

HERZLICH WILLKOMMEN

zum ONLINE-VORTRAG mit Hans-Peter Müller und Werner Püllen

Lüftung von Schwimmbädern

VDI 2089 Blatt 1

Warum ist eine Schwimmbadbelüftung notwendig?



Verdunstung
des Beckenwassers



Behaglichkeit
der Badegäste



Schutz
des Baukörpers

VDI 2089 Blatt 1 2023-09

Entfeuchtung durch Außenluftzuführung (RLT)

Anforderungen und Grenzwerte der Raumluftechnik



**Verdunstung
des Beckenwassers**

**je nach Becken
und Nutzung**

$$\dot{M}_{D,B,b,u} = \frac{\beta}{R_D \bar{T}} \cdot A \cdot (p_{D,W} - p_{D,L})$$

$p_{D,W}$	Sättigungsdampfdruck bei Beckenwassertemperatur
$p_{D,L}$	Teildruck des Wasserdampfes in der Raumluft
A	Wasserfläche
R_D	Gaskonstante von Wasserdampf
T	mittlere Temperatur (Wasser-Luft)
β	Verdunstungsbeiwert
	Verdunstung des Beckenwasser



ca. 50 % Energieverbrauch eines Schwimmbades!

Anforderungen und Grenzwerte der Raumluftechnik



**Behaglichkeit
der Badegäste**

**RL 30 – 34 °C
14,3 g/kg**

- Beckenwassertemperatur 28 °C – 32 °C
- Raumluf 2 - 4K oberhalb Beckenwasser max. 34 °C
- Schwülegrenze 21 g/kg – 30 g/kg Schwimmer
10 g/kg bekleideter, trockener Nutzer
- 14,3 g/kg bewährter Standardwert (alte VDI 2089)
- Exposition von schädlichen Desinfektions-
nebenprodukten innerhalb der gesetzlichen
Vorgaben (THM, Chloroform)

Anforderungen und Grenzwerte der Raumluftechnik



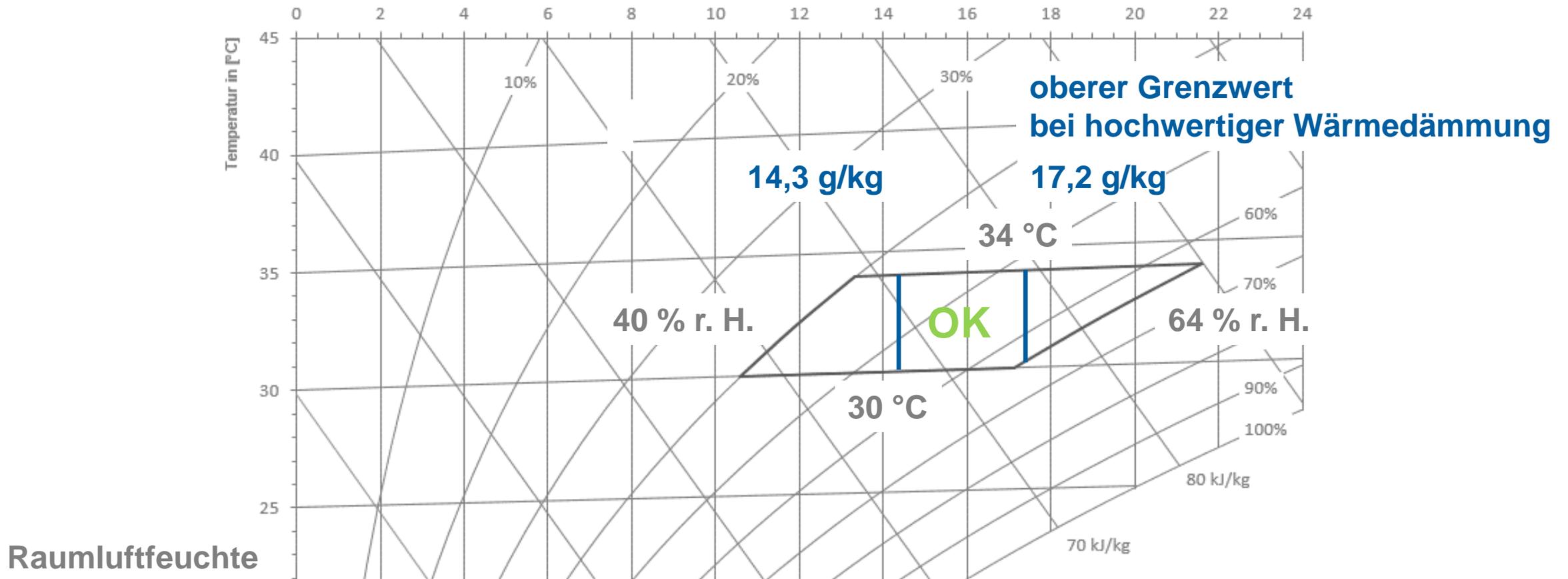
Schutz
des Baukörpers

40 – 64 % r. H.
14,3 – 17,2 g/kg
Taupunktfreiheit

- Taupunktvermeidung
- rel. Feuchte 40 % - 64 %
- abs. Feuchte 14,3 g/kg bis max. 17,2 g/kg



Anforderungen und Grenzwerte der Raumluftechnik VDI 2089



- Entfeuchtung über die Außenluft
- größter verdunstender Wassermassenstrom $\dot{M}_{D,O,max}$
- min. Entfeuchtungsbreite = **5,3 g/kg** entspricht $(x_{D,L} - x_{D,A})$
Bisher: (14,3 g/kg Hallenluft 9 g/kg Außenluft im Sommer)

$$\dot{M}_{A,S} = \frac{\dot{M}_{D,O,max}}{5,3 \text{ g/kg}}$$

$$\dot{M}_{D,O,max} = \underbrace{\sum_{i=1}^n \dot{M}_{D,B,b,i} + \sum_{i=1}^m \dot{M}_{D,B+A,b,i}} + \sum_{i=1}^k \dot{M}_{D,A,i}$$

Summe der verdunstenden **Wassermassenströme** der benutzten **Becken** und **Attraktionen**

Volumenstromregelung nach VDI 2089

Zuluftmassenstrom = Abluftmassenstrom

Maximaler Zuluftmassenstrom = Außenluft - Auslegungsmassenstrom $\dot{M}_{A,S}$

Bade- und Reinigungsbetrieb

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,15 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{unabhängig von der Raumluftfeuchte}$$

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,3 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{bei flüchtigen Desinfektionsnebenprodukten}$$

Ruhebetrieb

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,1 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{hygienischer Betrieb, geringe Verdunstungsmenge}$$

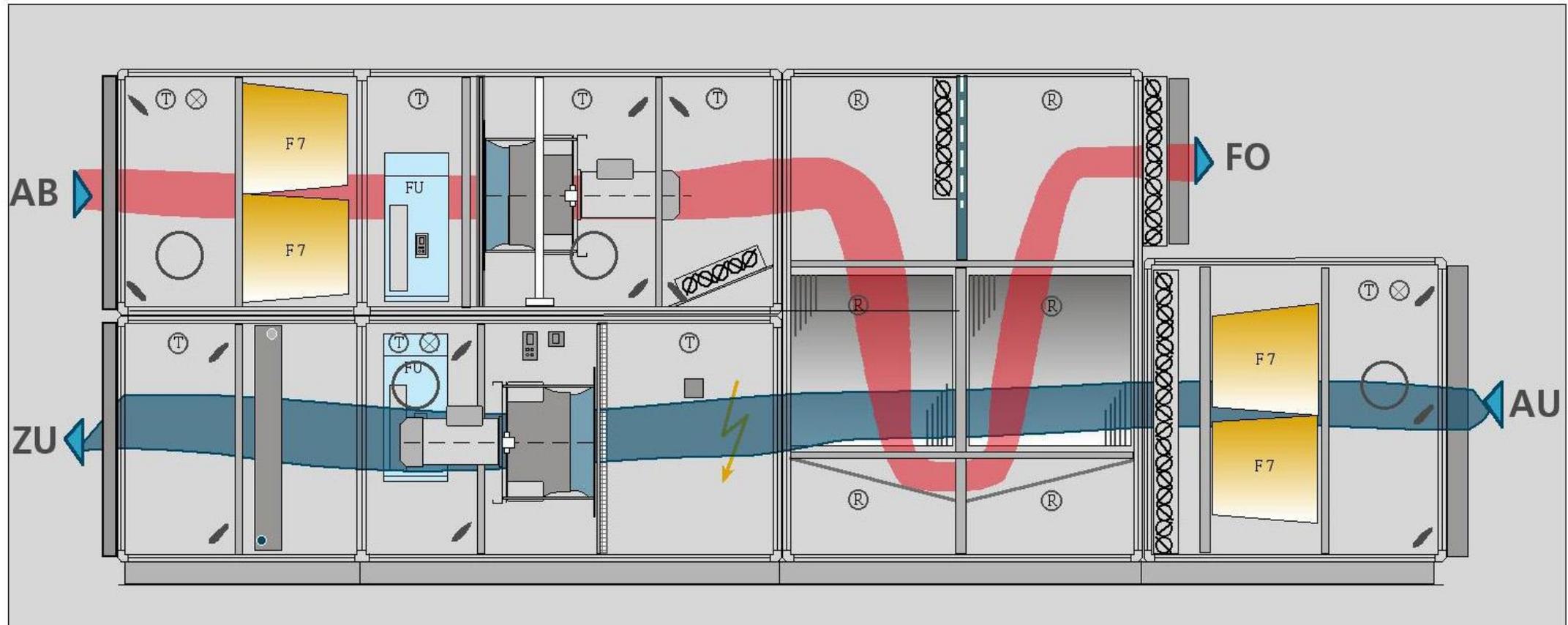
Anforderungen

- **Wärmegeprägtes Gerätegehäuse**
Klasse TB2 nach DIN EN 1886
- **Einhaltung gültiger Effizienzkriterien**
- **Wärmerückgewinnung**
ohne Feuchteübertragung
- **Möglichkeit zum Betrieb**
mit reduzierter Luftmenge (regelbare Ventilatoren)
mit Umluft-Anteil



System TWINPLATE aqua mit integrierter Regelung

Aufbau und Luftführung



Gehäusekonstruktion, Einbauteile, Einschubrahmen und Befestigungselemente sind korrosions- und chlorbeständig



PUR-Beschichtung für:

- Wandpaneele innen und außen
- Filterrahmen
- Ventilatoraufbau
- Klappenrahmen
- Anschlussstutzen

Hocheffiziente Wärmerückgewinnung

RWZ trocken 73 % – 80 %

ERP 2018 min. RWZ trocken: 73 %

Unser Beispiel Hallenbad:

Abluft 31 °C mit 50 % r. H.

Aussenluft von 0 °C

Zuluft von ca. 25 °C

Bezogen auf RWZ ca. 73 %



speziell korrosionsbeständiges Aluminium ($AlMg_3$):

- Geräterahmenkonstruktion
- Bodenwanne mit Kondensatablauf

- Wärmeübertragerrahmen Aluminium
- Wärmeübertragerlamelle Epoxid beschichtet
- Einschubschienen beschichtet



Volumenstromregelung nach VDI 2089

Zuluftmassenstrom = Abluftmassenstrom

Maximaler Zuluftmassenstrom = Außenluft-Auslegungsmassenstrom $\dot{M}_{A,S}$

Bade- und Reinigungsbetrieb (mind. 4-facher Luftwechsel)

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,15 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{unabhängig von der Raumluftfeuchte}$$

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,3 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{bei flüchtigen Desinfektionsnebenprodukten}$$

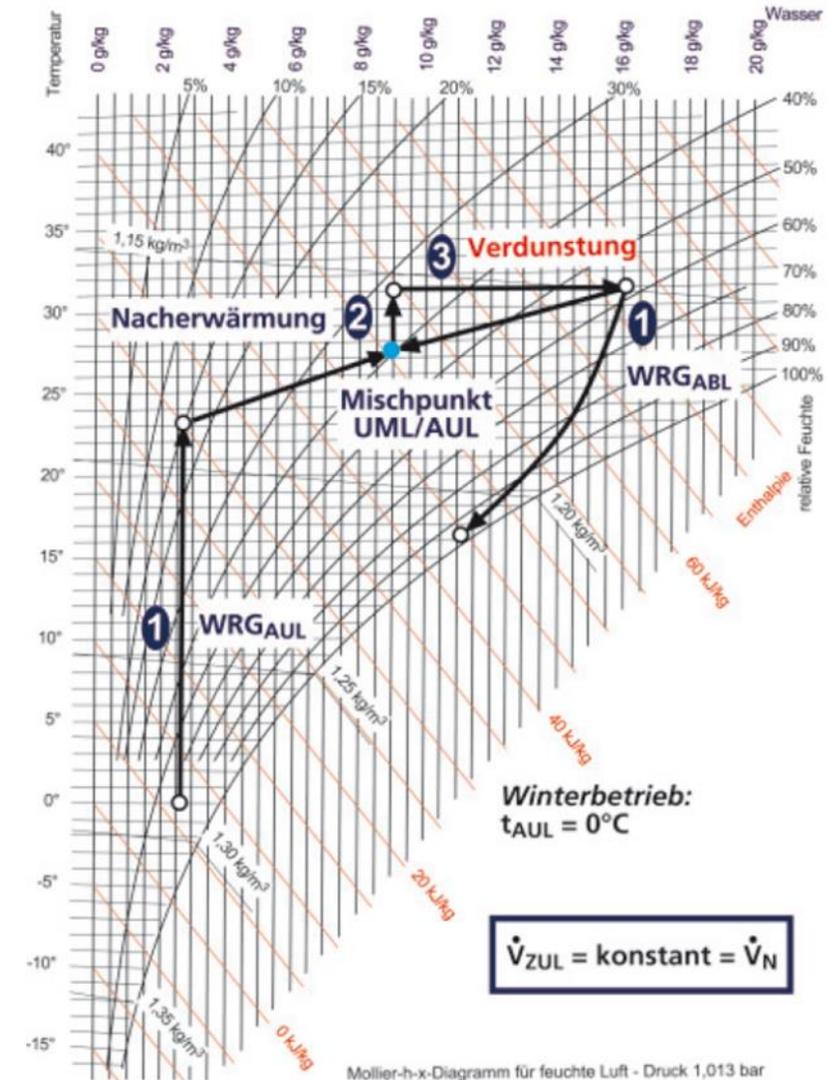
Ruhebetrieb

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,1 \cdot \dot{M}_{A,S} \quad \text{hygienischer Betrieb, geringe Verdunstungsmenge}$$

Konstanter Zuluftmassenstrom (min. 4-facher Luftwechsel) Außenluft anteilig in Abhängigkeit der Außenfeuchte bei Umluftbeimischung

Außenluftauslegungsmassenstrom	22.562	kg/h
Raumluftfeuchte absolut	14,3	g/kg
dx	5,3	g/kg
x_{ZUL}	9,0	g/kg

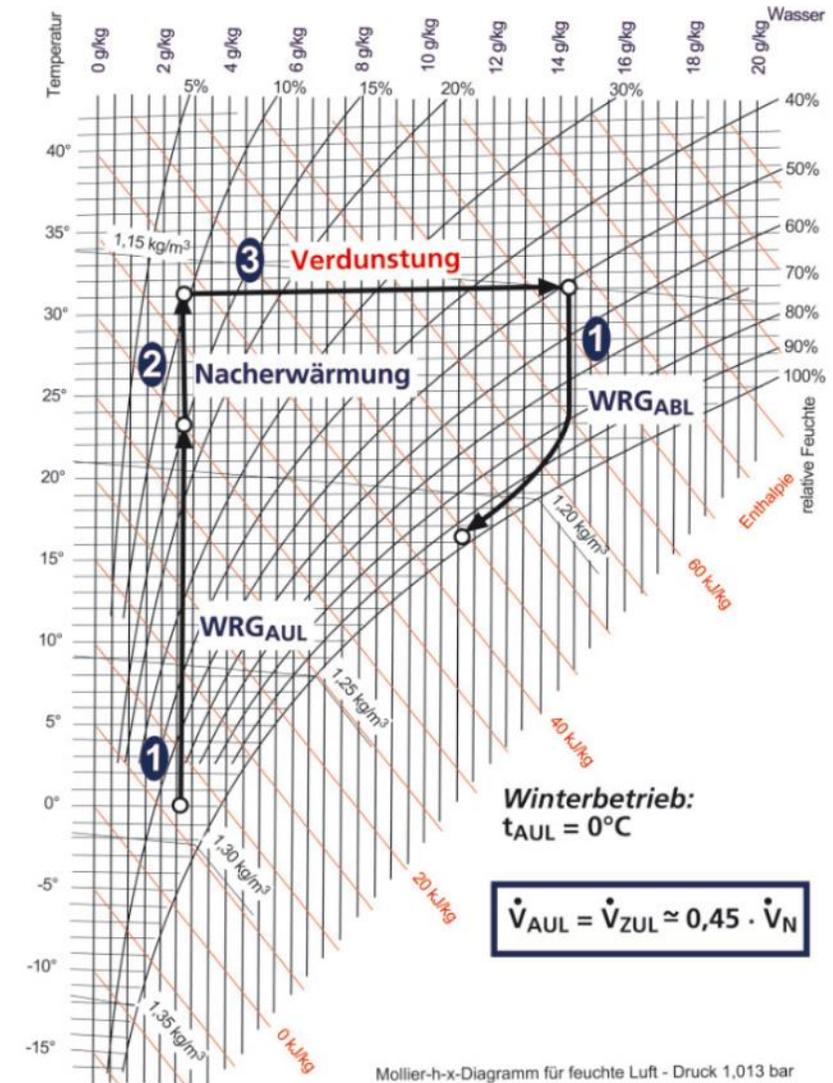
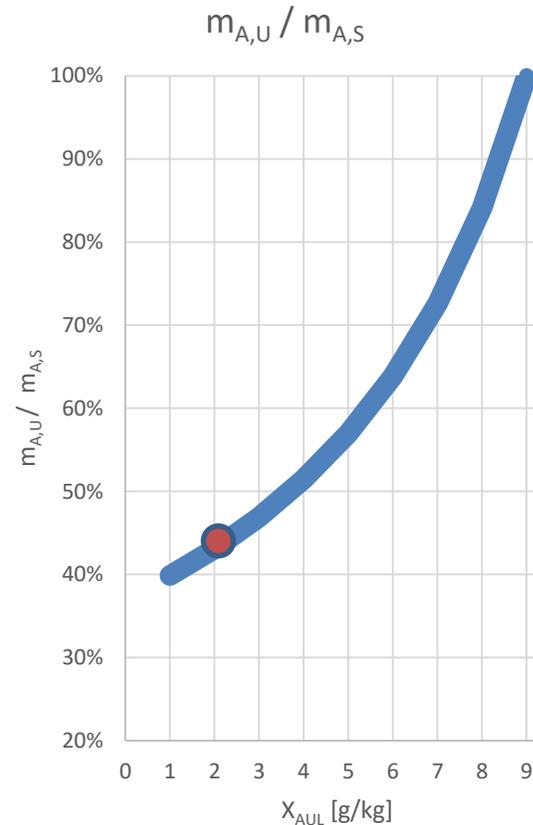
x_{AUL} g/kg	m_{ZUL} kg/h	m_{UML} kg/h	m_{AUL} kg/h	$m_{A,U} / m_{A,S}$	$m_{UML} / m_{A,S}$
9,0	22.562	0	22.562	100%	0%
8,0	22.562	3.581	18.980	84%	16%
7,0	22.562	6.181	16.380	73%	27%
6,0	22.562	8.155	14.407	64%	36%
5,0	22.562	9.704	12.858	57%	43%
4,0	22.562	10.952	11.609	51%	49%
3,0	22.562	11.980	10.582	47%	53%
2,0	22.562	12.840	9.722	43%	57%
1,0	22.562	13.571	8.991	40%	60%



Gleitender Zuluftmassenstrom, Außenluft 100% in Abhängigkeit der Außenfeuchte

Außenluftauslegungsmassenstrom 22.562 kg/h
 Raumlufffeuchte absolut 14,3 g/kg
 dx 5,3 g/kg x_{ZUL} = x_{AUL} g/kg

x_{AUL} g/kg	dx g/kg	$m_{A,U}$ kg/h	m_{ZUL} kg/h	$m_{A,U} / m_{A,S}$ %
9,0	5,3	22.562	22.562	100%
8,0	6,3	18.980	18.980	84%
7,0	7,3	16.380	16.380	73%
6,0	8,3	14.407	14.407	64%
5,0	9,3	12.858	12.858	57%
4,0	10,3	11.609	11.609	51%
3,0	11,3	10.582	10.582	47%
2,0	12,3	9.722	9.722	43%
1,0	13,3	8.991	8.991	40%



Elektrischer Leistungsbedarf:

$$P_m = q_v \cdot \Delta p / \eta_s$$

Volumenstrom

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{q_{v2}}{q_{v1}}$$

linear

Druck

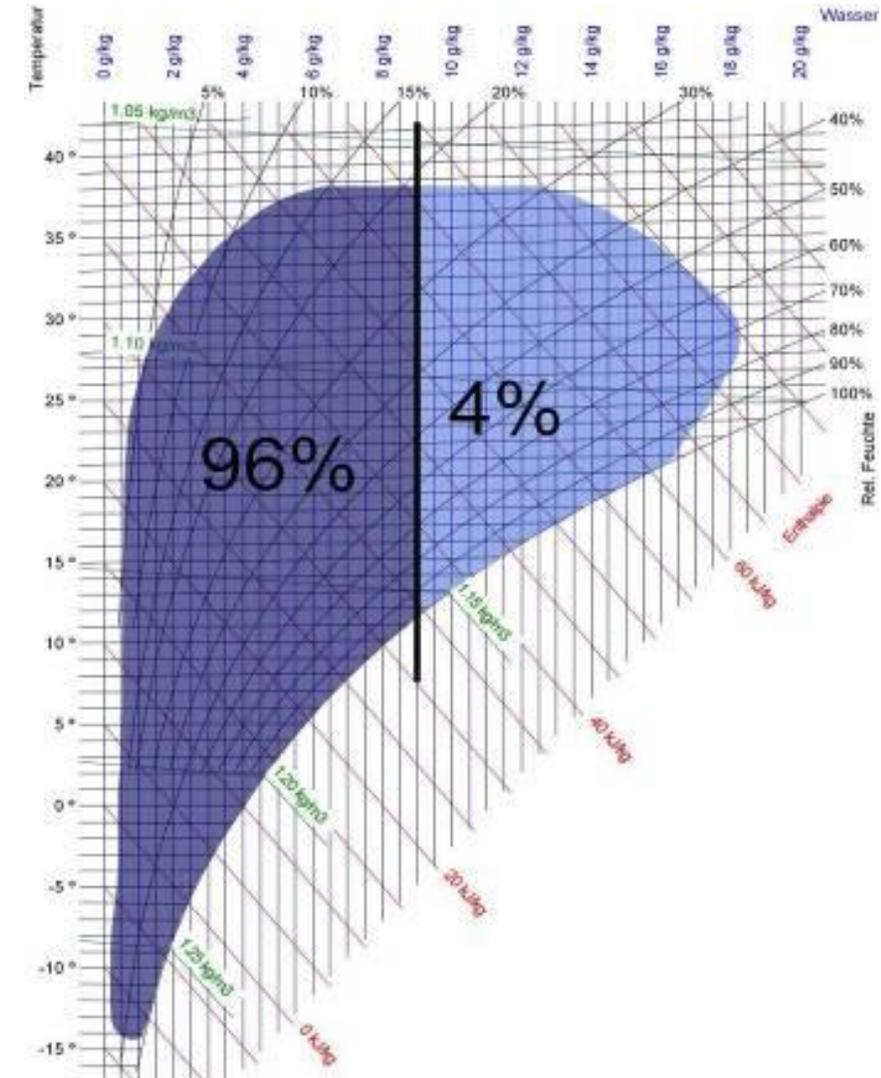
$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left(\frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

quadratisch

Leistungsbedarf

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^3 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

kubisch

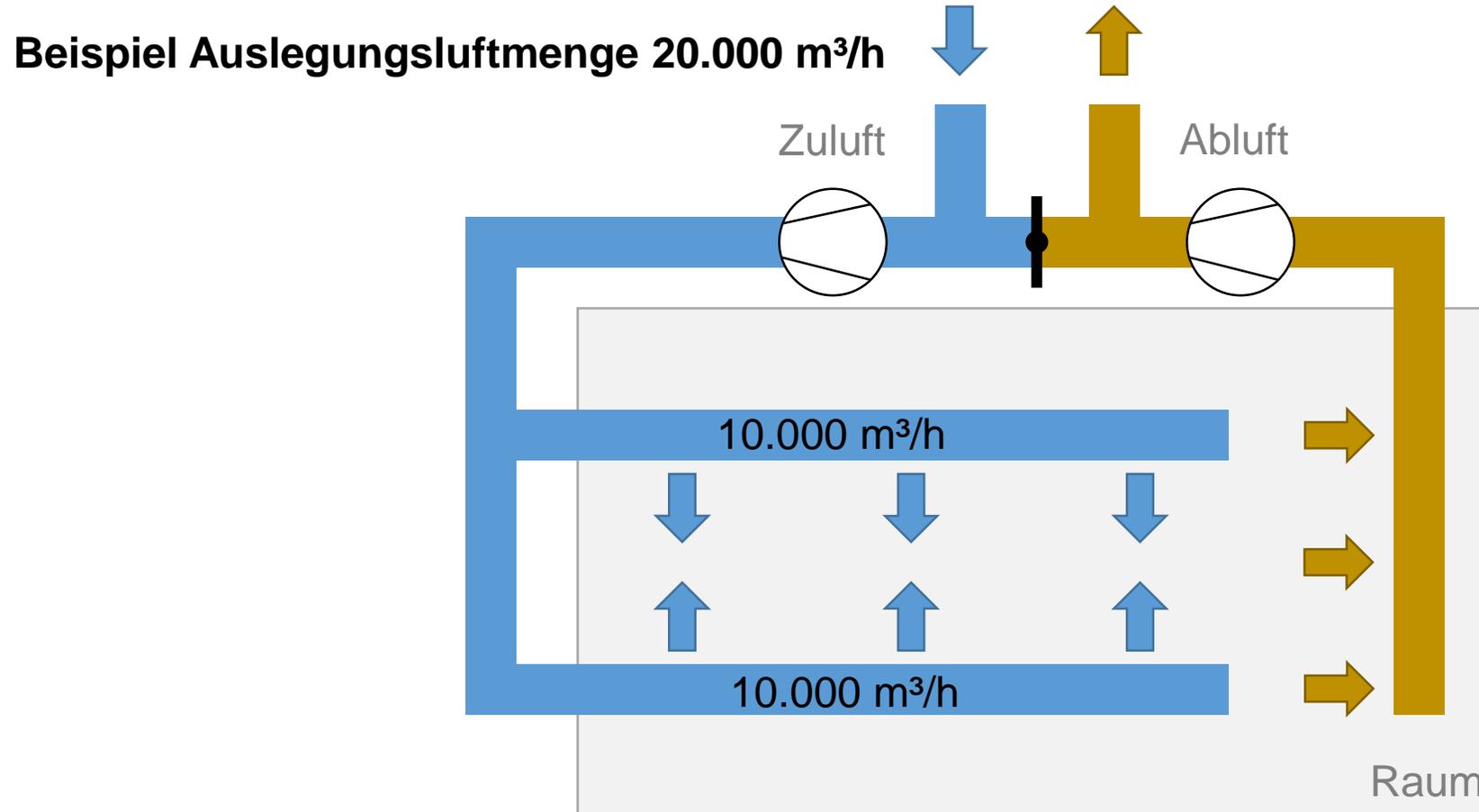


Was ist bei der Umsetzung zu beachten?

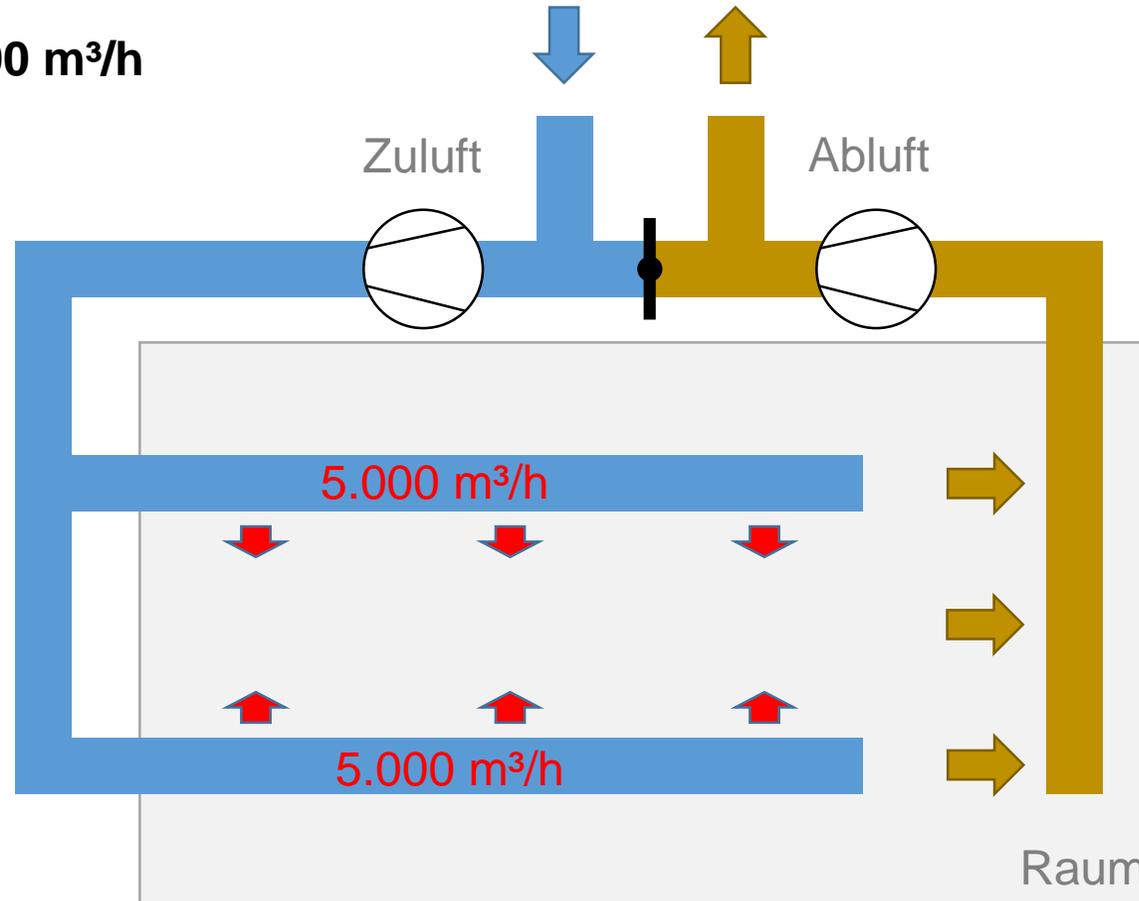
- Repräsentative Feuchtemessung und Taupunktbestimmung
- Gleichmäßige Durchströmung des Aufenthaltsbereichs, Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit
- Sichere Abfuhr der Lasten
- Einbringung der Zuluft entlang der Fenster (Kondensatvermeidung)
- Abluftansaugung an mehreren Stellen
- Geeigneter Ventilator mit großem Drehzahlbereich.
- Geeignete Luftführung

Luftführung

- VDI 2089: Zur Reduktion des Energiebedarfs im Ruhebetrieb intermittierende Zuluft einbringung, für einzelne Zonen mit schnelllaufenden Regelklappen.
- HOWATHERM: Badebetrieb Luftmengenabsenkung intermittierende Zuluft einbringung, für einzelne Zonen mit schnelllaufenden Regelklappen – CrossXchange.
- Zuluft einbringungen sind abhängig vom Strömungsimpuls (also der Luftmenge)

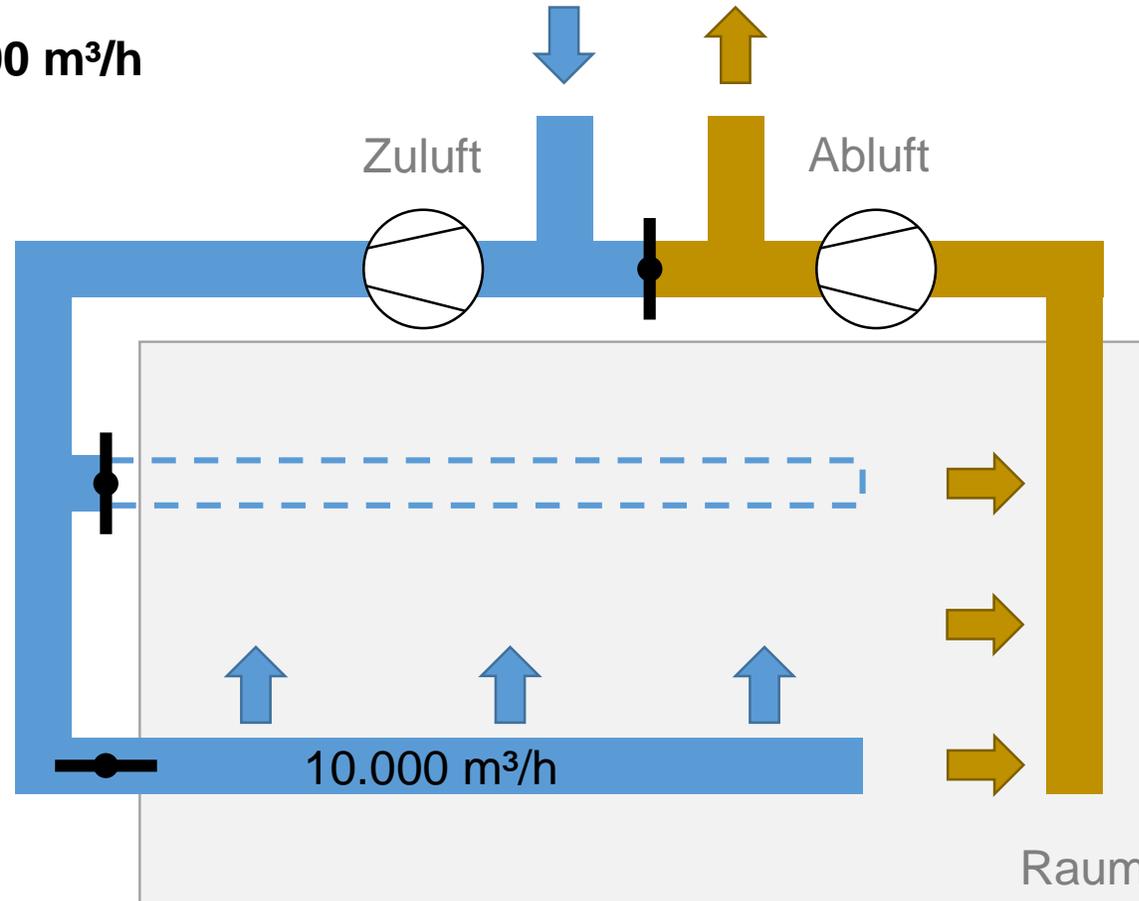


Beispiel Teillast 10.000 m³/h

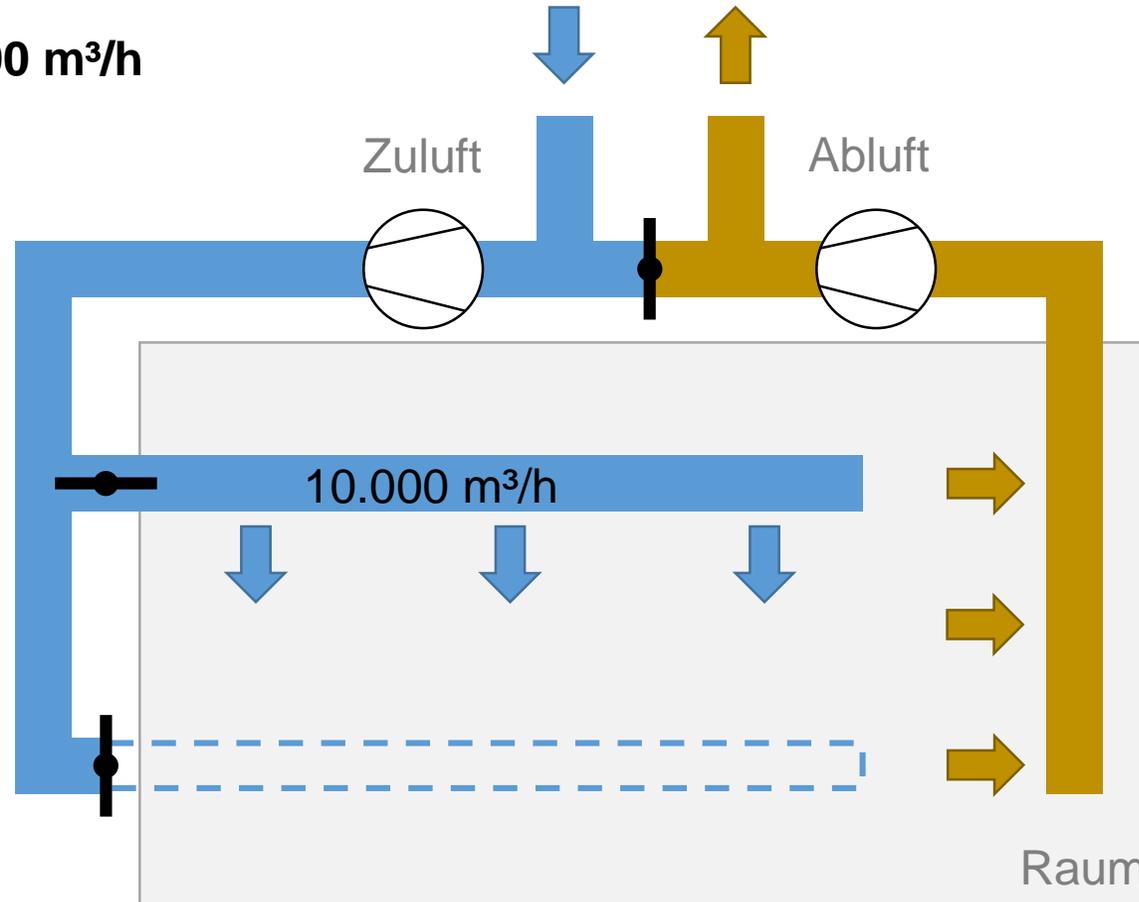




Beispiel Teillast 10.000 m³/h
CrossXchange

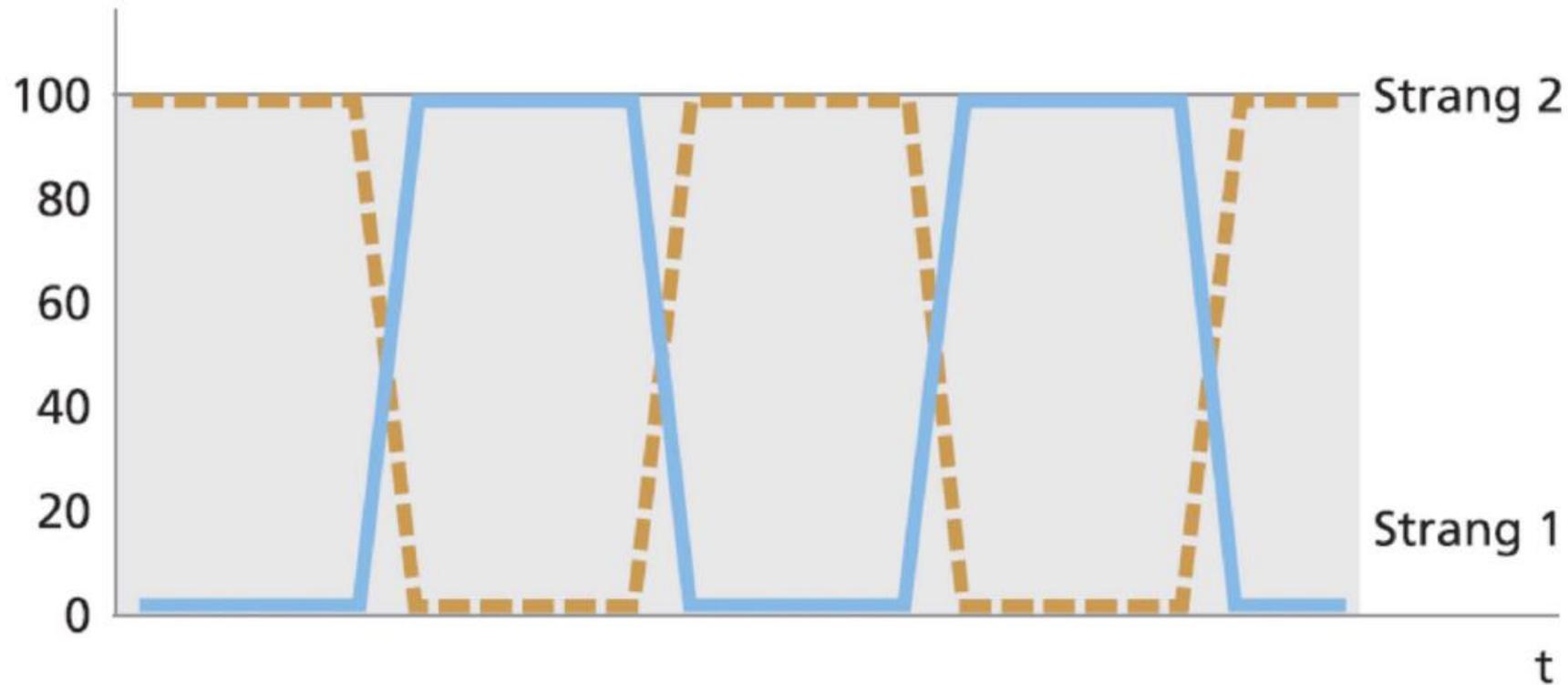


Beispiel Teillast 10.000 m³/h
CrossXchange



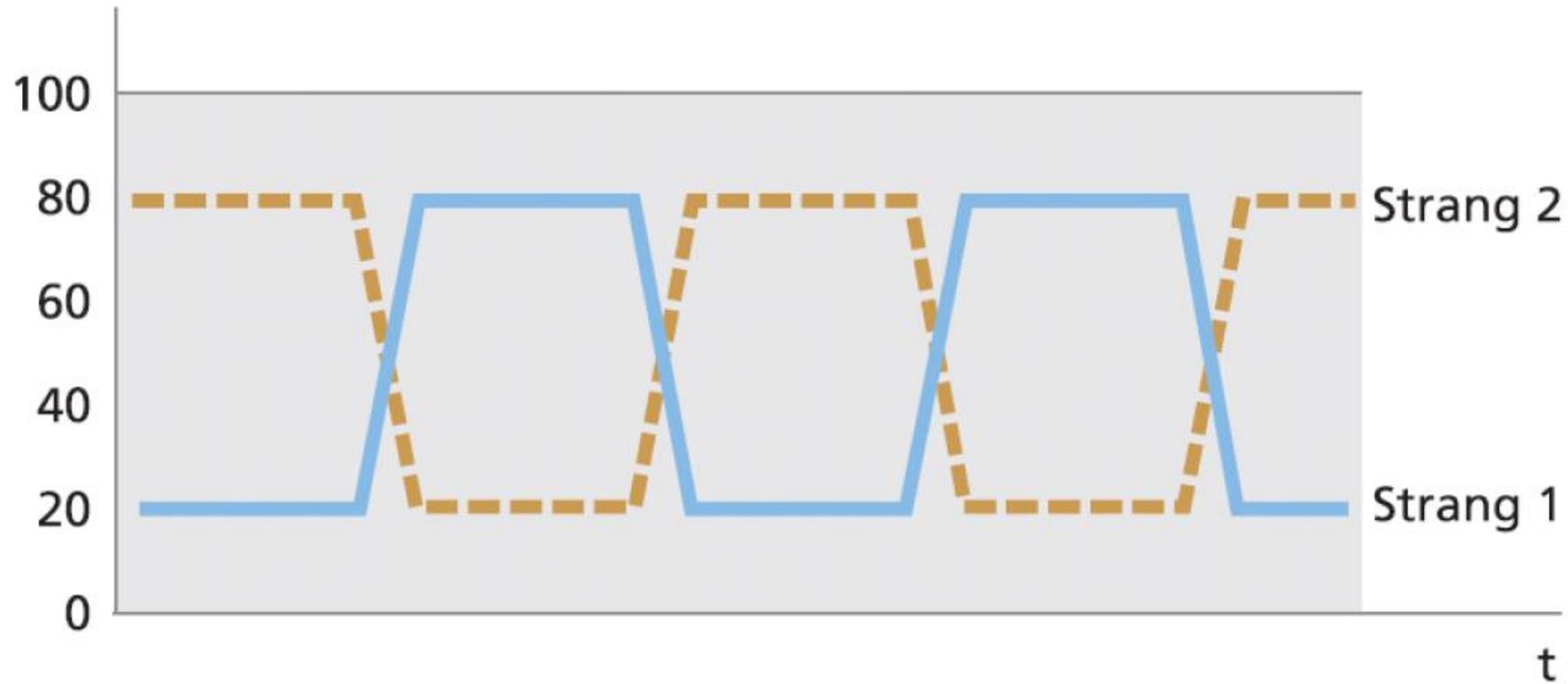
Luftmengen pro Strang
in %

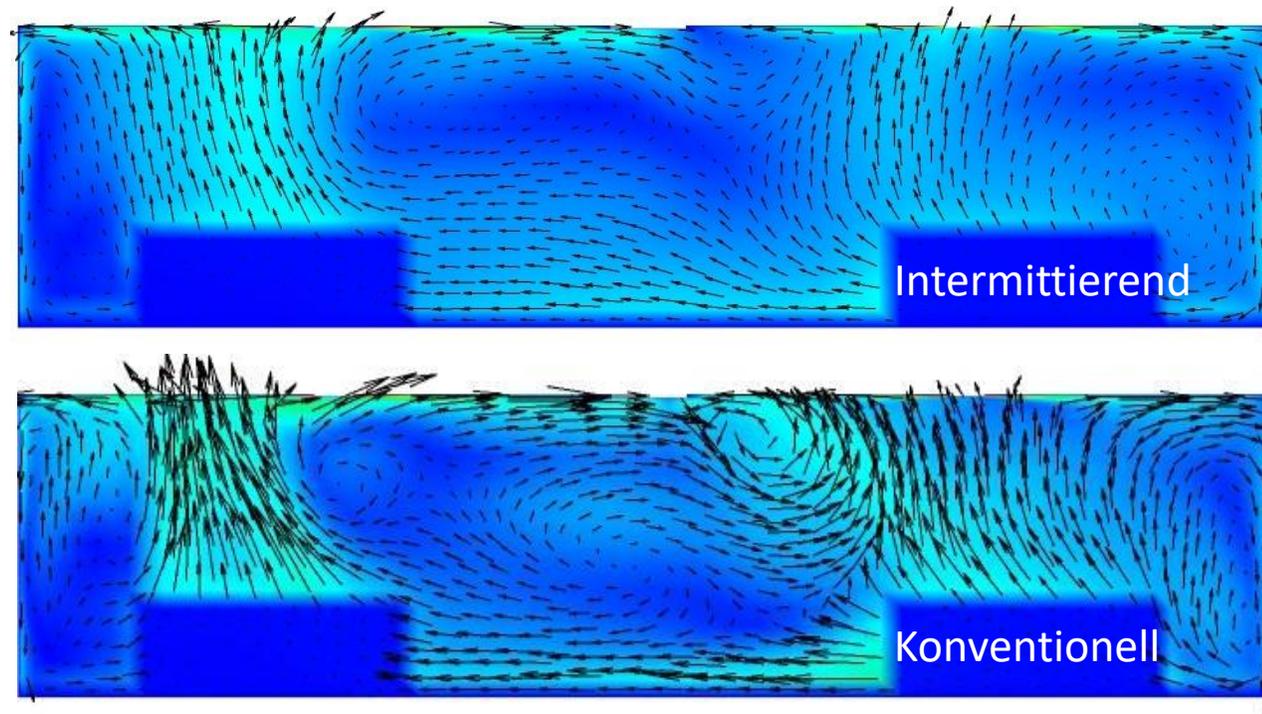
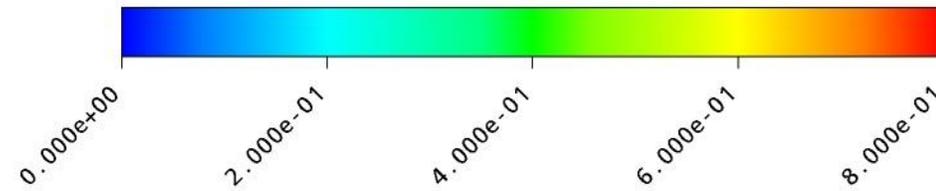
DE 10 2009 009 109



Luftmengen pro Strang
in %

DE 10 2009 009 109





Vergleich Strömungsgeschwindigkeiten vertikal LWZ = 1

- Reduzierung der Luftmengen ist möglich, bei gleicher Induktion
- Steigerung der Energieeinsparung
- Kurzschlussverluste werden vermieden
- Homogeneres und diffuseres Strömungsfeld
- Sekundäre Raumströmungen werden verringert
- Verringerung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Raum
- Verringerung der Schadstoffkonzentrationen
- Das gleiche Lüftungssystem kann auch bei Auslegungsluftmenge genutzt werden

Zuluft 1

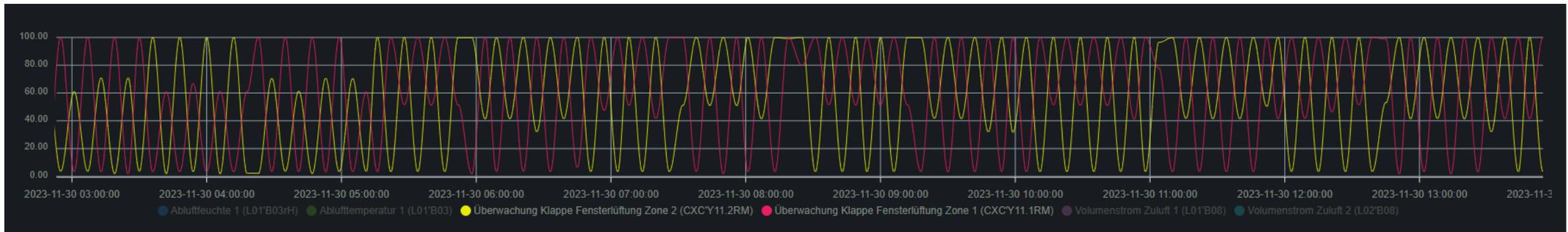


Zuluft 2

Zuluft 3

Zusammenfassung

- VDI 2089 Behaglichkeitsgrenzen und max. Feuchten sind jetzt weiter gefasst
- Ziel Energieeinsparung
- Intermittierende Lüftung - CrossXchange zur Energieeinsparung auch im abgesenkten Badebetrieb (gleitender Zuluftstrom) möglich, trotzdem Gewährleistung einer hohen Lüftungseffektivität
- Verantwortung für den Betreiber zur Überwachung z. B. Monitoring



HERZLICHEN DANK

technikwissen@howatherm.de

ZEIT für Ihre FRAGEN und ANREGUNGEN