Haselünne



Ausgeführtes Projekt

Edeka, Haselünne



Edeka liebt Lebensmittel und Kampmann das Klima!

Diese Kombination sorgt im emsländischen Haselünne für eine äußerst angenehme Einkaufsatmosphäre trotz Rekordtemperaturen am Donnerstag, 02.07.2015.

Edeka hat für seine Kunden im Markt in Haselünne ein RLT-Gerät mit integrierter Ka_2O -Technologie installiert. Ka_2O -Technologie bedeutet indirekte Verdunstungskühlung, also Kühlung durch die Verwendung von Wasser, aus dem Hause Kampmann. Die Abluft aus dem Markt wird im modularen Ka_2O -System besprüht, das Wasser verdunstet und entzieht damit der Luft die Wärmeenergie. Die Kälteenergie wird im Ka_2O -Wärmetauscher auf die Zuluft übertragen, ohne die Luftwege zu mischen.

Am 2. Juli 2015, dem bisher wärmsten Tag des Jahres, konnten mit dieser Verdunstungs-Technik Rekordwerte der Zulufttemperatur erzielt werden, die bisher einzigartig am Markt sind. Energiesparend und ohne Kältemittel, allein durch die Verwendung von Wasser!

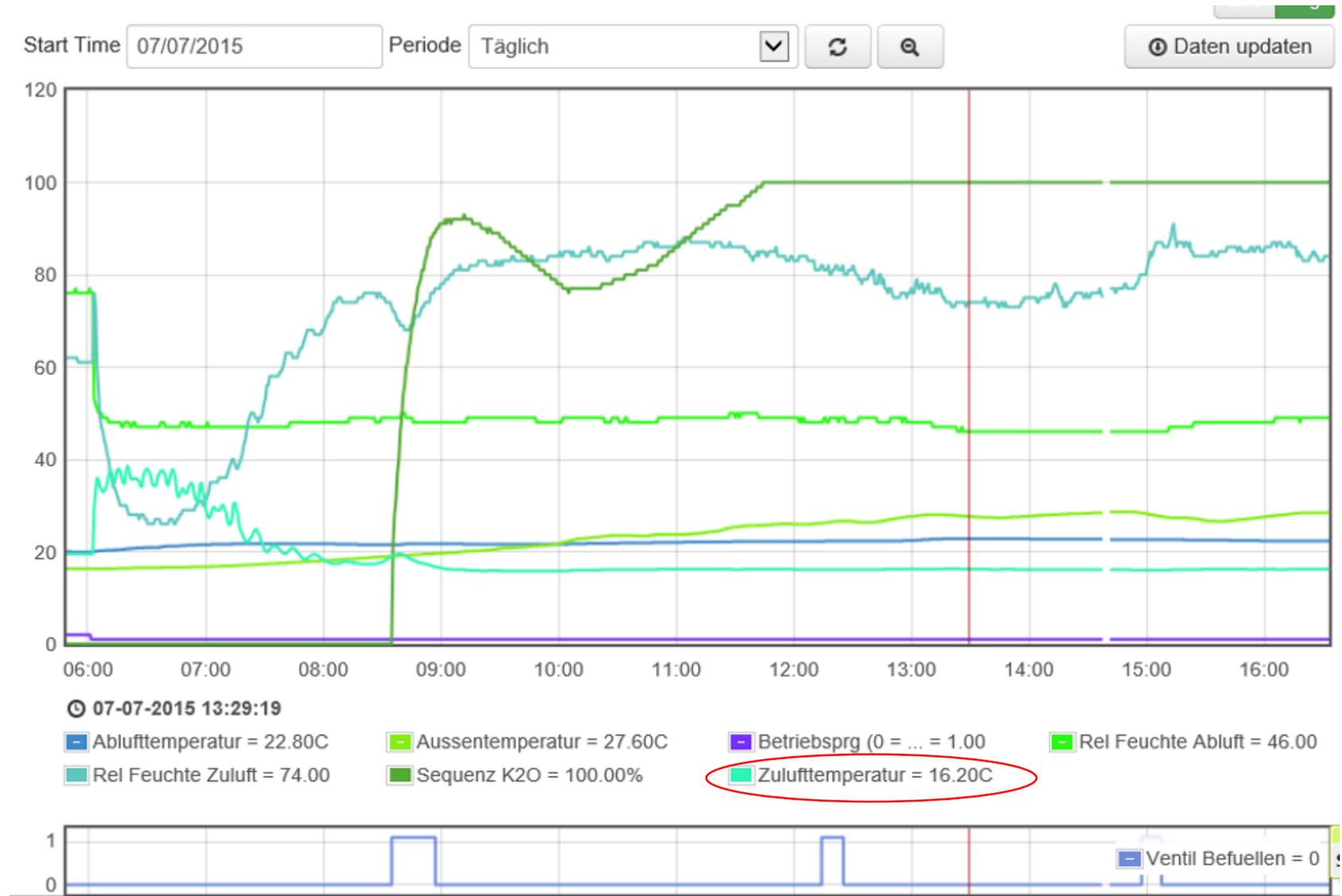
Messung am 02.07.2015 um 19.57 Uhr in 49740 Haselünne

Außenlufttemperatur	38,60 °C
Ablufttemperatur	24,00 °C (54 % r.F.)
Zulufttemperatur¹	18,50 °C
Differenz	20,10 Kelvin (durch die Kampmann Ka_2O -Technologie)

¹⁾ Zulufttemperatur gemessen im Luftstrom nach EC-Ventilator

Ausgeführtes Projekt

Edeka, Haselünne



ISH 2017 – Messestand Halle 11.0 B30

RLT-Gerät

LIVE

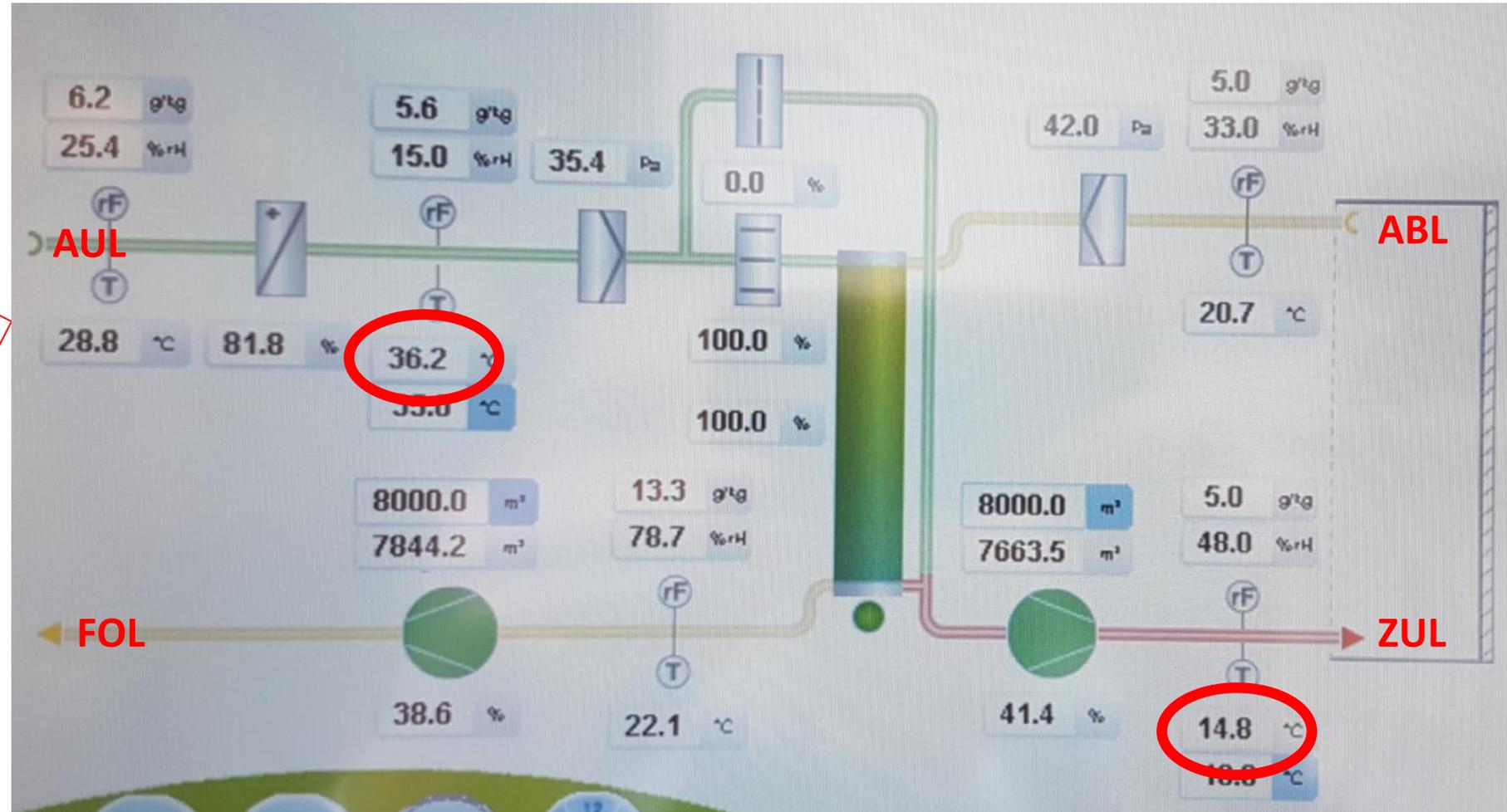


ISH 2017 – Messestand Halle 11.0 B30

RLT-Gerät

LIVE

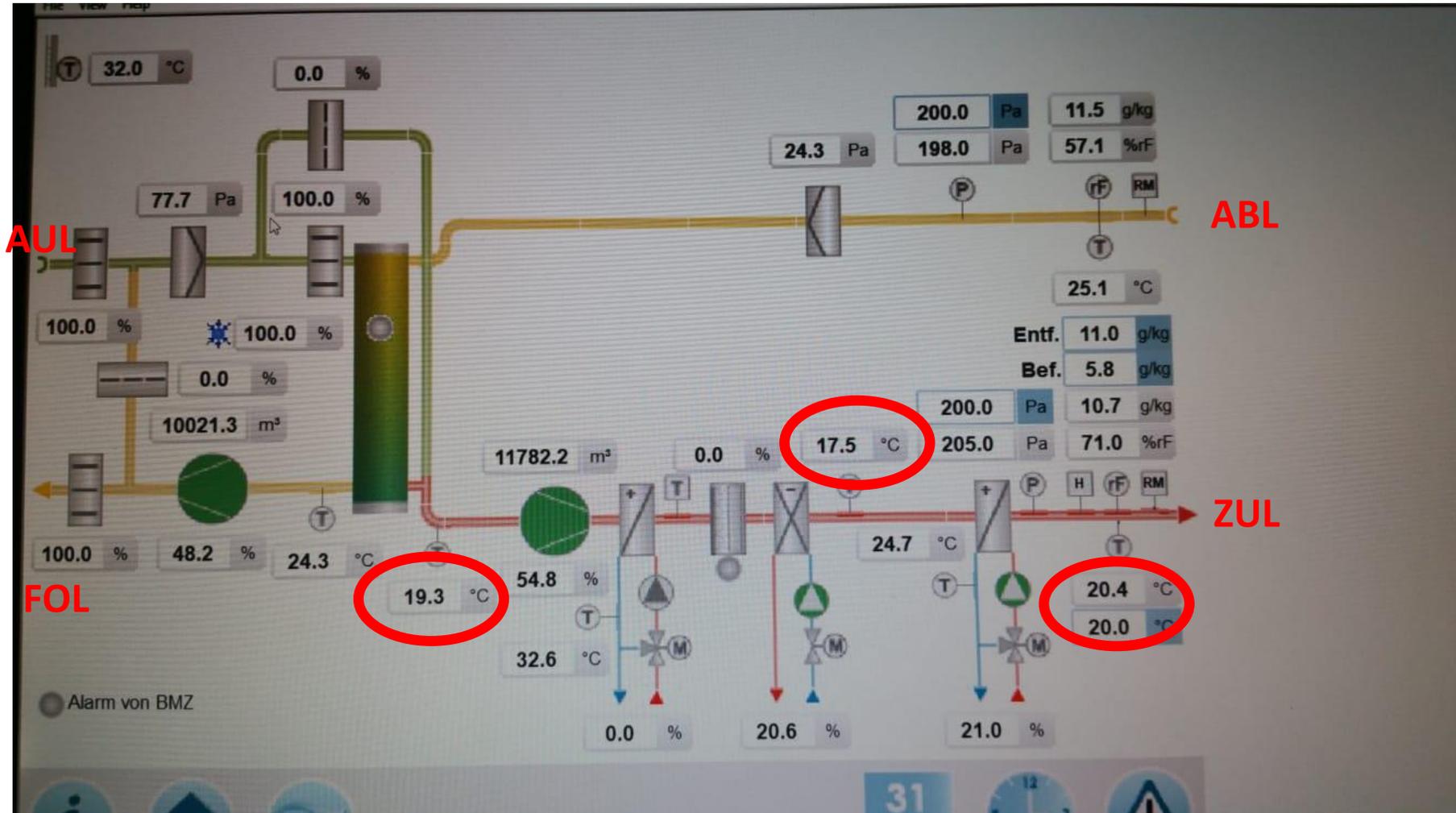
Delta T = 21,4 K



Projekt: Endress + Hauser, Weil am Rhein

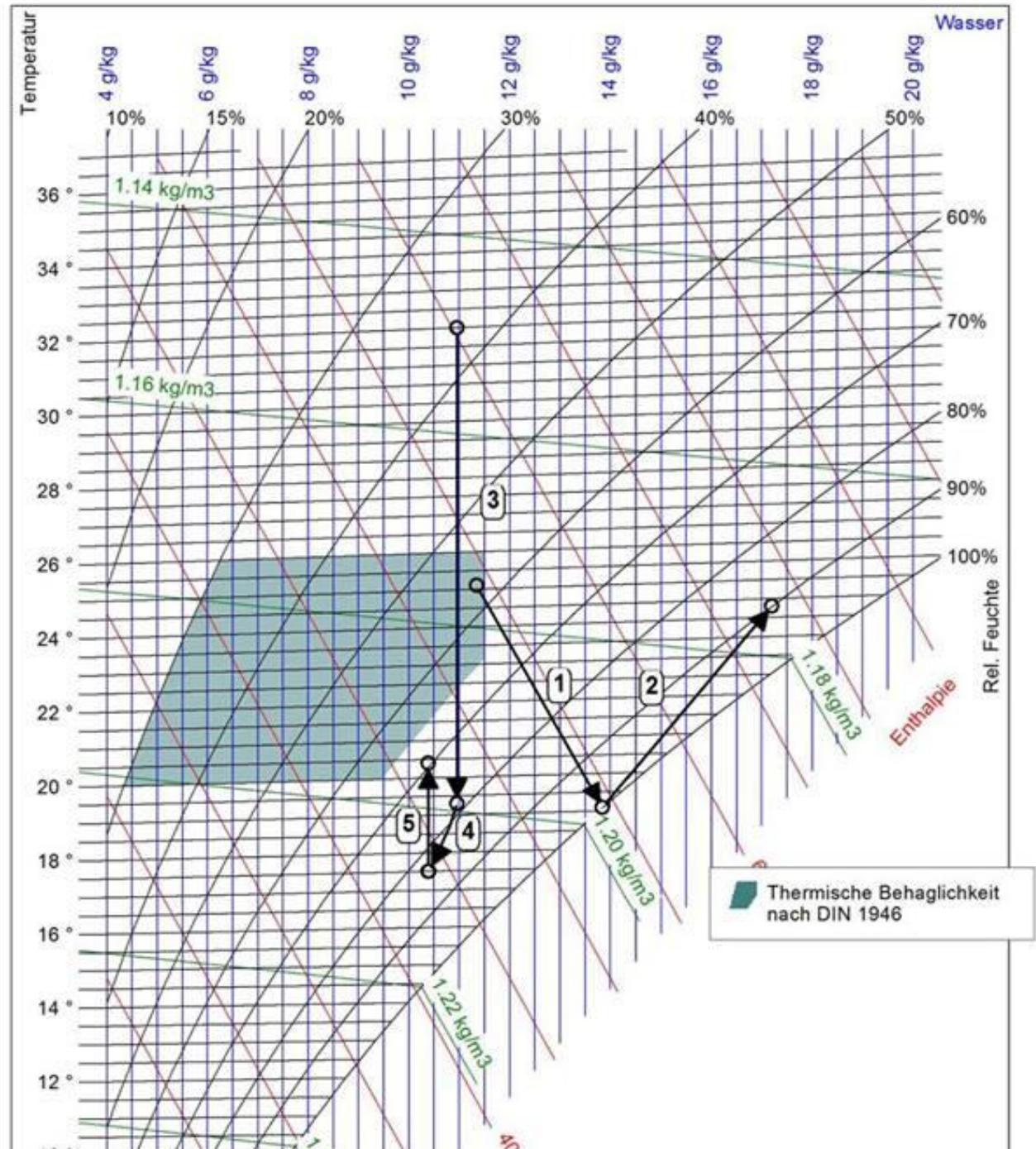
Juli 2018

Delta T = 12,7 K



Projekt: Endress + Hauser,

Juli 2018



Projekt: Endress + Hauser, Weil am Rhein

25. Juli 2018



Entwicklungsergebnis

Alleinstellungsmerkmale Ka_2O

1. Modulare Technik
2. Adiabater Wirkungsgrad > 95% / Maximale Kühlleistung
3. Unabhängig von der Außentemperatur
4. Einhaltung der Hygienevorgaben der VDI 6022

Wartung

Ausführung Konische Kanäle

- > Prüfung und Abnahme durch Kundendienst, Hygieniker, Monteure, TÜV Nord
- > Kanäle demontiert:



Wartung

Ausführung Konische Kanäle

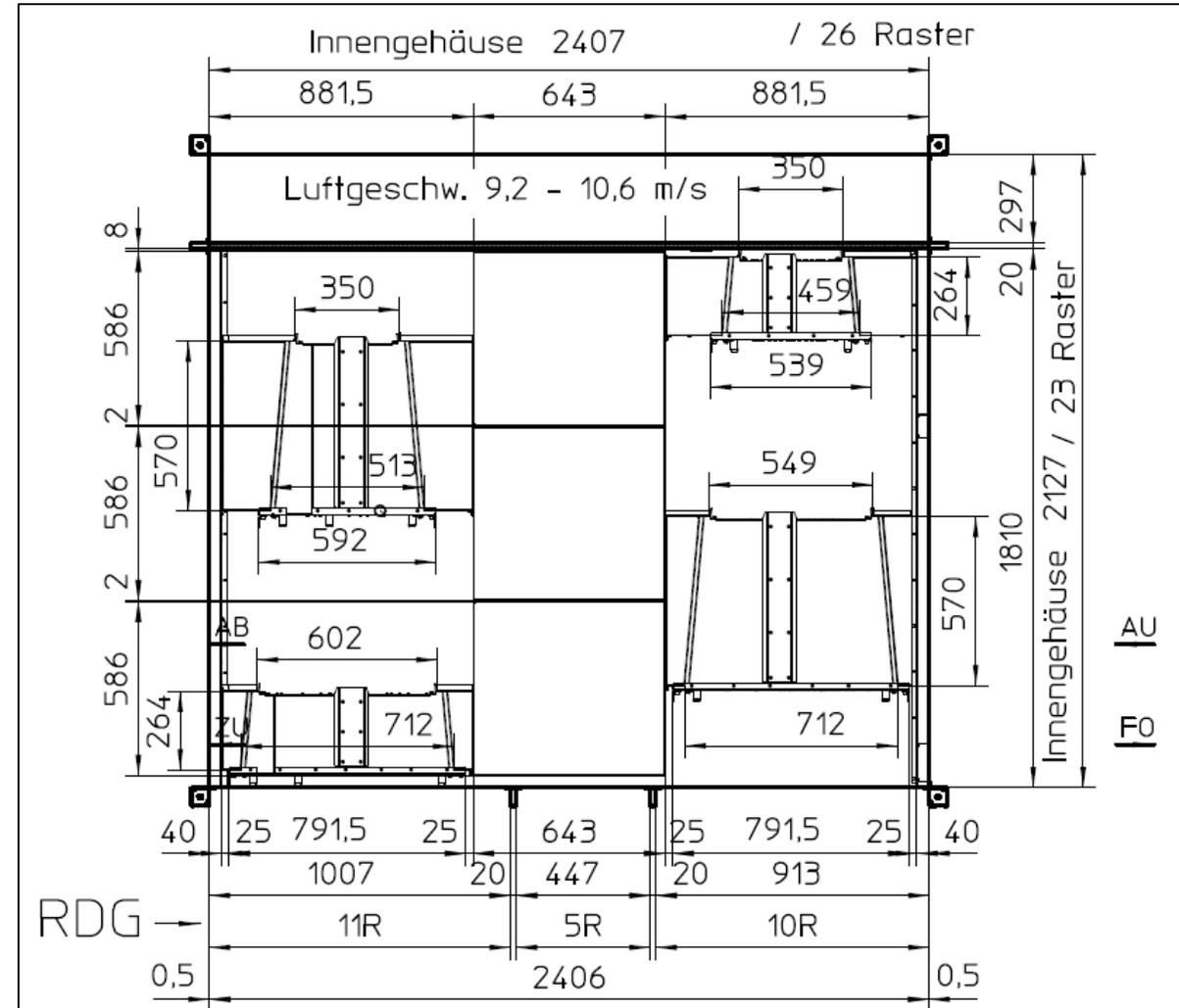
- > Prüfung und Abnahme durch Kundendienst, Hygieniker, Monteure, TÜV Nord
- > Kanäle montiert:



Wartung

Ausführung Konische Kanäle

> Draufsicht der entnehmbaren Luftkanäle



Wassersystem

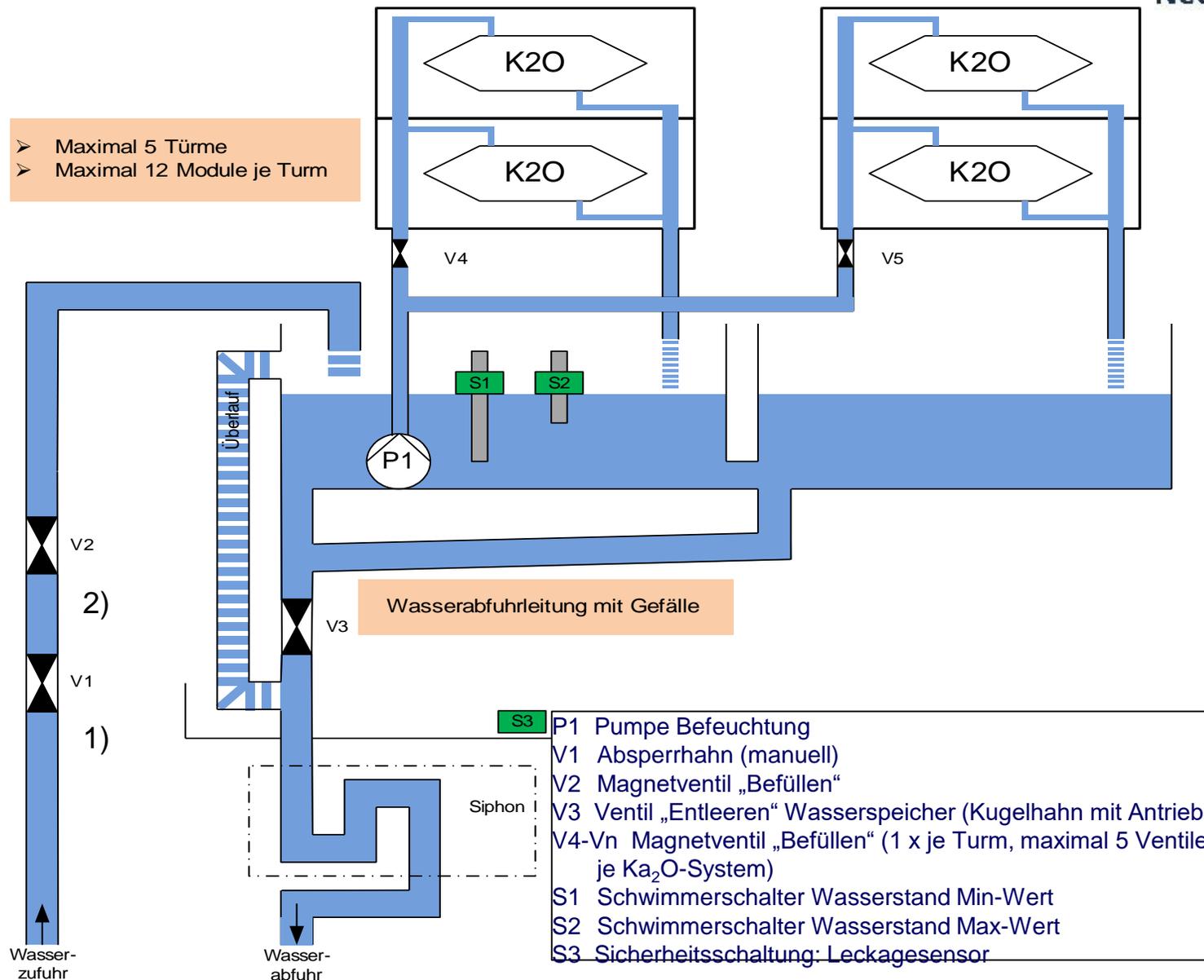
Beispiel: 2 Türme

- Maximal 5 Türme
- Maximal 12 Module je Turm

Dimensionierung
Zufluß < Abfluss:

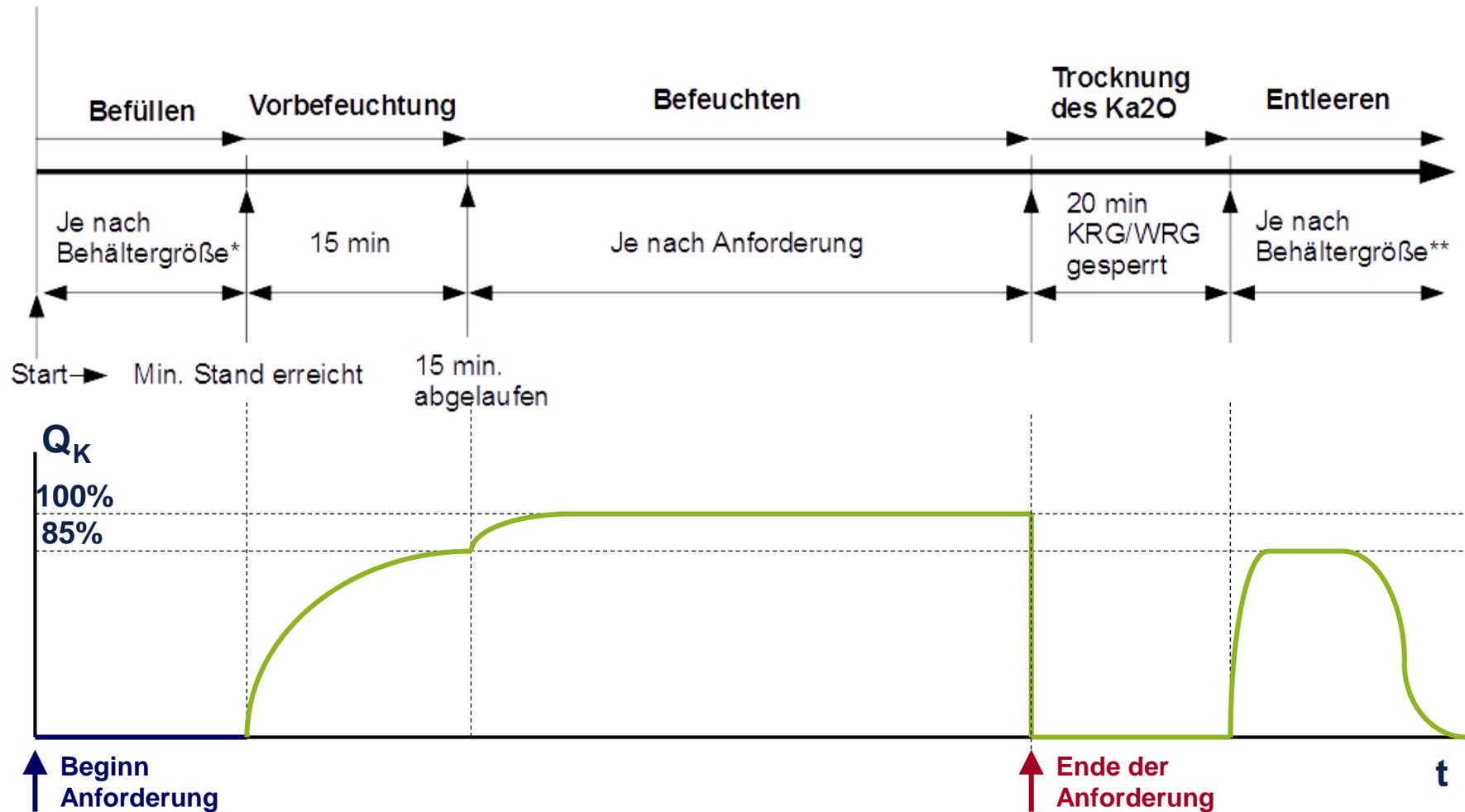
Abfluß kann höhere
Wassermenge führen

- 1) bauseits zu stellen
- 2) ab Werk beigestellt



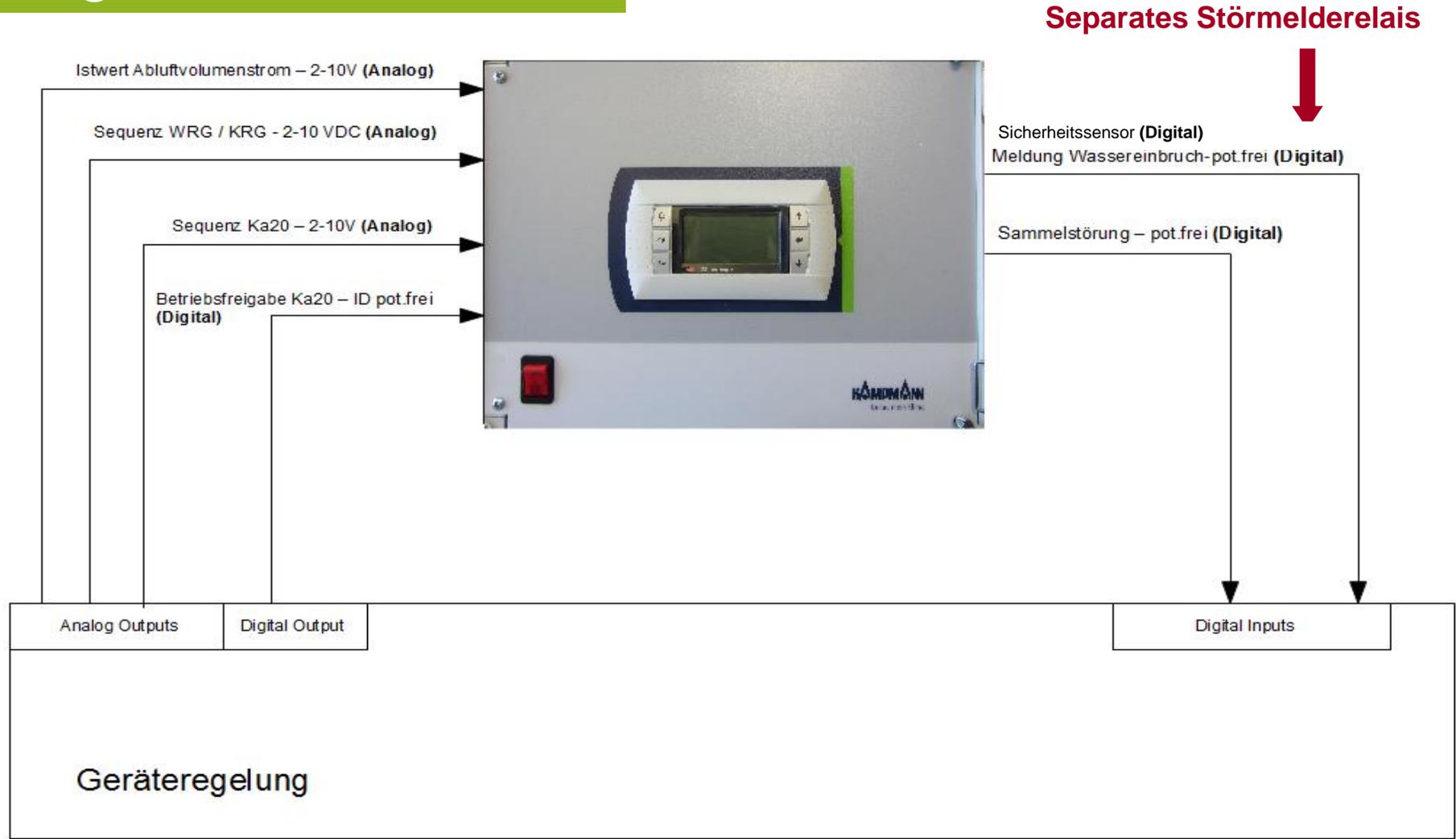
Wassersystem

Betriebszustände Kühlvorgang



Steuerung Ka_2O -System

Einbindung in eine Geräte-MSR



Agenda

- > Lüftung und Verdunstungskühlung
- > Die Ca_2O -Technologie – Verdunstungskühlung 2.0
- > Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- > Aktuelle Entwicklungen

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

DIN EN 18599

- > Projekt: 17-05608 Prüfzentrum, München
- > Vergleich: RLT-Geräte 27.000 m³/h
- > Ausführungen:
 - #1 – Ka_2O -Technologie
 - #2 – Rotationswärmetauscher mit Kaltwassererzeuger
- > Version: 01 – 22.06.2017

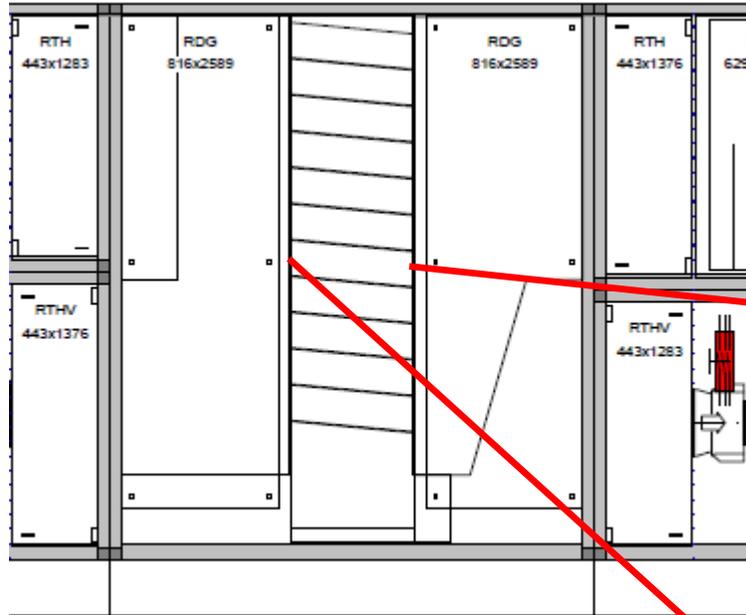
RLT-Gerät #1

Ka₂O-Technologie



RLT-Gerät #1

Ka2O-Technologie



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Variante #1: RLT-Gerät mit Ka_2O -Technologie

> Luftmengen:

> Zuluft: 27.000 m^3/h

> Abluft: 27.000 m^3/h

> Notwendige zusätzliche Kälteleistung: - - - kW

> Zulufttemperatur: $\sim 19\text{ }^\circ\text{C}$

>



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Variante #1: RLT-Gerät mit Ka_2O -Technologie

> Abkühlung der Außenluft um **14K**, Kühlleistung AUL **130,2 kW**

Ka2O Kühlsektion		32 R	L: 3091 mm	Geh. Innen	VZB	2567 kg	Delta P	172 Pa
Adiabater Kühlbetrieb (indirekt) 1		Type : Ka2O-5T-12M						
Außenluft [m³/h]	27.000			Abluft [m³/h]	27.000	Druckabfall Zuluft [Pa]	227	
Eintritt °C	35,00	Feuchte [%]	40,0	Eintritt [°C]	26,00	Feuchte [%]	45,0	
Austritt °C	18,34	Feuchte [%]	100,0	Austritt [°C]	27,10	Feuchte [%]	74,0	
Kühlleistung ges. [kW]	156,4	Wirkungsgrad adiab. [%]	97,09					
		Verdunstungsmenge [m³/h]	0,050					
		durchschnittlicher Wasserverbrauch	192					
Adiabater Kühlbetrieb (indirekt) 2								
Außenluft [m³/h]	27.000			Abluft [m³/h]	27.000	Druckabfall Zuluft [Pa]	224	
Eintritt [C°]	32,00	Feuchte [%]	40,0	Eintritt [C°]	26,00	Feuchte [%]	43,0	
Austritt [C°]	17,99	Feuchte [%]	92,0	Austritt [C°]	26,73	Feuchte [%]	65,0	
Kühlleistung ges. [kW]	130,2	Wirkungsgrad adiab. [%]	96,55					
		Verdunstungsmenge [m³/h]	0,050					
		durchschnittlicher Wasserverbrauch [l/h]	192					
Heizmodus								
Außenluft [m³/h]	27.000			Abluft [m³/h]	27.000	Druckabfall Zuluft [Pa]	172	
Eintritt [C°]	-12,0	Feuchte [%]	90,0	Eintritt [°C]	22,00	Feuchte [%]	35,0	
Austritt [C°]	15,07	Feuchte [%]	11,0	Austritt [°C]	1,26	Feuchte [%]	77,0	
Rückgewinn feucht [kW]	250,46	Wirkungsgrad feucht [%]	79,63		Einfriertemperatur [°C]	-6		
Rückgewinn trocken [kW]	237,91	Wirkungsgrad trocken [%]	75,64					

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Variante #2: RLT-Gerät mit Rotationswärmetauscher



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Variante #2: RLT-Gerät mit Rotationswärmetauscher

> Luftmengen:

> Zuluft: 27.000 m³/h (30.000 m³/h (gem. EN 13053 -10%) eff.)

> Abluft: 27.000 m³/h (30.000 m³/h (gem. EN 13053 -10%) eff.)

> Zulufttemperatur nach WRG: 27,3 °C

> Notwendige zusätzliche Kälteleistung: 125 kW

> Mechanische Kälte zur Abdeckung der Kälteleistung erforderlich



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Variante #2: RLT-Gerät mit Rotationswärmetauscher

> Abkühlung der Außenluft um **4,7 K**, Kühlleistung AUL **48,3 kW**

Rotationstauscher im Gehäuse		20 R	L: 1971 mm	Geh. Innen	VZB	Delta P	159 Pa
		Typ P_16-3000-WZV-VVX35				kZ	
<u>Heizkonditionen</u>				<u>Kühlkonditionen</u>			
Abluft [m ³ /h]	30.000			Abluft [m ³ /h]	30.000		
Eintritt [°C]	22,00	Feuch. [%]	35,0	Eintritt [°C]	26,00	Feuch. [%]	45,0
Austritt [°C]	-5,80	Feuch. [%]	99,0	Austritt [°C]	30,70	Feuch. [%]	34,3
Zuluft [m ³ /h]	30.000			Zuluft [m ³ /h]	30.000		
Eintritt [°C]	-14,00	Feuch. [%]	90,0	Eintritt [°C]	32,00	Feuch. [%]	40,0
Austritt [°C]	14,10	Feuch. [%]	42,9	Austritt [°C]	27,30	Feuch. [%]	52,4
Ges. rückgew. Leistung [kW]	363,20			Ges. rückgew. Leistung [kW]	48,30		
Sens. rückgew. Leistung [kW]	283,60			Sens. rückgew. Leistung [kW]	48,30		
Rückwärmzahl [%]	75			Rückwärmzahl [%]	75,5		
Rückfeuchtezahl [%]	68			Rückfeuchtezahl [%]			

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067

Gegenüberstellung der Investitionskosten

	Variante #1: Ka2O	Variante #2 RT
Invest RLT-Gerät	110.558,- €	68.075,- €
Externer Kaltwassererzeuger	- - -	125 kW
Invest	- - -	46.800,- €
Summen	110.558,- €	114.875,- €

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (1)

Vorgabedaten für die Berechnung

				Datum	23.06.2017
				Projekt Nr.	17-16231
				Sachbearbeiter	Dipl. Wirt.-Ing. Ingo Kotting
1. Allgemeine Daten					
Luftmenge Zuluft	27.000	m ³ /h			
Zulufttemperatur Kühlbetrieb	18	°C			
Zulufttemperatur Heizbetrieb	22	°C	Preisänderungsfaktoren		
Betriebszeit Lüftung			Kapital/Warten/Bedienen	2	%
Stunden/Tag	14	h	Verbrauch	5	%
Tage/Woche	7	d			
Wochen/Jahr	52	w	Energiekosten		
Gesamt:	5.096	h/a	Strom	0,18	€/kWh
			Kälte	0,10	€/kWh
Wirtschaftliche Kennwerte			Wärme	0,06	€/kWh
Betrachtungszeitraum	15	a	Dampf	0,10	€/kWh
Nutzungsdauer	15	a	Frischwasser	1,50	€/m ³
eff. Jahreszins	2	%	Abwasser	4,00	€/m ³
Wartung	2	%			

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (2)

Investitionskosten und Technische Anforderungen

2. Investitionskosten	Ka_2O -Technologie	Rotationswärmetauscher				
Kosten RLT-Anlage	110.558,00 €	114.875,00 €				
3. Technische Anforderungen						
Kühlung	<input type="text" value="Ka2O"/>	<input type="text" value="Kaltwassersatz"/>				
Feuchteanforderungen	<input type="text" value="keine"/>	<input type="text" value="keine"/>				
Befeuchter-Typ	<input type="text" value="Verdunstung nicht regelbar"/>	<input type="text" value="Verdunstung nicht regelbar"/>				
WRG mit Feuchterückgewinnung	<input checked="" type="checkbox"/> Feuchterückgewinnung	<input checked="" type="checkbox"/> Feuchterückgewinnung				
Rückwärmezahl	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="75"/>				
Leistungsaufnahme Zuluftventilator	<table border="1"><tr><td>11,00</td><td>kW</td></tr></table>	11,00	kW	<table border="1"><tr><td>12,80</td><td>kW</td></tr></table>	12,80	kW
11,00	kW					
12,80	kW					
Leistungsaufnahme Abluftventilator	<table border="1"><tr><td>11,60</td><td>kW</td></tr></table>	11,60	kW	<table border="1"><tr><td>11,80</td><td>kW</td></tr></table>	11,80	kW
11,60	kW					
11,80	kW					

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (3)

Energiemengen

4. Energiemengen	Ka2O-Technologie		Rotationswärmetauscher	
Aufwand Strom p.a.	115.170	kWh/a	125.362	kWh/a
Aufwand Kälte p.a.	0	kWh/a	67.646	kWh/a
Aufwand Kälte mit Verdunstung	0	kWh/a	0	kWh/a
Aufwand Kälte mit Ka_2O	0	kWh/a	0	kWh/a
Aufwand Wärme p.a.	68.290	kWh/a	68.290	kWh/a
Wasserverbrauch bei Verdunstungskühlern	153,60	m ³ /h	0,00	m ³ /h
Aufwand Dampfbefeuchtung	0	kWh/a	0	kWh/a



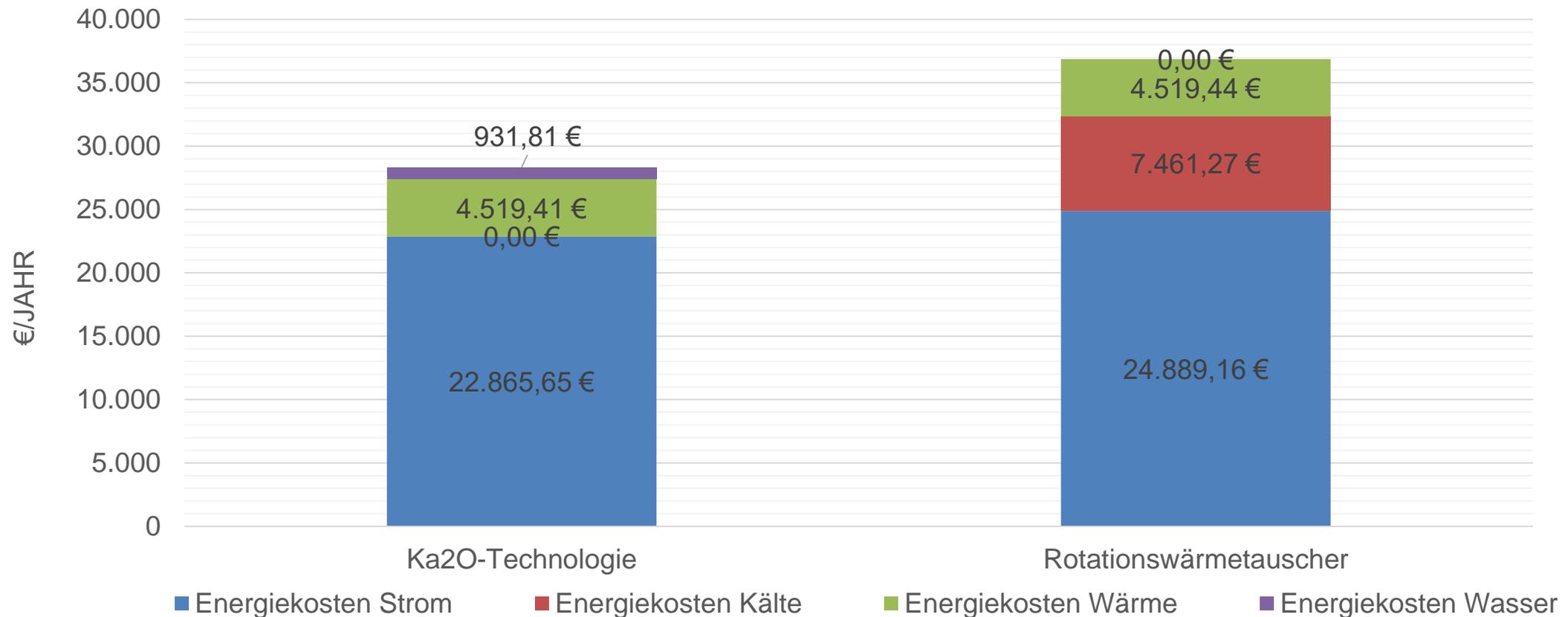
Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (4)

Kosten und Annuitäten

5. Kosten im ersten Jahr		Ka2O-Technologie		Rotationswärmetauscher	
Strom	20.731	€/a	22.565	€/a	
Kälte	0	€/a	6.765	€/a	
Wärme	4.097	€/a	4.097	€/a	
Dampfbefeuchtung	0	€/a	0	€/a	
Wasser für Verdunstungskühlung	845	€/a	0	€/a	
Wartung	2.211	€/a	2.298	€/a	
Betriebskosten im ersten Jahr	27.884	€/a	35.725	€/a	
6. Annuitätenrechnung		Ka2O-Technologie		Rotationswärmetauscher	
Energiekosten Strom	29.292	€/a	31.884	€/a	
Energiekosten Kälte	0	€/a	9.558	€/a	
Energiekosten Wärme	5.790	€/a	5.790	€/a	
Energiekosten Wasser	1.194	€/a	0	€/a	
Energiekosten Dampfbefeuchtung	0	€/a	0	€/a	
kapitalgebundene Kosten	8.604	€/a	8.940	€/a	
Betriebskosten	2.531	€/a	2.629	€/a	
Gesamtannuität	47.410	€/a	58.802	€/a	

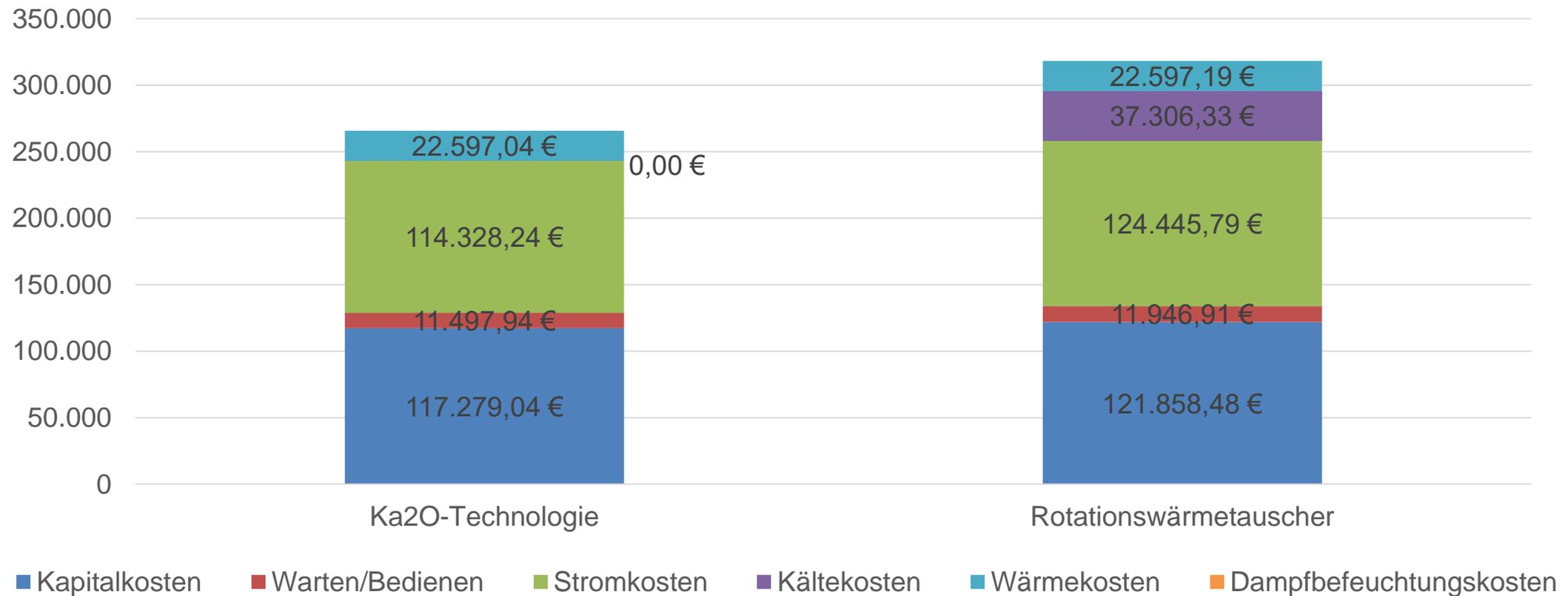
Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (5)

Betriebskosten [€/a]



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (6)

LCC – Betriebskosten über Laufzeit 15 Jahre [€/15a]



Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (7)

LCC – Betriebskosten über Laufzeit 15 Jahre [€/15a]

LCC - 15 Jahre	Ka_2O -Technologie	Rotationswärmetauscher
Kapitalkosten	129.063 €	134.103 €
Warten/Bedienen	37.960 €	39.442 €
Stromkosten	439.379 €	478.262 €
Kältekosten	0	143.373
Wärmekosten	86.843 €	86.844 €
Dampfbefeuchtungskosten	0 €	0 €
Summe Lebenszykluskosten	693.245 €	882.024 €
Differenz	-188.778,66 €	

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (8)

LCC – Betriebskosten über Laufzeit 10 Jahre [€/10a]

LCC - 10 Jahre	Ka_2O -Technologie	Rotationswärmetauscher
Kapitalkosten	123.080 €	127.886 €
Warten/Bedienen	24.133 €	25.076 €
Stromkosten	258.681 €	281.573 €
Kältekosten	0	84.410
Wärmekosten	51.128 €	51.129 €
Dampfbefeuchtungskosten	0 €	0 €
Summe Lebenszykluskosten	457.023 €	570.074 €
Differenz	-113.050,61 €	

Wirtschaftlichkeit gem. VDI 2067 (9)

LCC – Betriebskosten über Laufzeit 5 Jahre [€/5a]

LCC - 5 Jahre	Ka2O-Technologie		Rotationswärmetauscher	
Kapitalkosten	117.279 €		121.858 €	
Warten/Bedienen	11.498 €		11.947 €	
Stromkosten	114.328 €		124.446 €	
Kältekosten	0		37.306	
Wärmekosten	22.597 €		22.597 €	
Dampfbefeuchtungskosten	0 €		0 €	
Summe Lebenszykluskosten	265.702 €		318.155 €	
Differenz	-52.452,43 €			

Agenda

- > Lüftung und Verdunstungskühlung
- > Die Ca_2O -Technologie – Verdunstungskühlung 2.0
- > Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- > Aktuelle Entwicklungen

TÜV Zertifizierung „ Ka_2O “

- > Messung beim TÜV Süd erfolgt im Oktober 2018
- > Ziel: Geprüfte und zertifizierte Leistungsdaten von neutraler Stelle



BAFA Förderung (unter Vorbehalt) – ab Quartal 1 - 2019



- ▶ Referenzzustand: *Außenluft 32°C / 40 % r.F.*
Abluft: 25 °C / 60 % r.F.
- ▶ Formel: $\text{KF} = A \times C^{(1-B)}$
 - ▶ $A = 285,6$
 - ▶ $B = 0,237$
 - ▶ $C =$ erzeugte Kälteleistung durch Verd.
- ▶ Fördervoraussetzung: Nachweis der Kälteleistung durch Monitoring

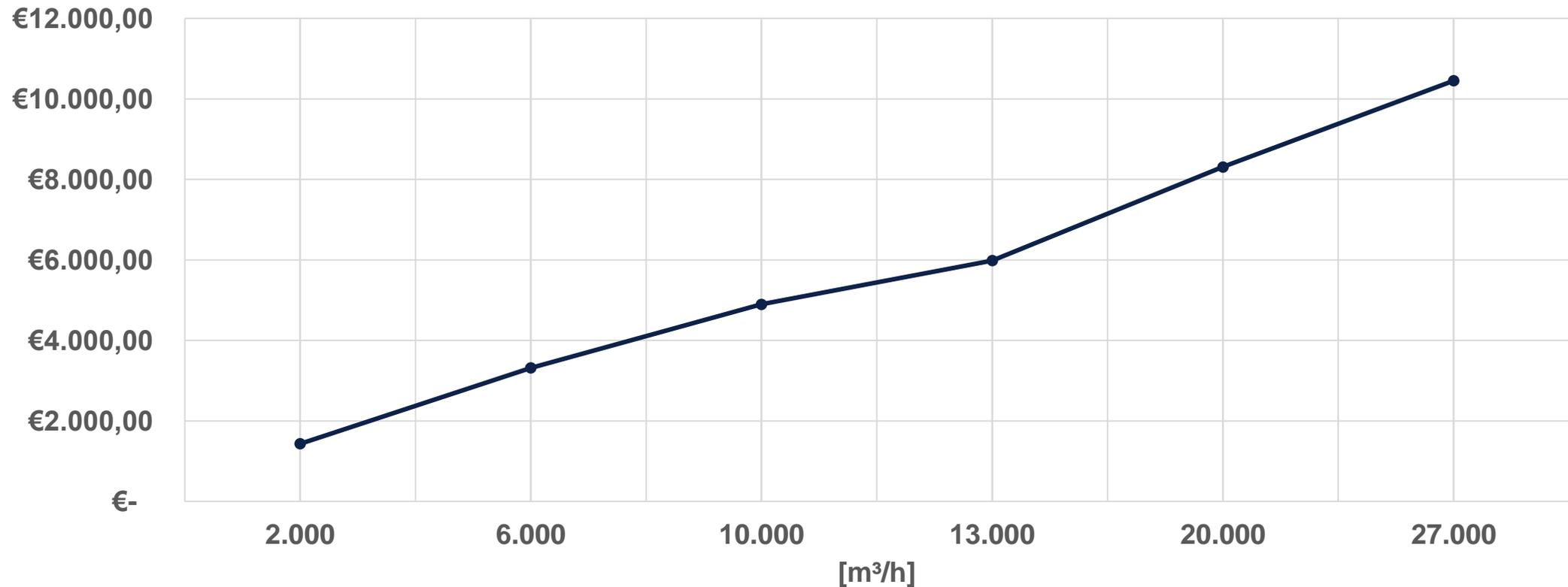
Volumenstrom	Kälteleistung mit Ka_2O -Technologie	Fördersumme
6.000 m ³ /h	25 kW	3.317 €
10.000 m ³ /h	41 kW	4.897 €
13.000 m ³ /h	54 kW	5.984 €
20.000 m ³ /h	83 kW	8.310 €
27.000 m ³ /h	112 kW	10.452 €

BAFA Förderung (unter Vorbehalt) – ab Quartal 1 - 2019

► Diagramm zur Förderung



Förderung mit Ka_2O -Technologie

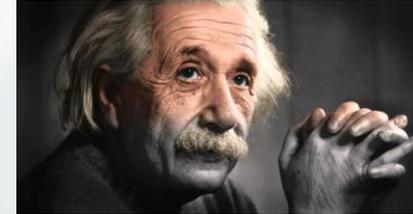


Haben Sie Fragen?



*„Vertrauen und Loyalität können nur auf der Basis der
Gegenseitigkeit gedeihen“*

Albert Einstein (*14. März 1879, †18. April 1955)



KAMPMANN
Genau mein Klima.

NOVA
Neues Klima.

EMCO
Klima leben.