

Instationäre Mischströmung

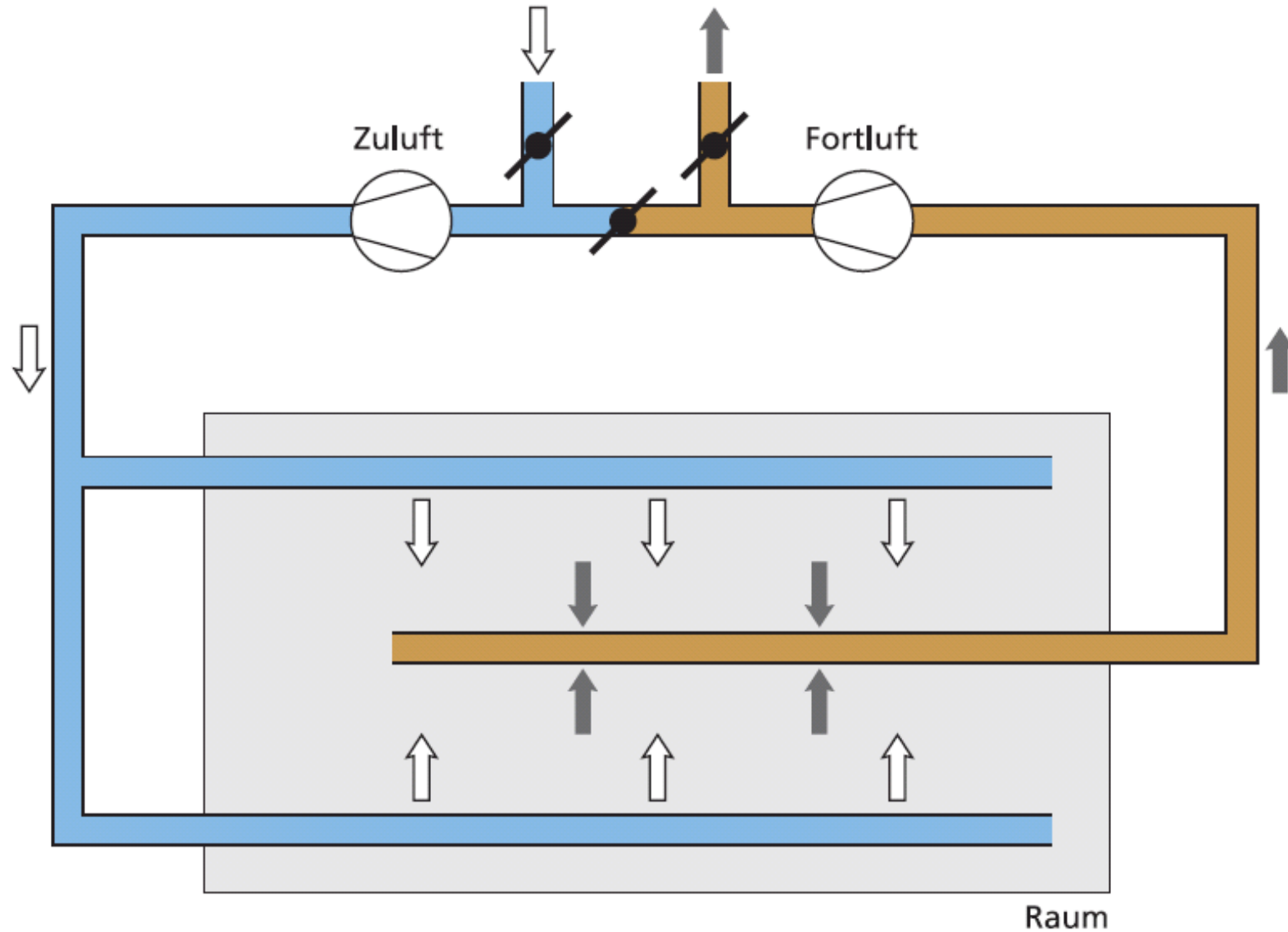
Die instationäre Mischluftströmung



mit Raumlufotechnischen Anlagen

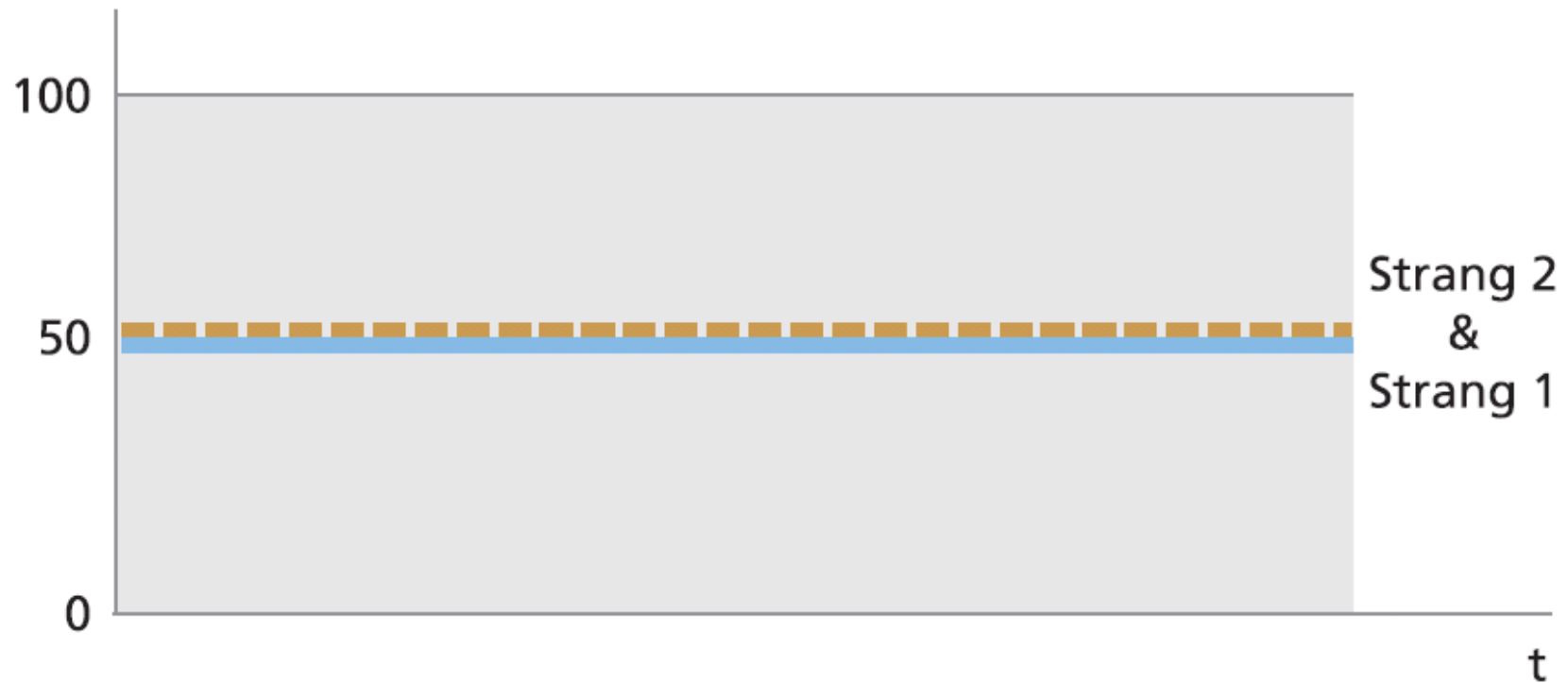
Dr.-Ing. Christoph Kaup

Instationäre Mischströmung

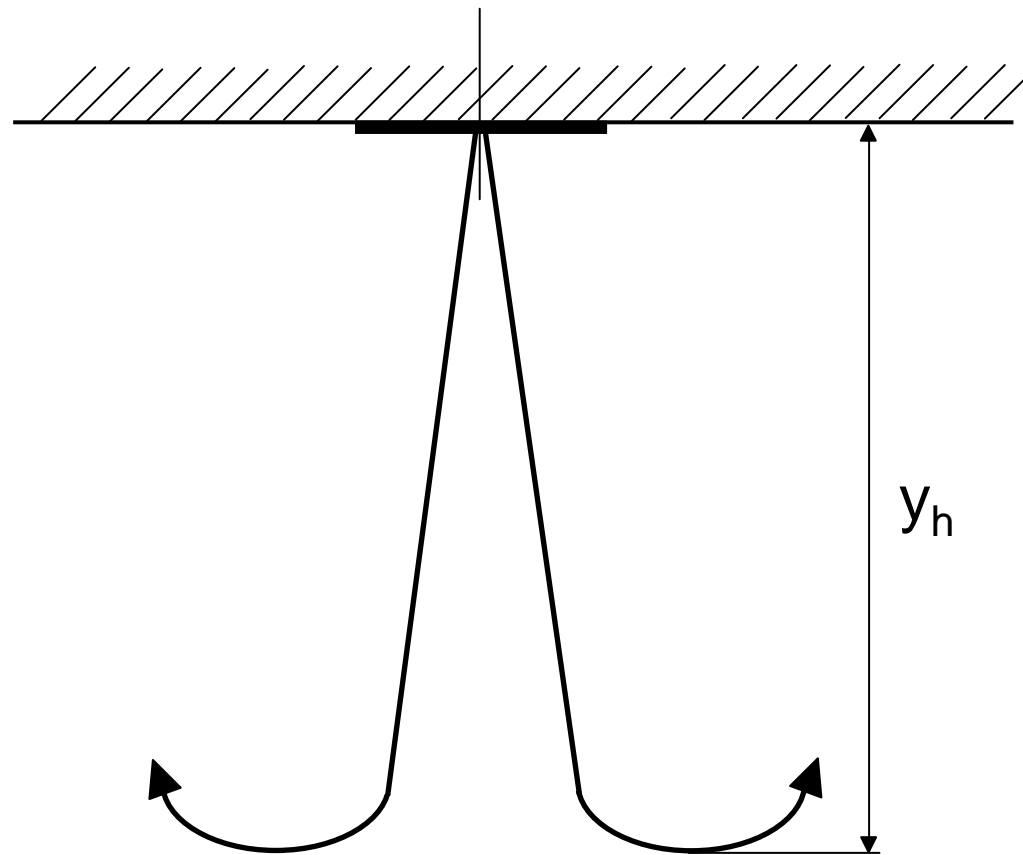


Instationäre Mischströmung

Luftmengen pro Strang
in %

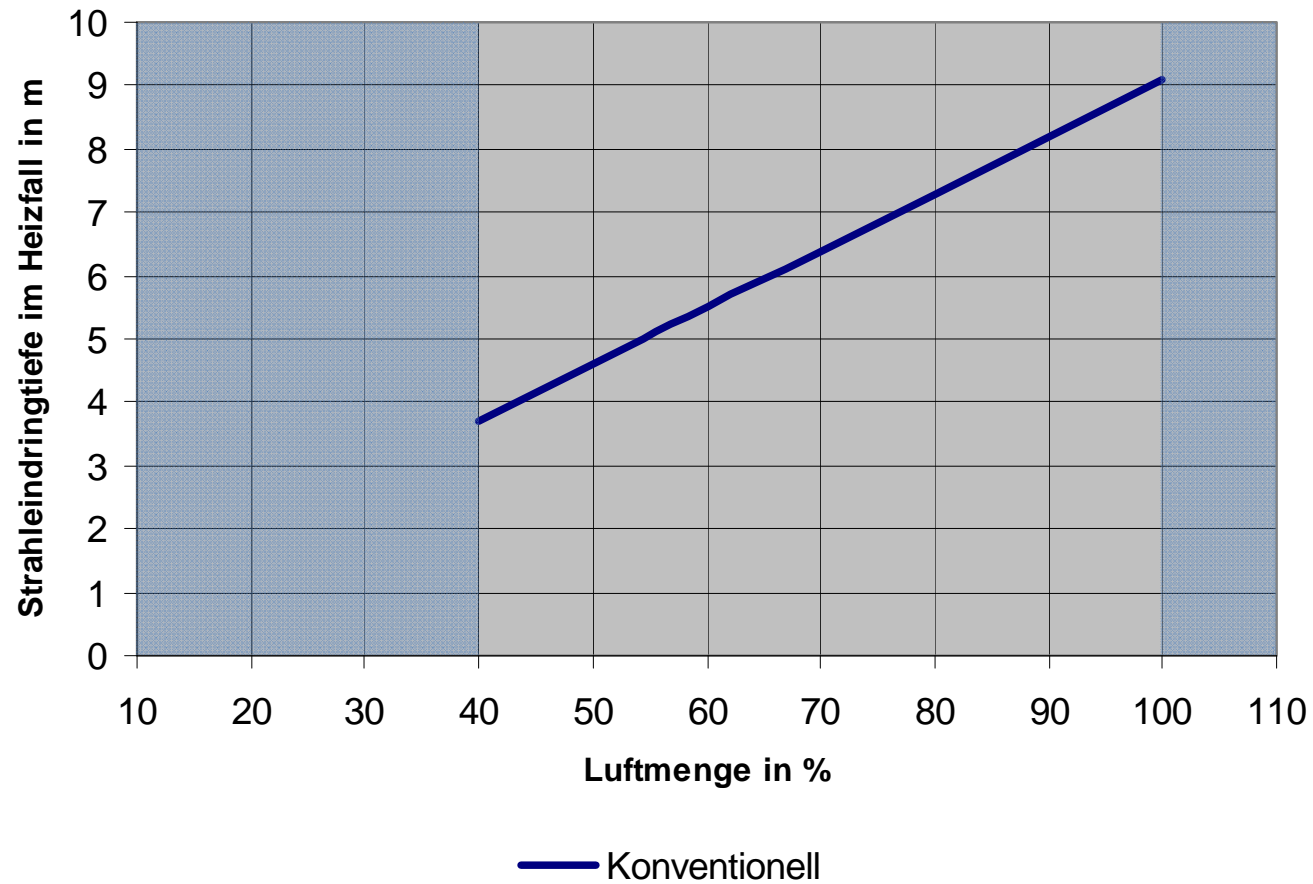


Instationäre Mischströmung



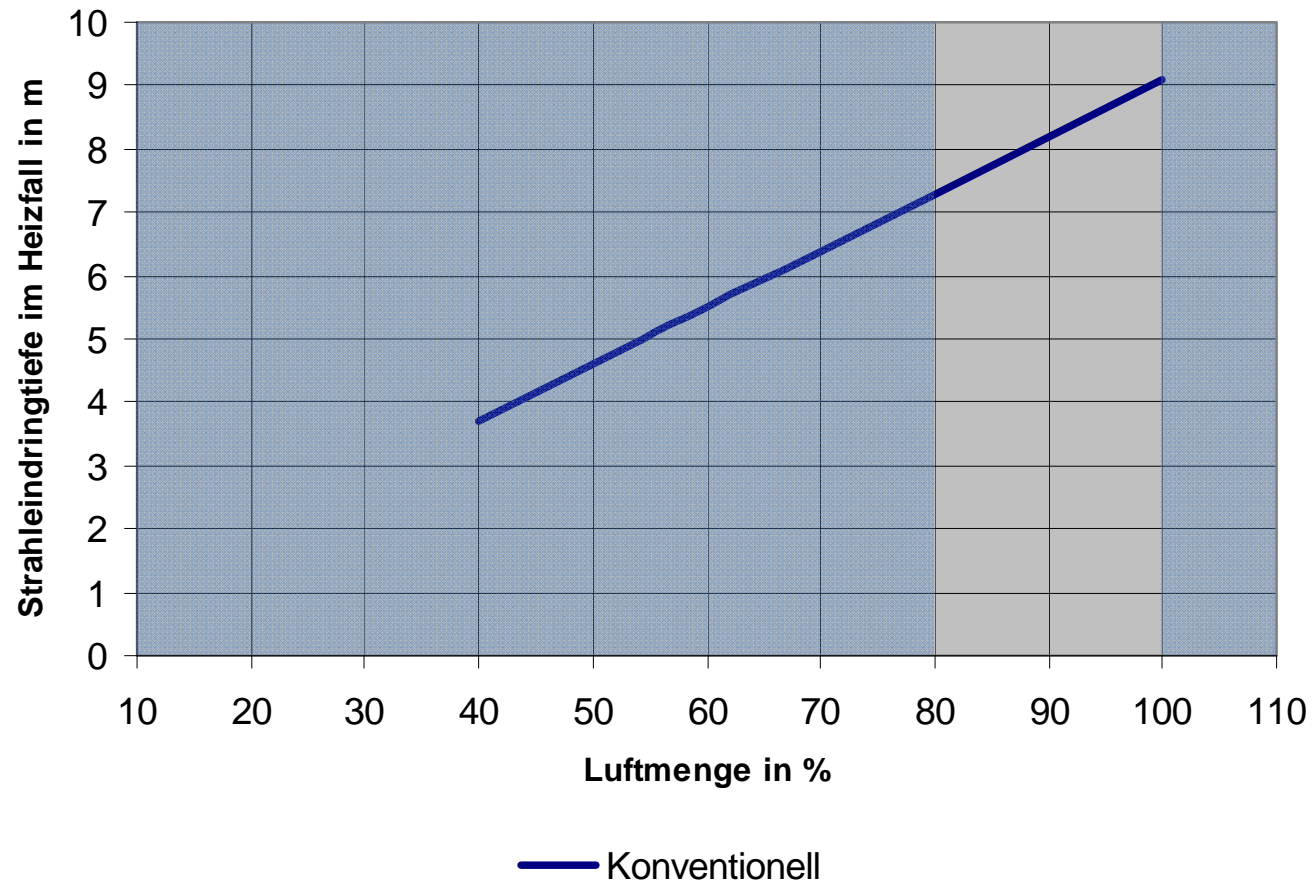
Strahleindringtiefe Drallauslaß in m zur Luftmenge im Heizfall

Instationäre Mischströmung



Strahleindringtiefe Drallauslaß in m zur Luftmenge

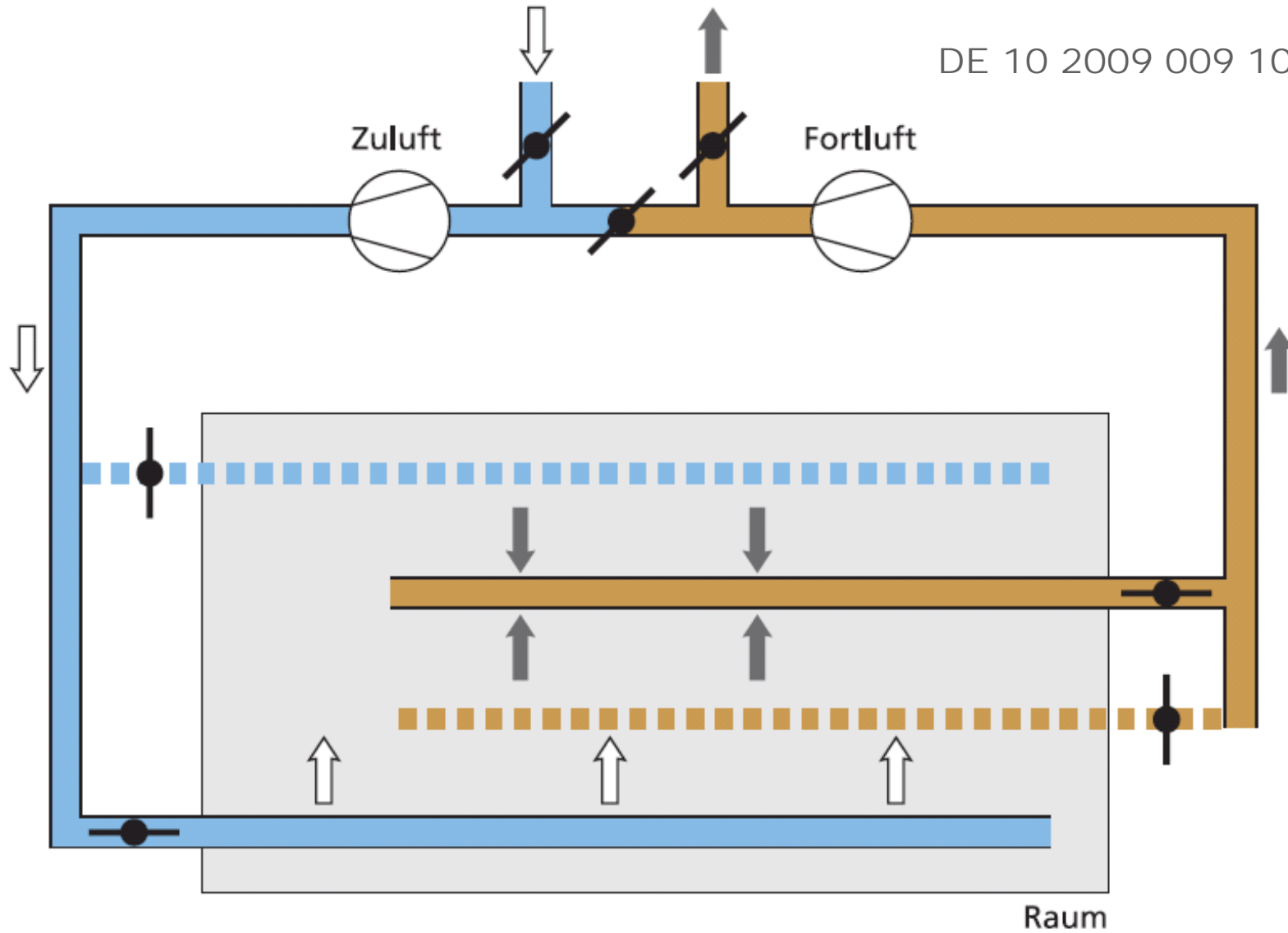
Instationäre Mischströmung



Strahleindringtiefe Drallauslaß in m zur Luftmenge

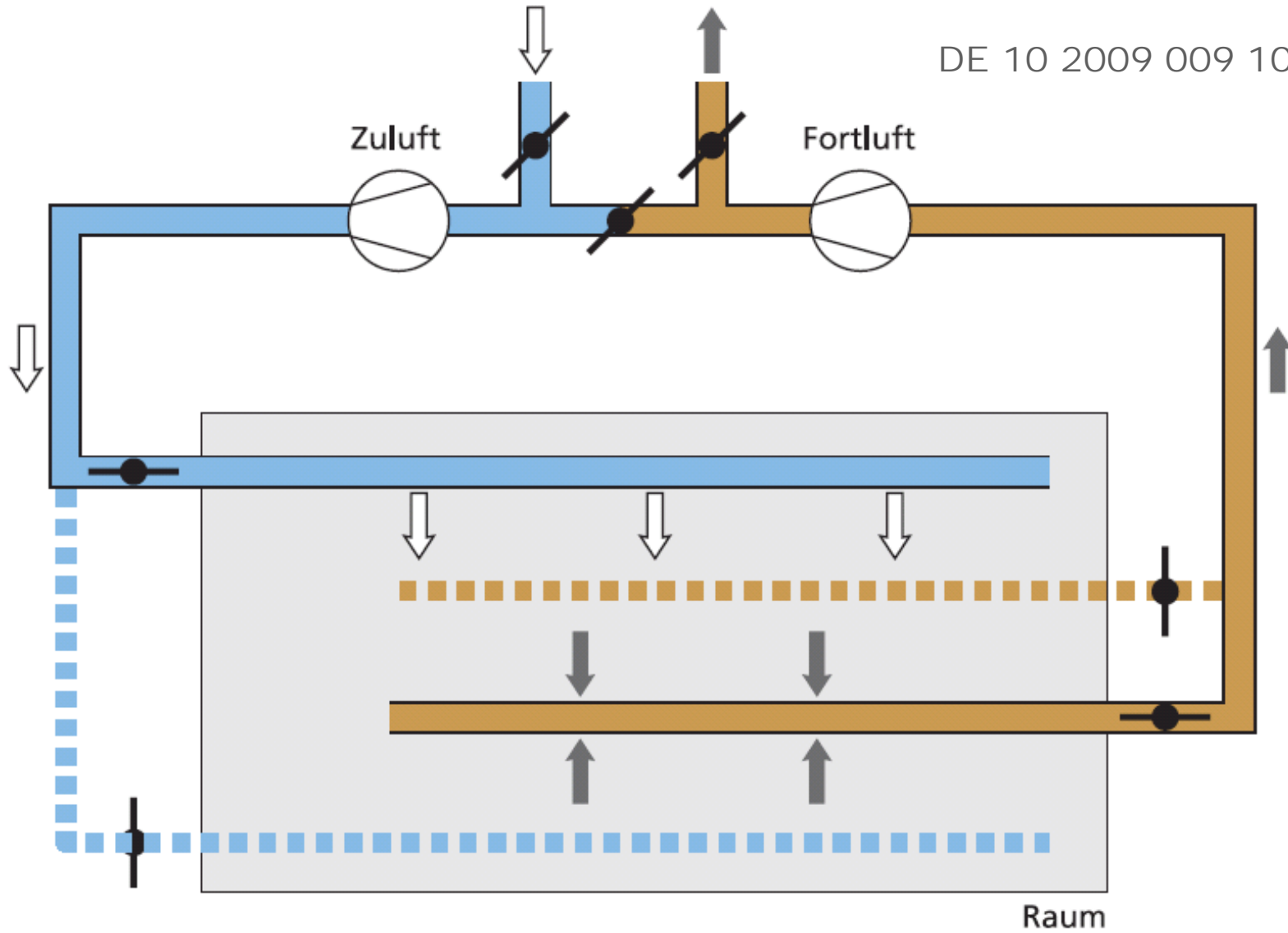
Instationäre Mischströmung

DE 10 2009 009 109



Instationäre Mischströmung

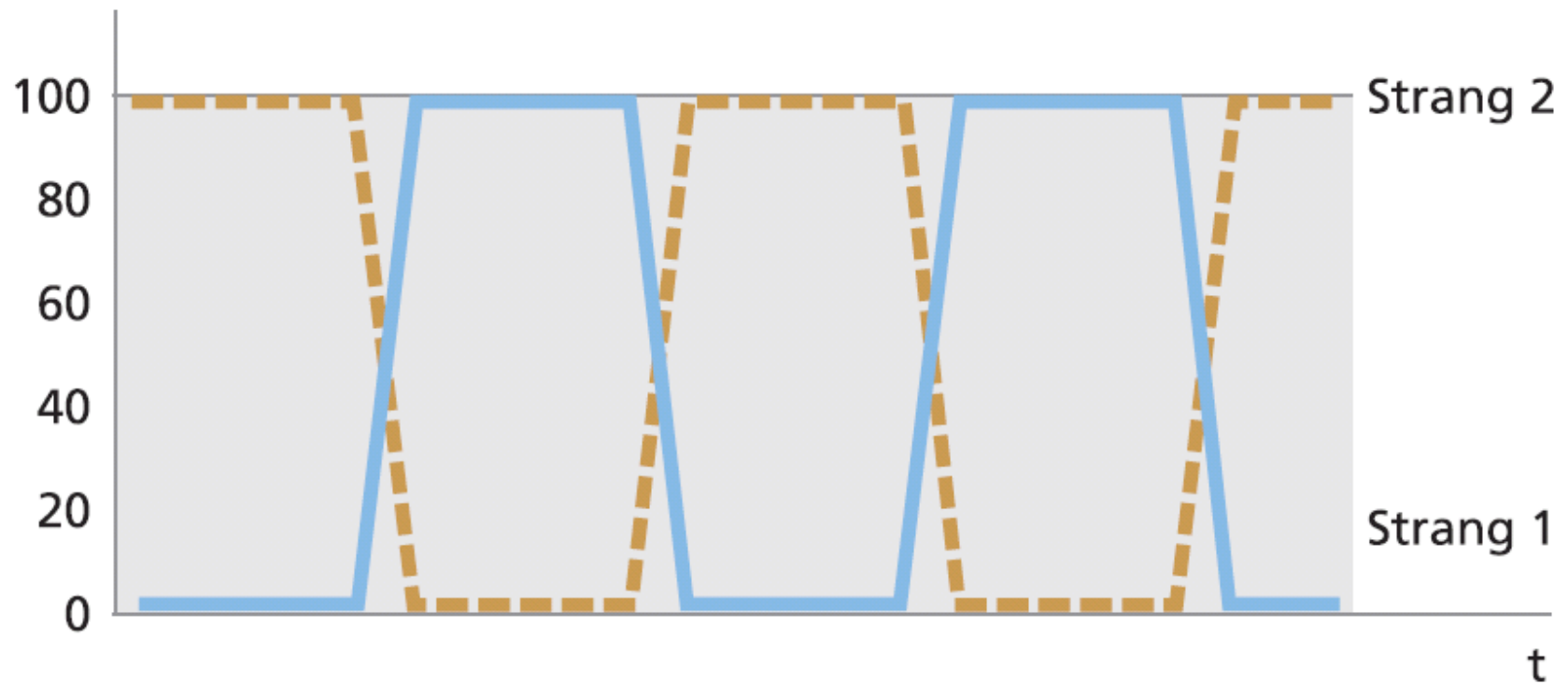
DE 10 2009 009 109



Instationäre Mischströmung

DE 10 2009 009 109

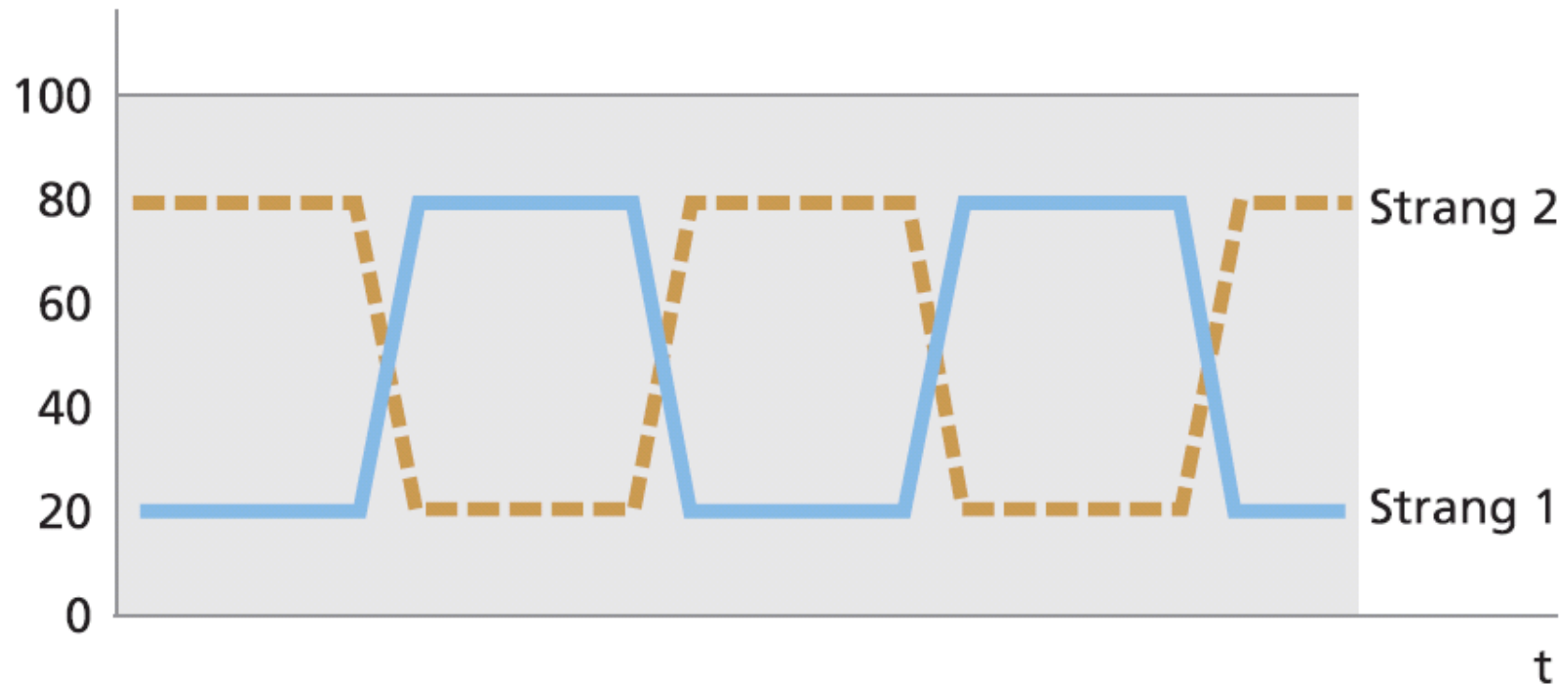
Luftmengen pro Strang
in %



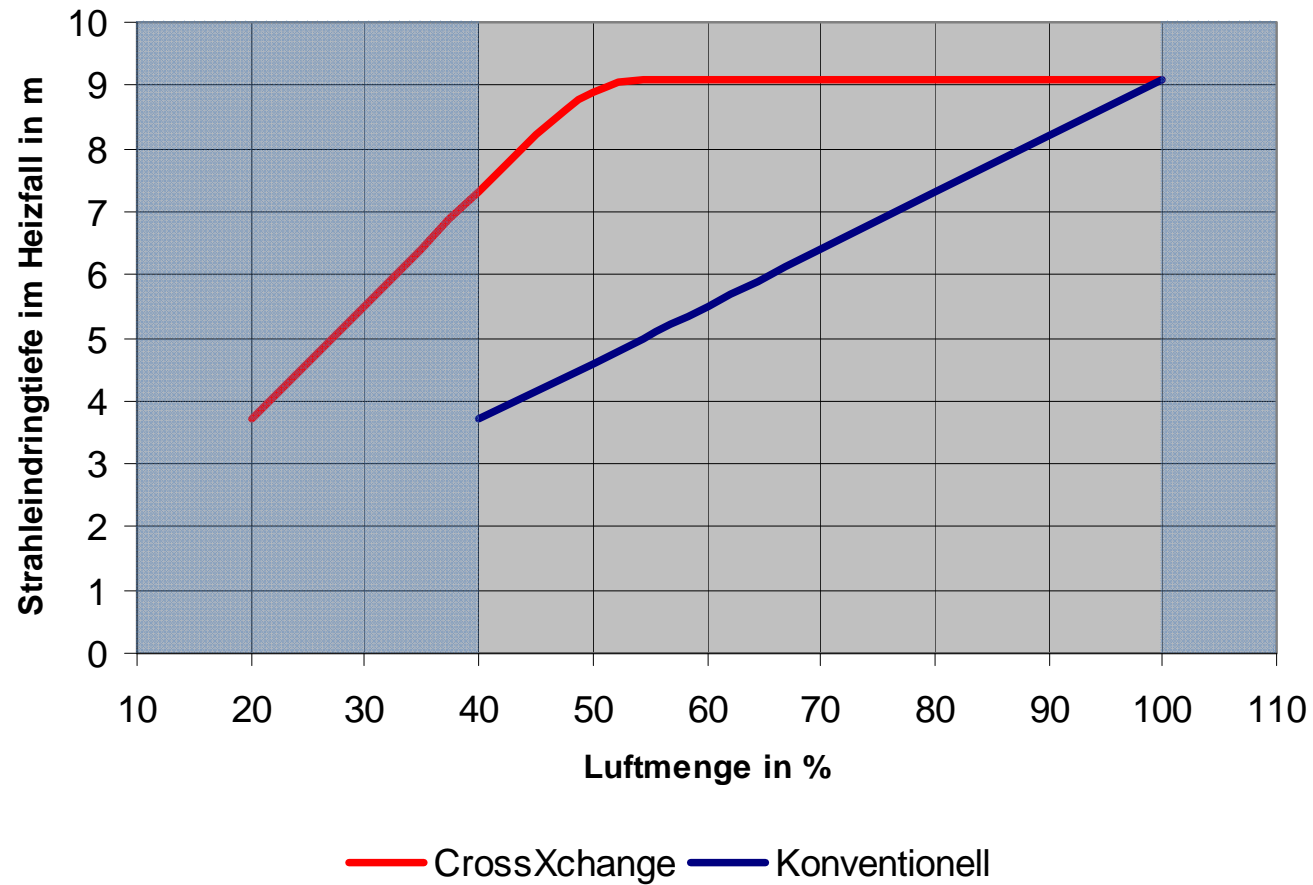
Instationäre Mischströmung

DE 10 2009 009 109

Luftmengen pro Strang
in %

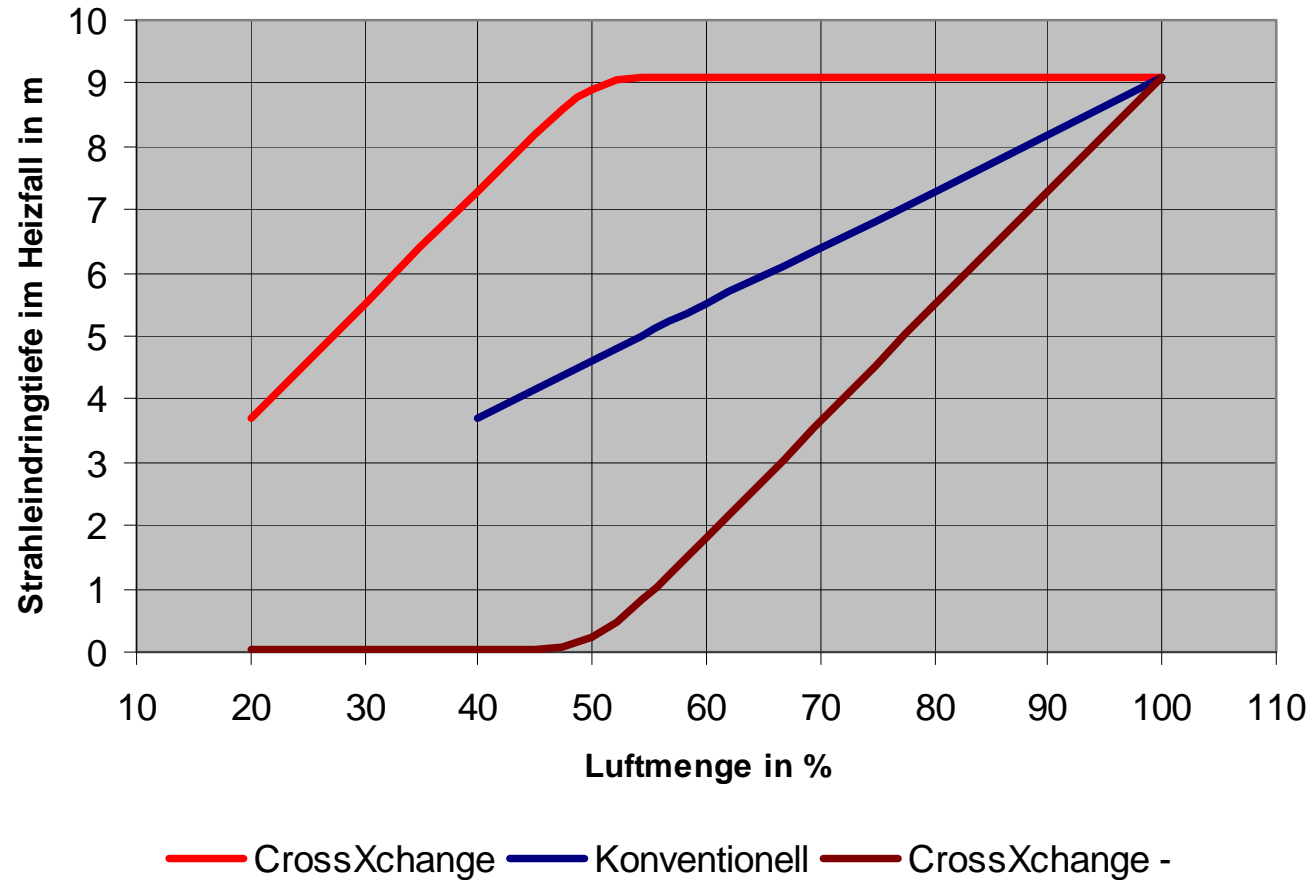


Instationäre Mischströmung



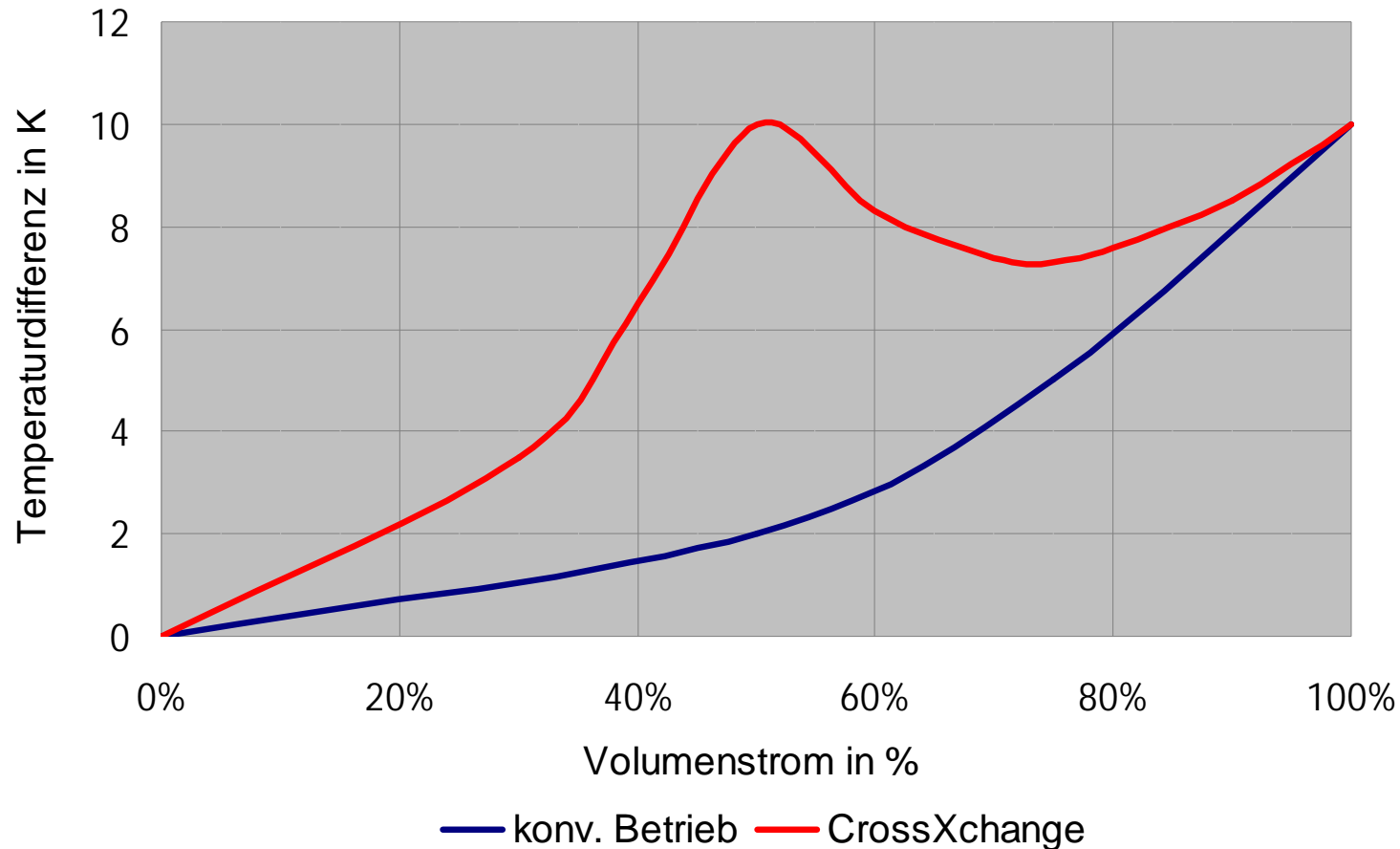
Strahleindringtiefe Drallauslaß in m zur Luftmenge

Instationäre Mischströmung



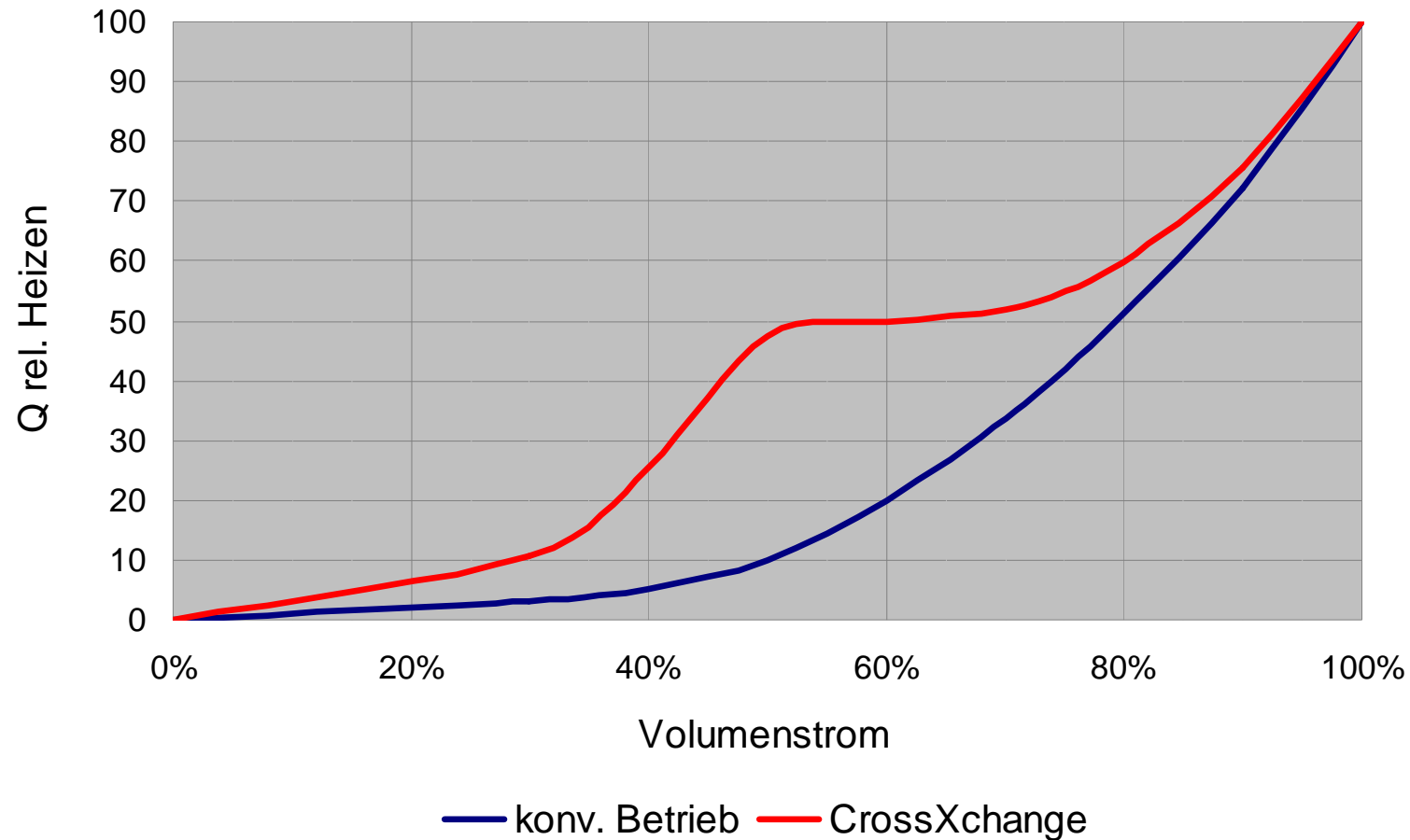
Strahleindringtiefe Drallauslaß in m zur Luftmenge

Instationäre Mischströmung



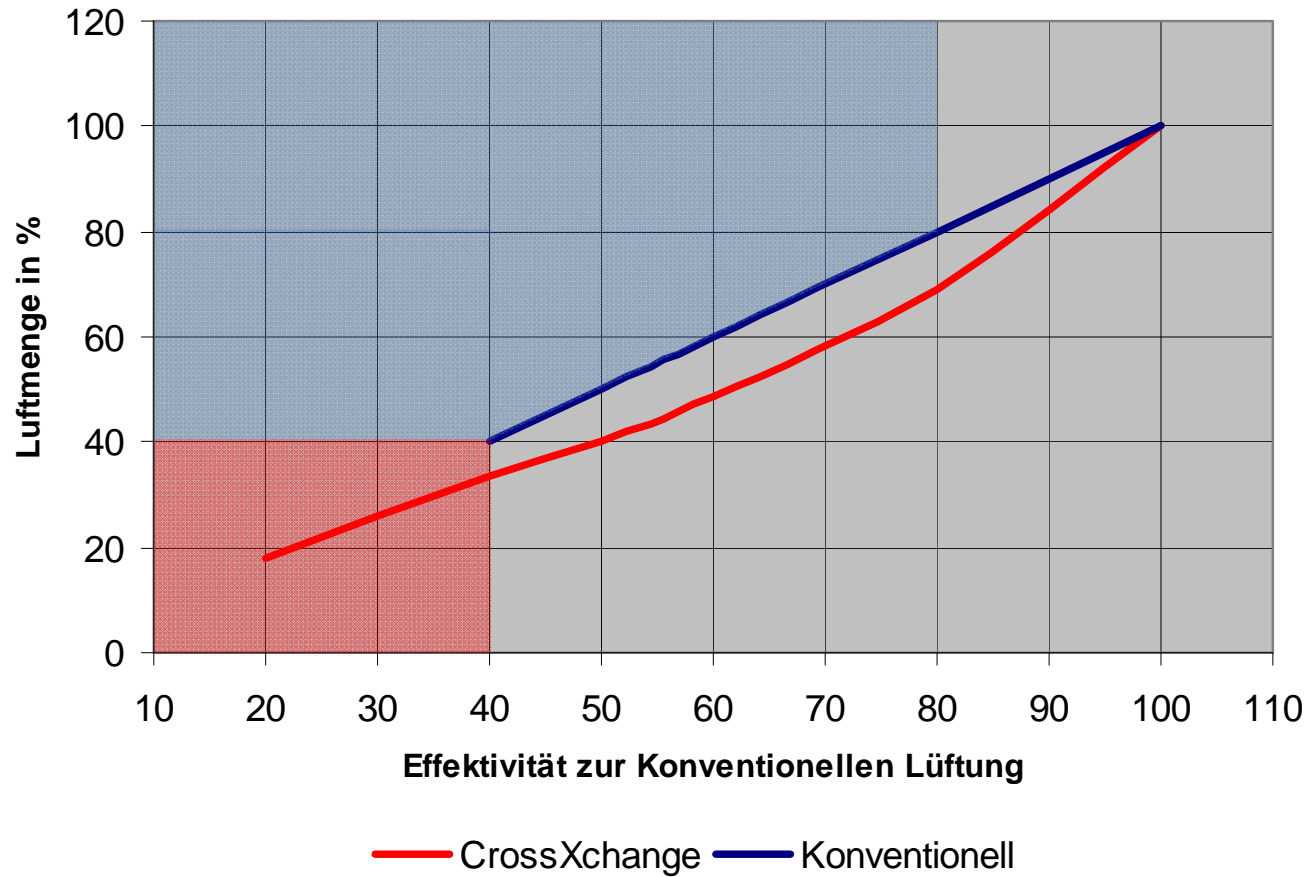
Temperaturübertragung im Heizfall mit Drallauslaß (6 m Höhe)

Instationäre Mischströmung



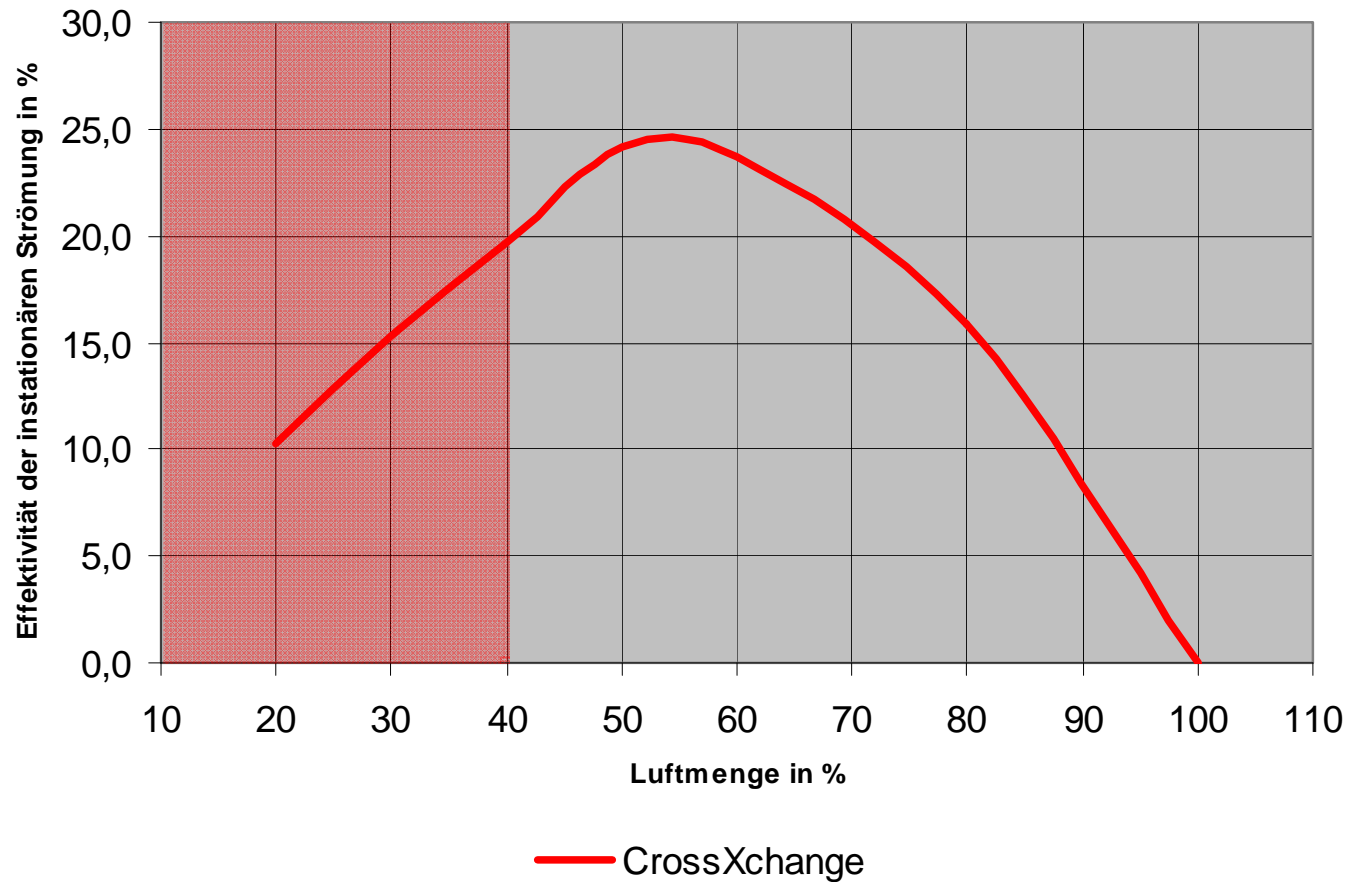
Relative Leistung im Heizfall mit Drallauslaß (6 m Höhe)

Instationäre Mischströmung



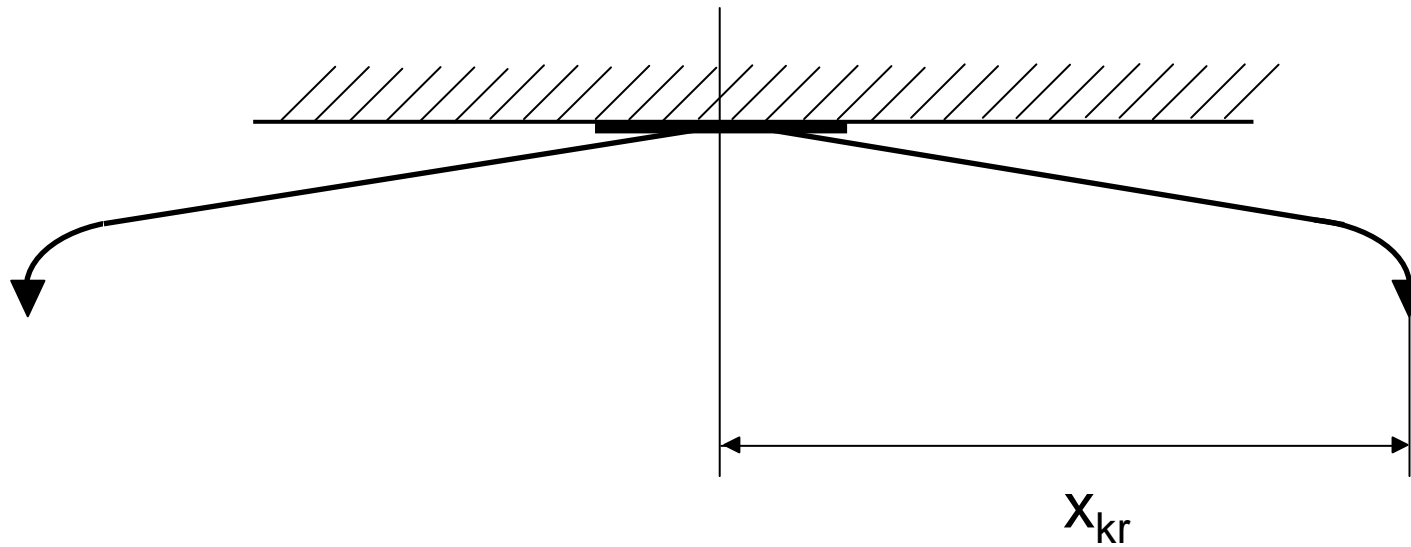
Effektive Luftmengen im Vergleich

Instationäre Mischströmung



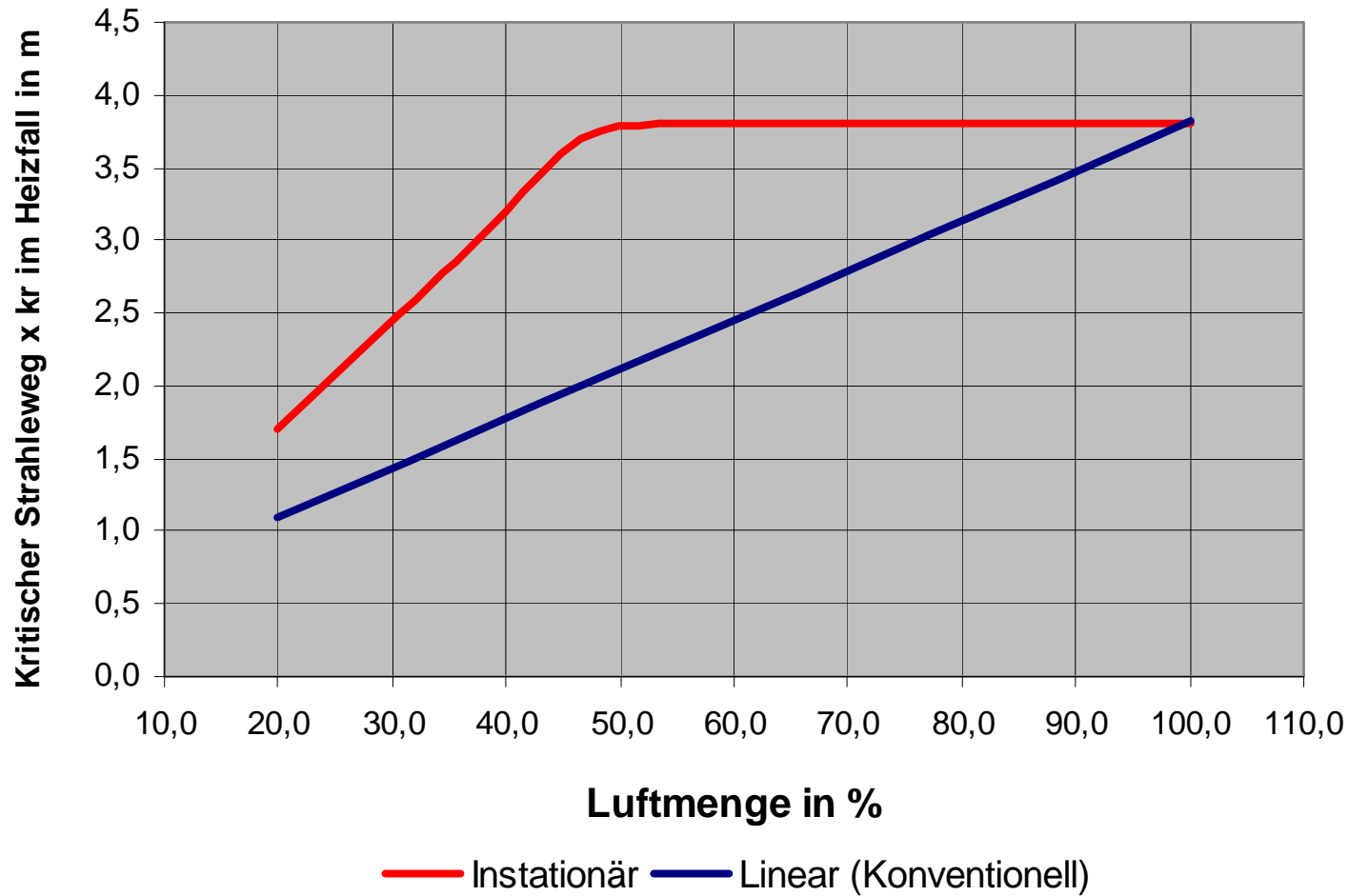
Effektivitätssteigerung zur konventionellen Lüftung

Instationäre Mischströmung



Kritischer Strahlweg Drallauslass in m im Kühlfall

Instationäre Mischströmung



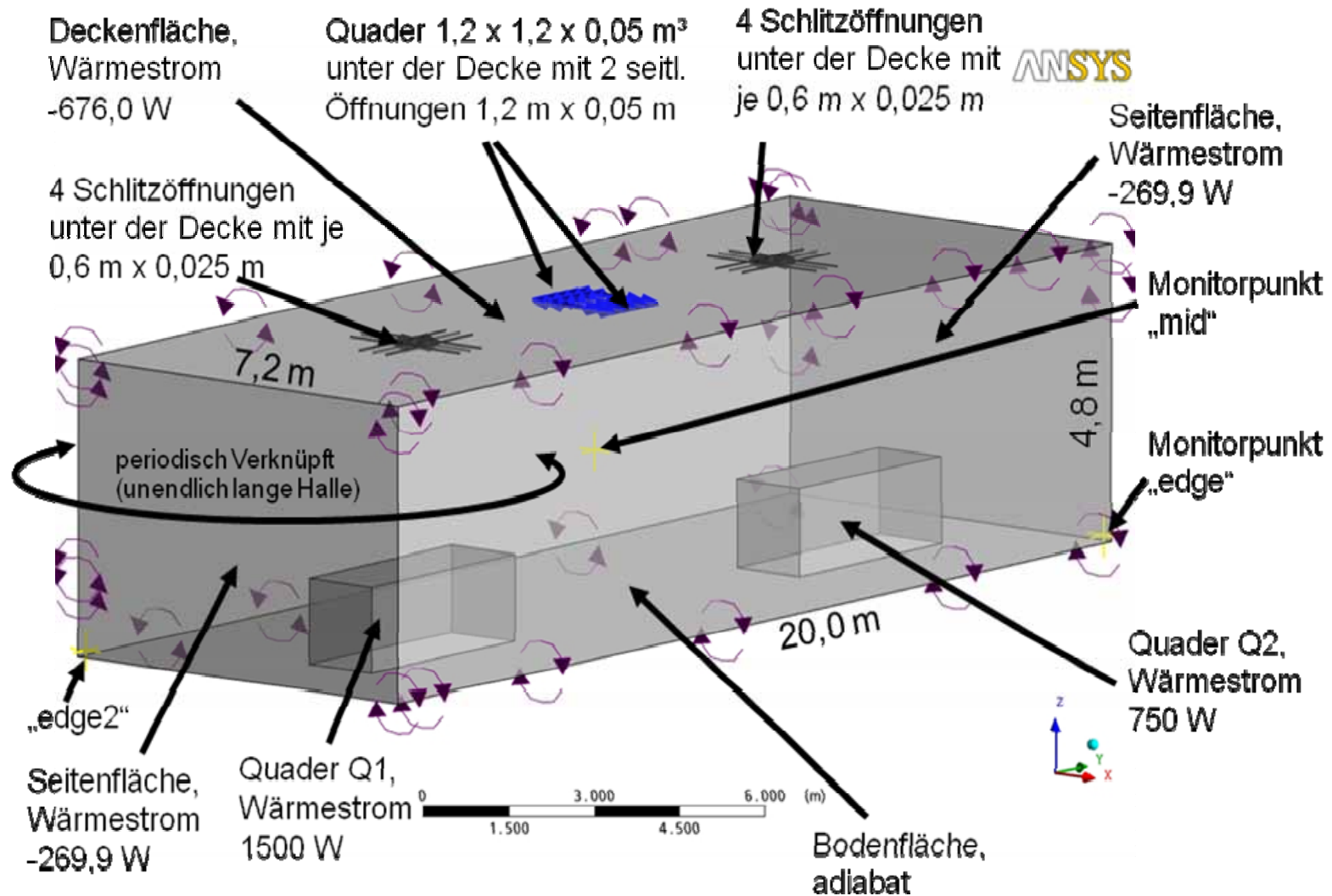
Kritischer Strahlweg \times k_r Drallauslass in m zur Luftmenge

Instationäre Mischströmung

- CFD (Computational Fluid Dynamics) Berechnungen verschiedener Varianten zur Hallenbelüftung mit dem 3D-Strömungssimulationsprogramm ANSYS CFX (TÜV Süd)
- Vergleich konventionelle Lüftung
 - LWZ = 1
 - LWZ = 2
- Intermittierende Lüftung
 - LWZ = 1 (Zu- und Abluft getrennt)
 - LWZ = 2 (Zu- und Abluft kombiniert)

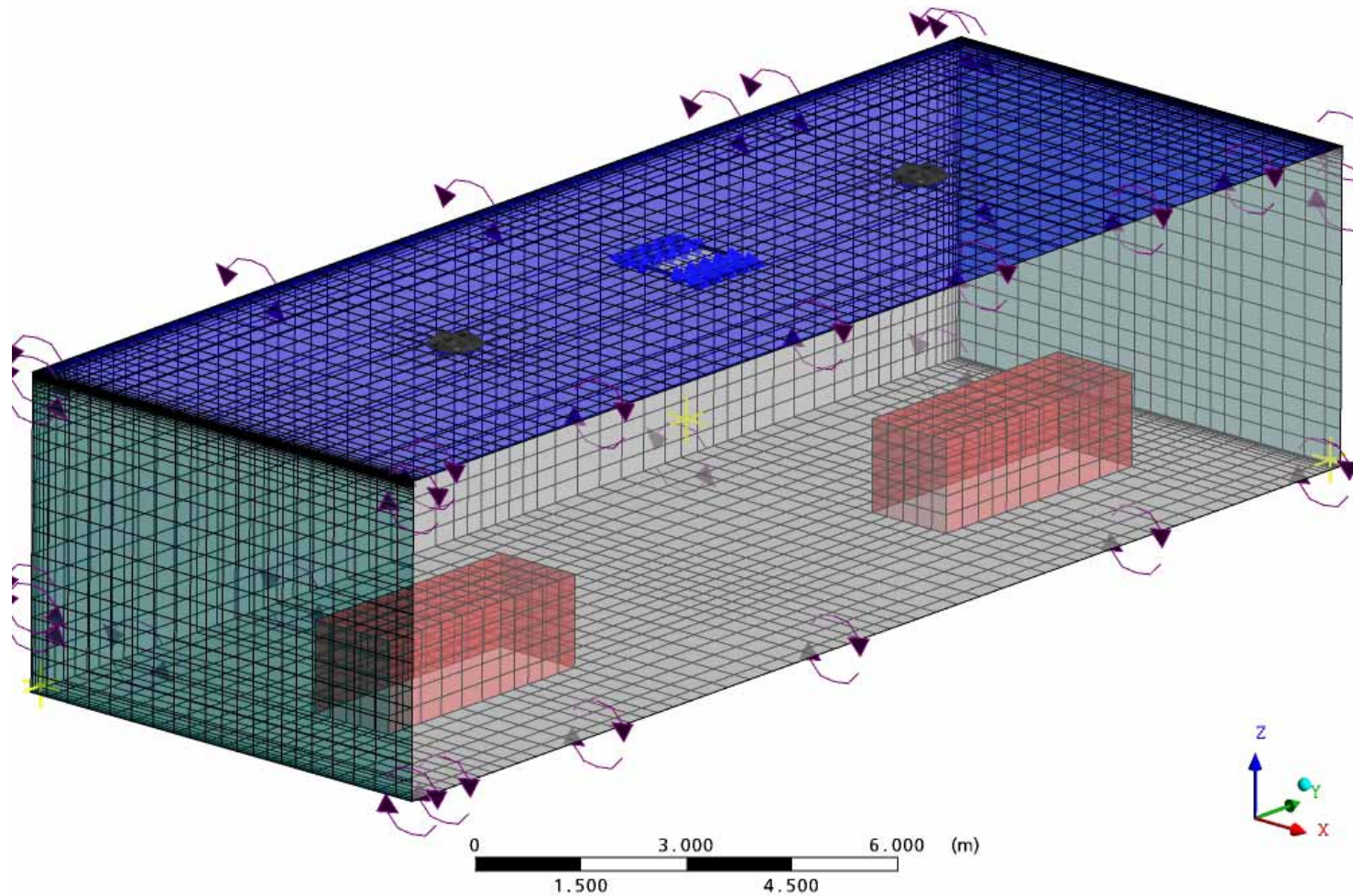


Instationäre Mischströmung

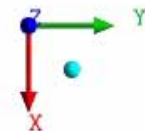
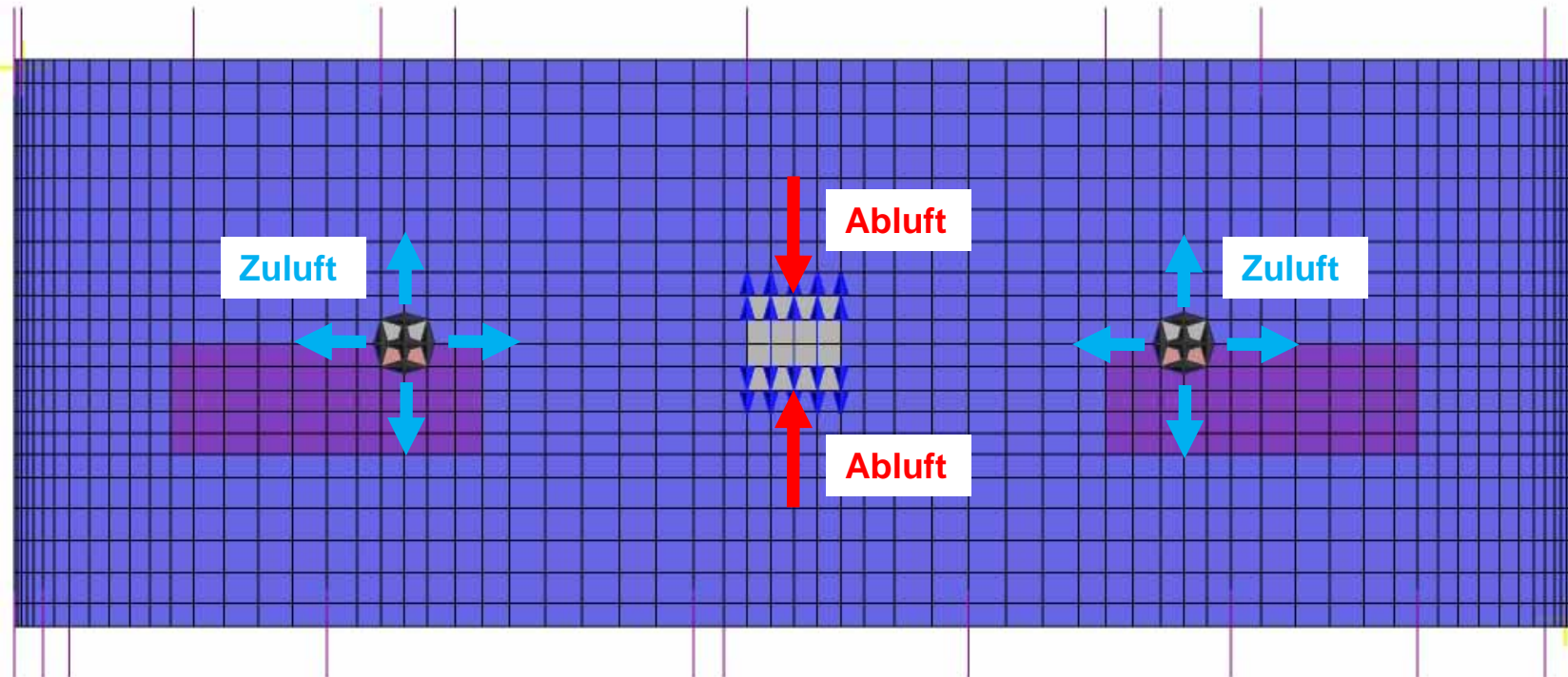


Instationäre Mischströmung

ANSYS



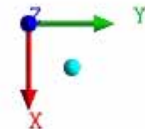
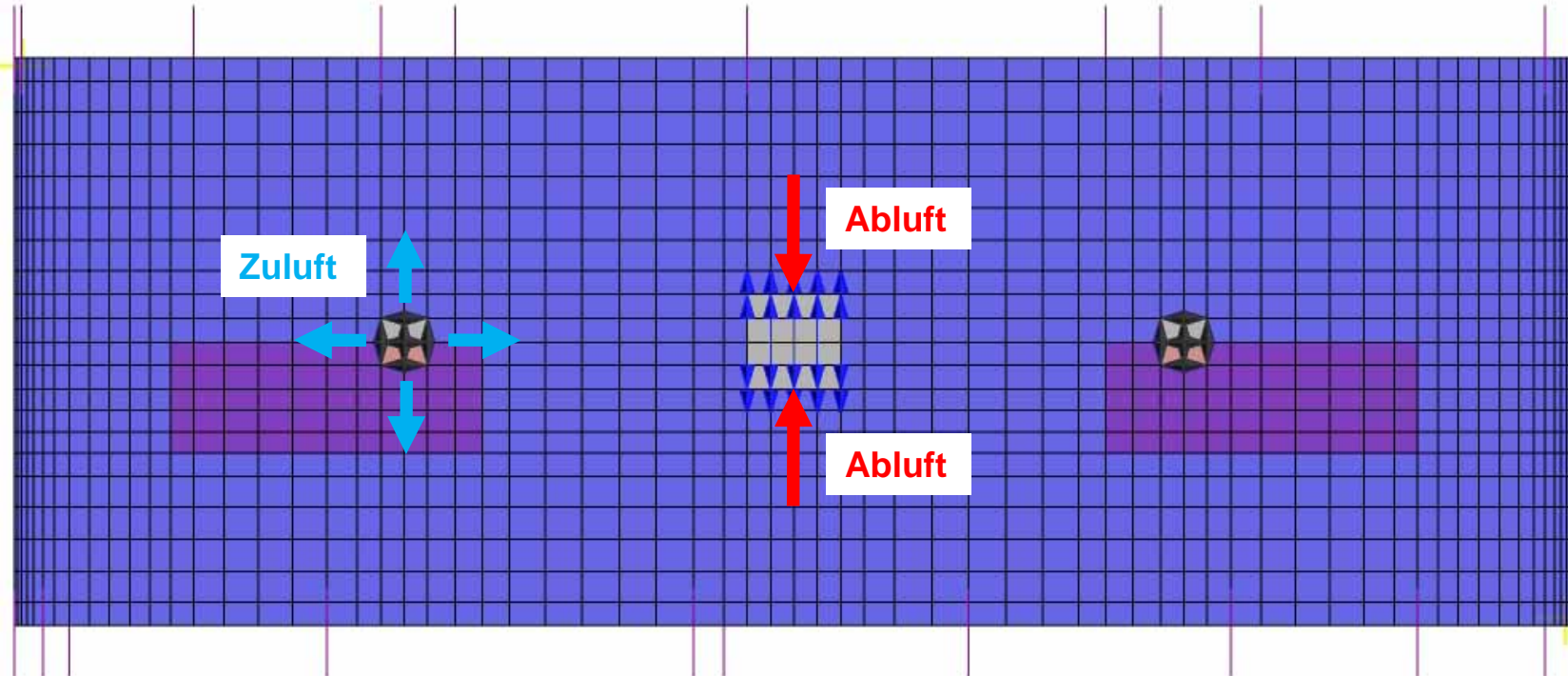
Instationäre Mischströmung



Stationäre Raumströmung konventionell

Instationäre Mischströmung

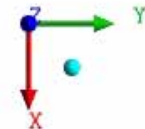
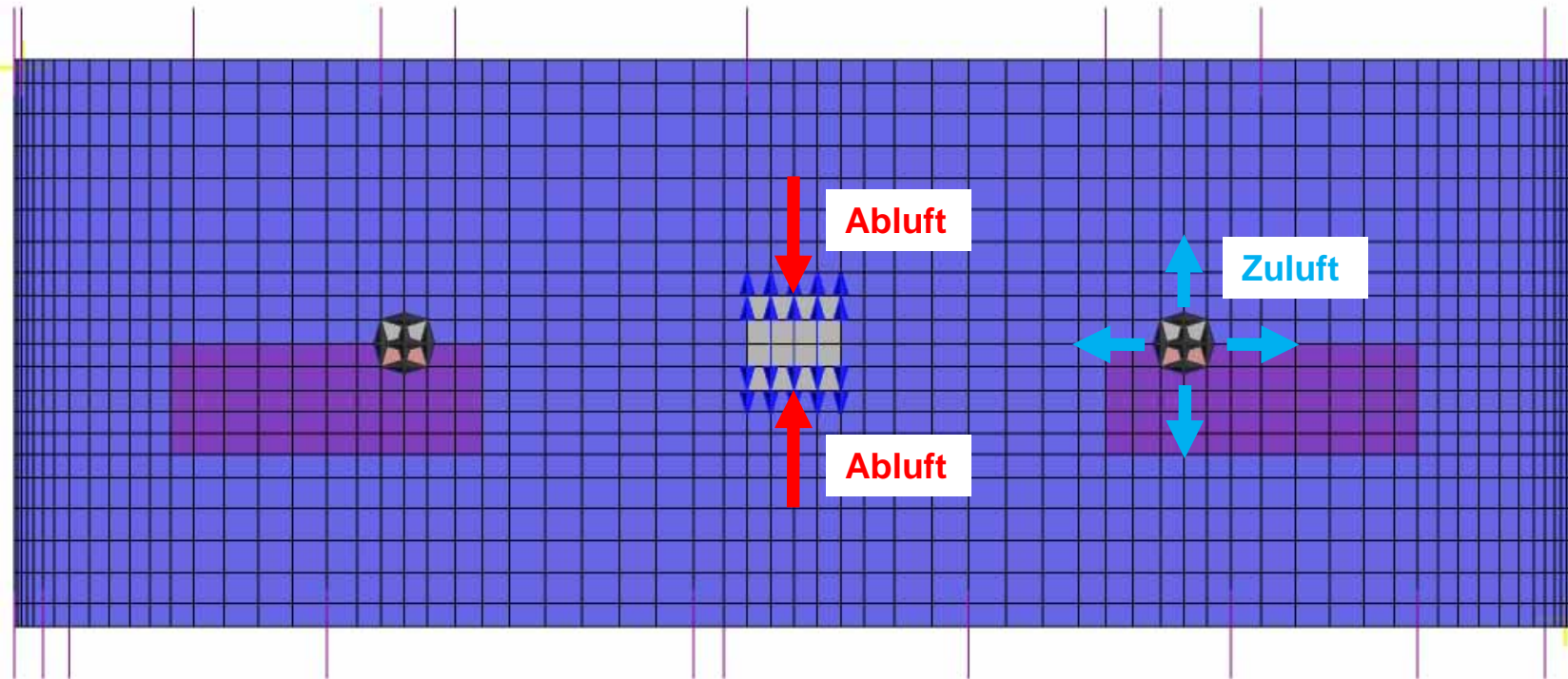
Phase 1



Instationäre Raumströmung Alternierend (Fall 1)

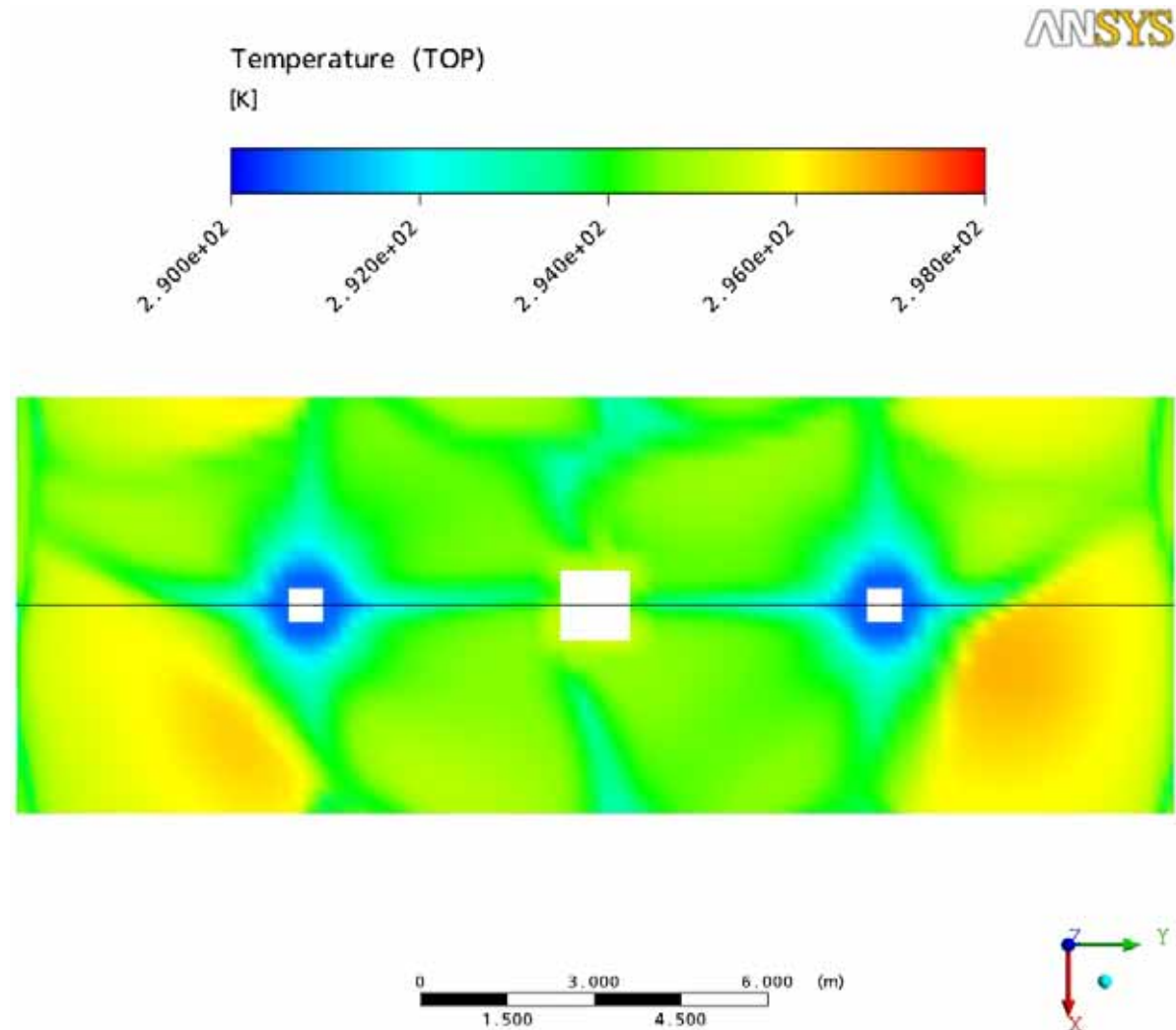
Instationäre Mischströmung

Phase 2



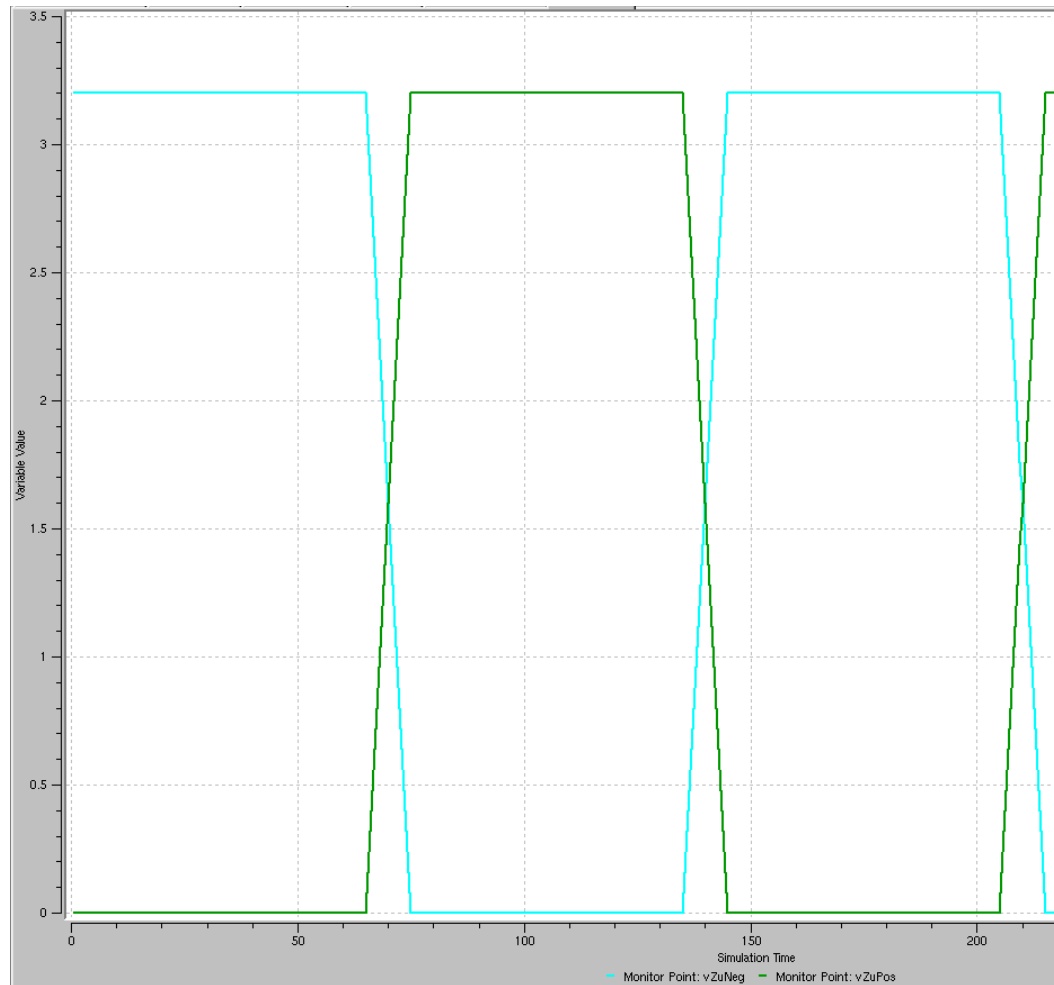
Instationäre Raumströmung Alternierend (Fall 1)

Instationäre Mischströmung



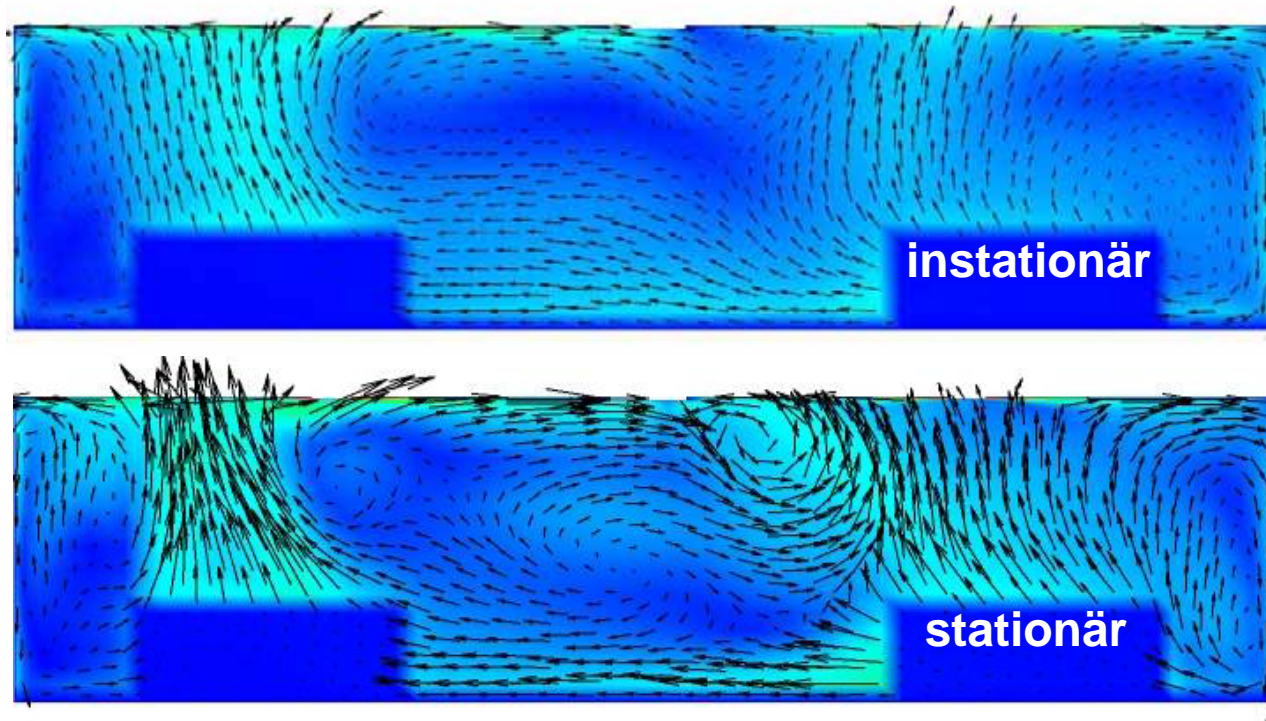
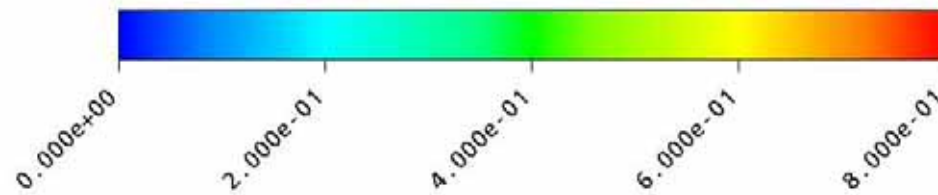
Temperaturverteilung an der Decke mit LWZ = 2

Instationäre Mischströmung



Instationäre Raumströmung Schaltzyklen

Instationäre Mischströmung



Vergleich Strömungsgeschwindigkeiten vertikal LWZ = 1

Instationäre Mischströmung



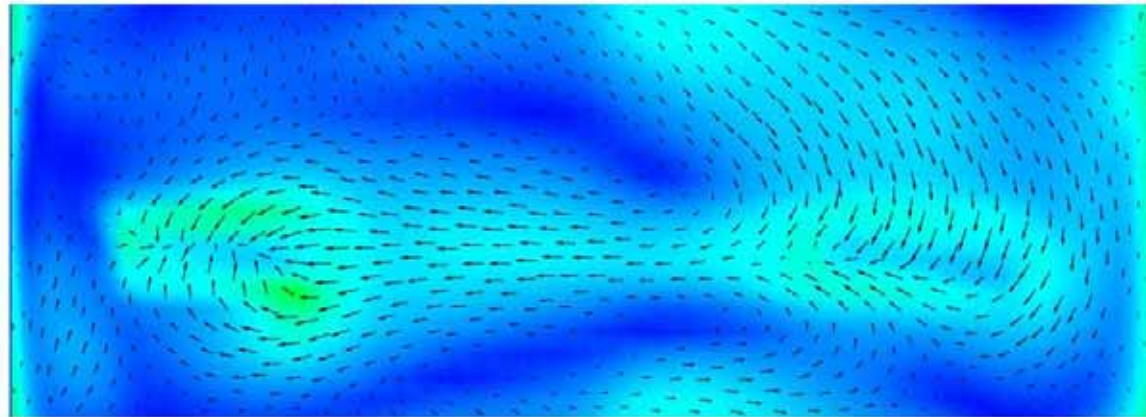
0.000e+00

1.250e-01

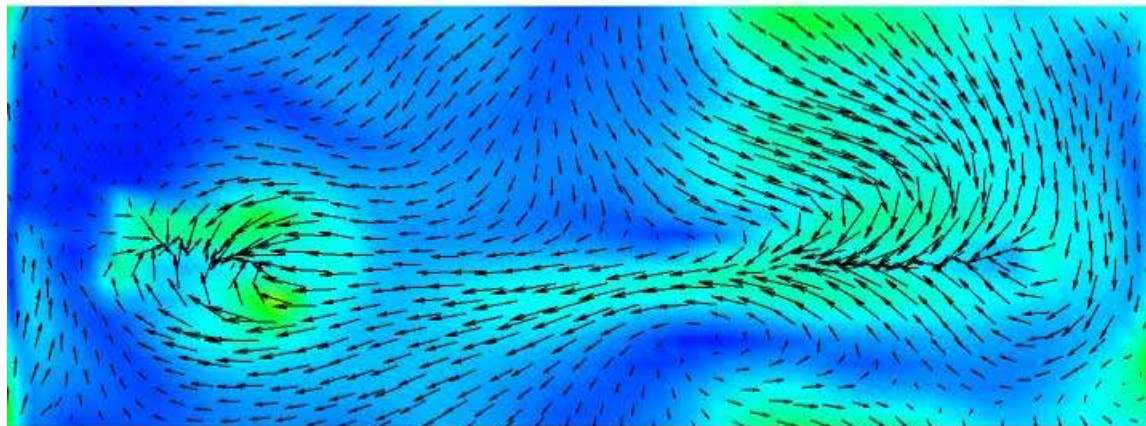
2.500e-01

3.750e-01

5.000e-01



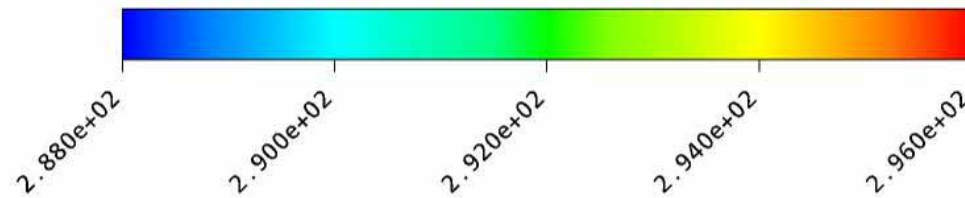
instationär



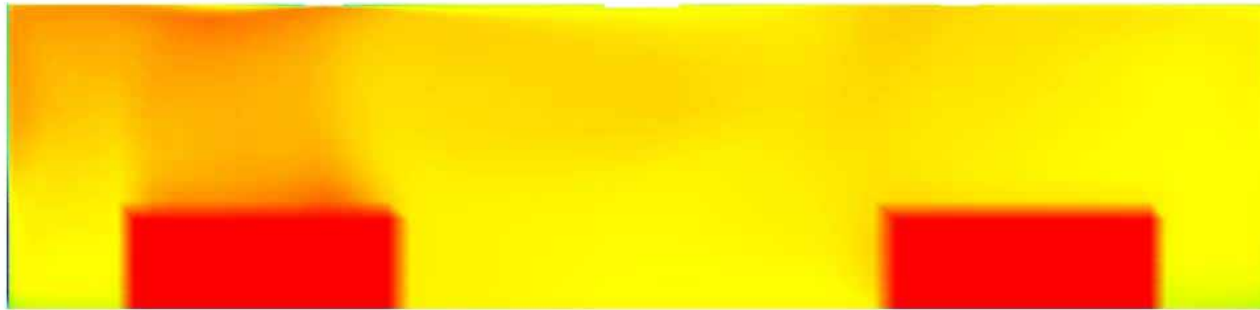
stationär

Vergleich Strömungsgeschwindigkeiten horizontal LWZ = 1

Instationäre Mischströmung



instationär

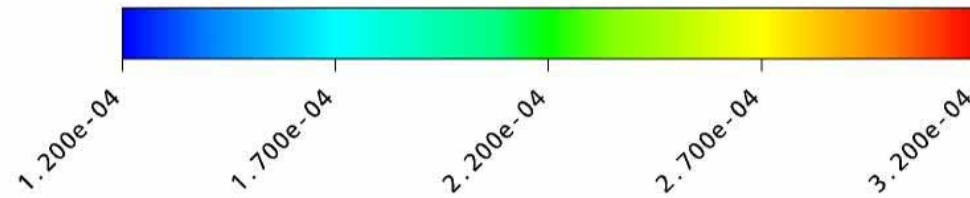


stationär



Vergleich Temperaturen vertikal LWZ = 1

Instationäre Mischströmung



instationär



stationär



Vergleich Tracer CO₂ vertikal LWZ = 1

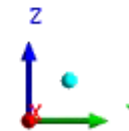
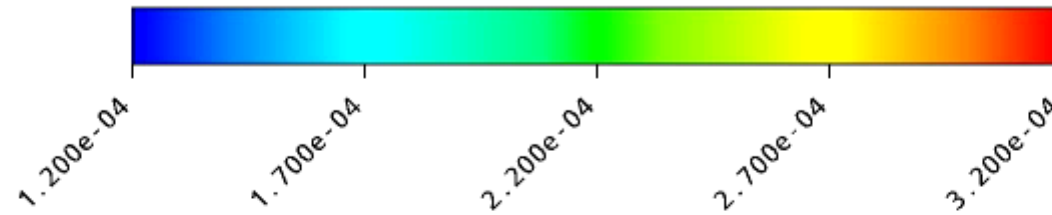
Instationäre Mischströmung

ANSYS

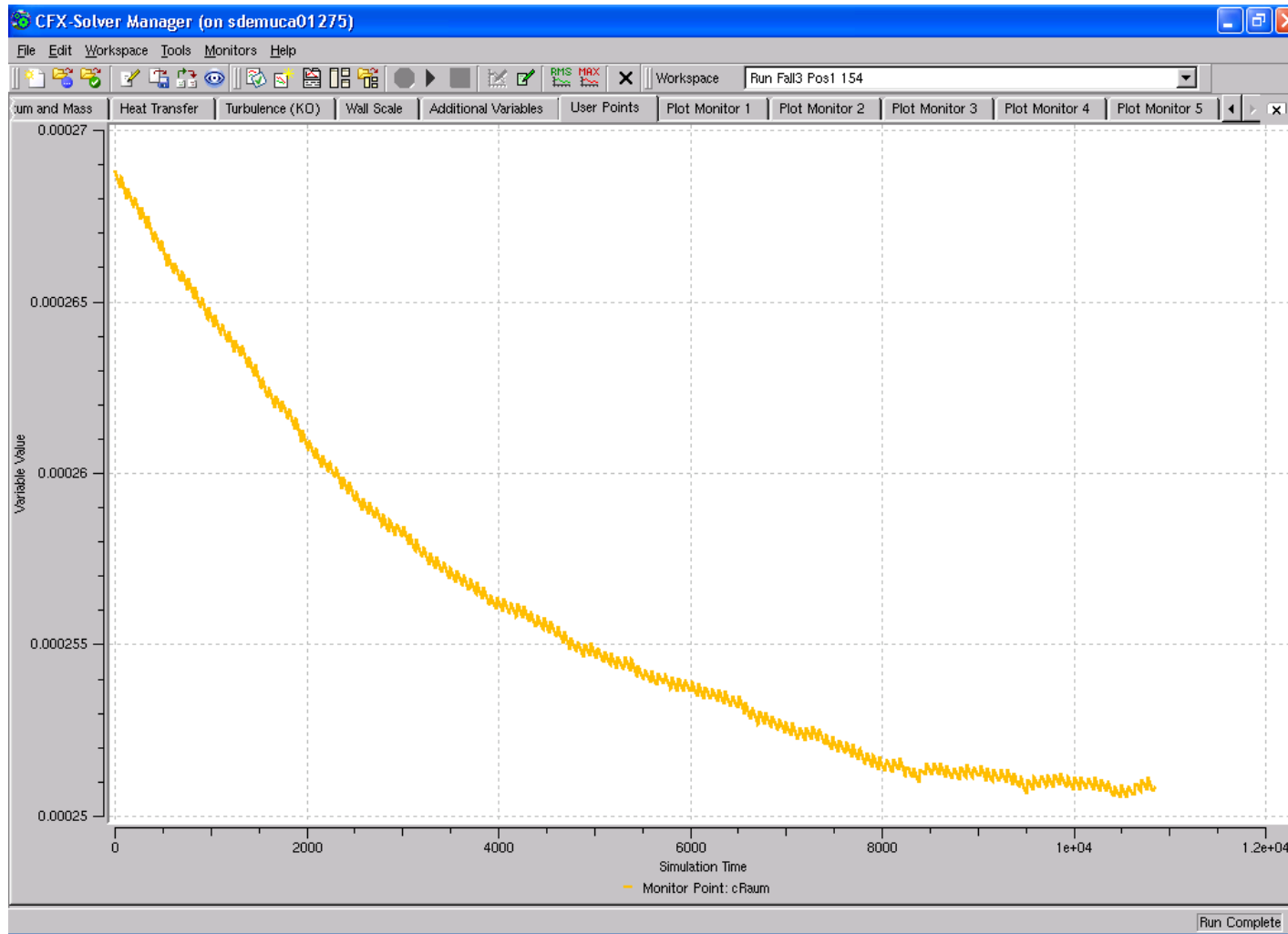


Industrie Service

TRACER (MidPlane)



Instationäre Mischströmung



Konzentrationsänderung des CO₂-Tracerstoffs

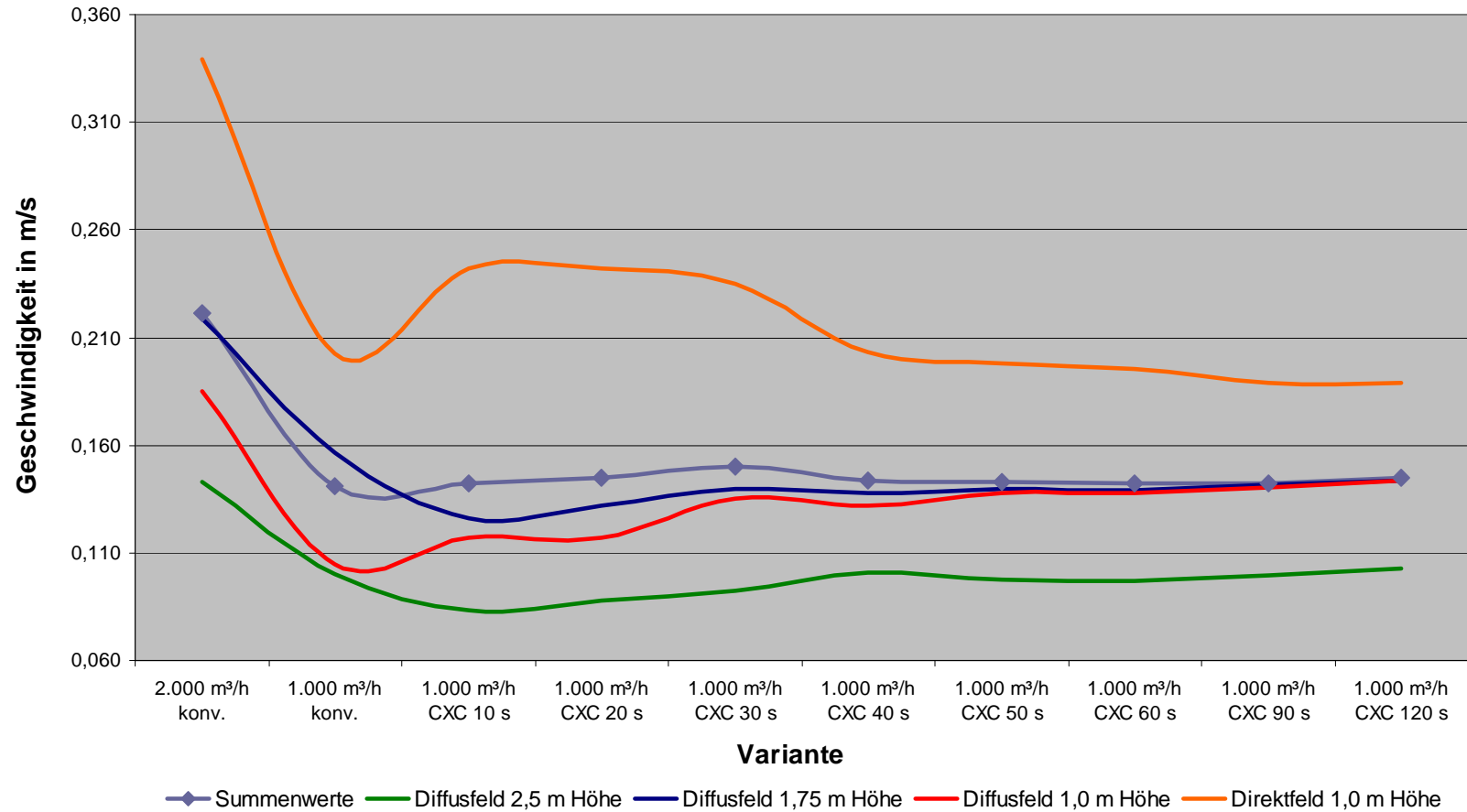
Instationäre Mischströmung



Messaufbau $V = 2.000 \text{ m}^3/\text{h}$ (Mischlüftung $LW = 4$)

Instationäre Mischströmung

Luftgeschwindigkeit im Raum



Messung der Luftgeschwindigkeiten im Raum

Instationäre Mischströmung

$$Tu = \frac{s_v}{\bar{v}}$$

Turbulenzgrad mit der Standardabweichung

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}$$

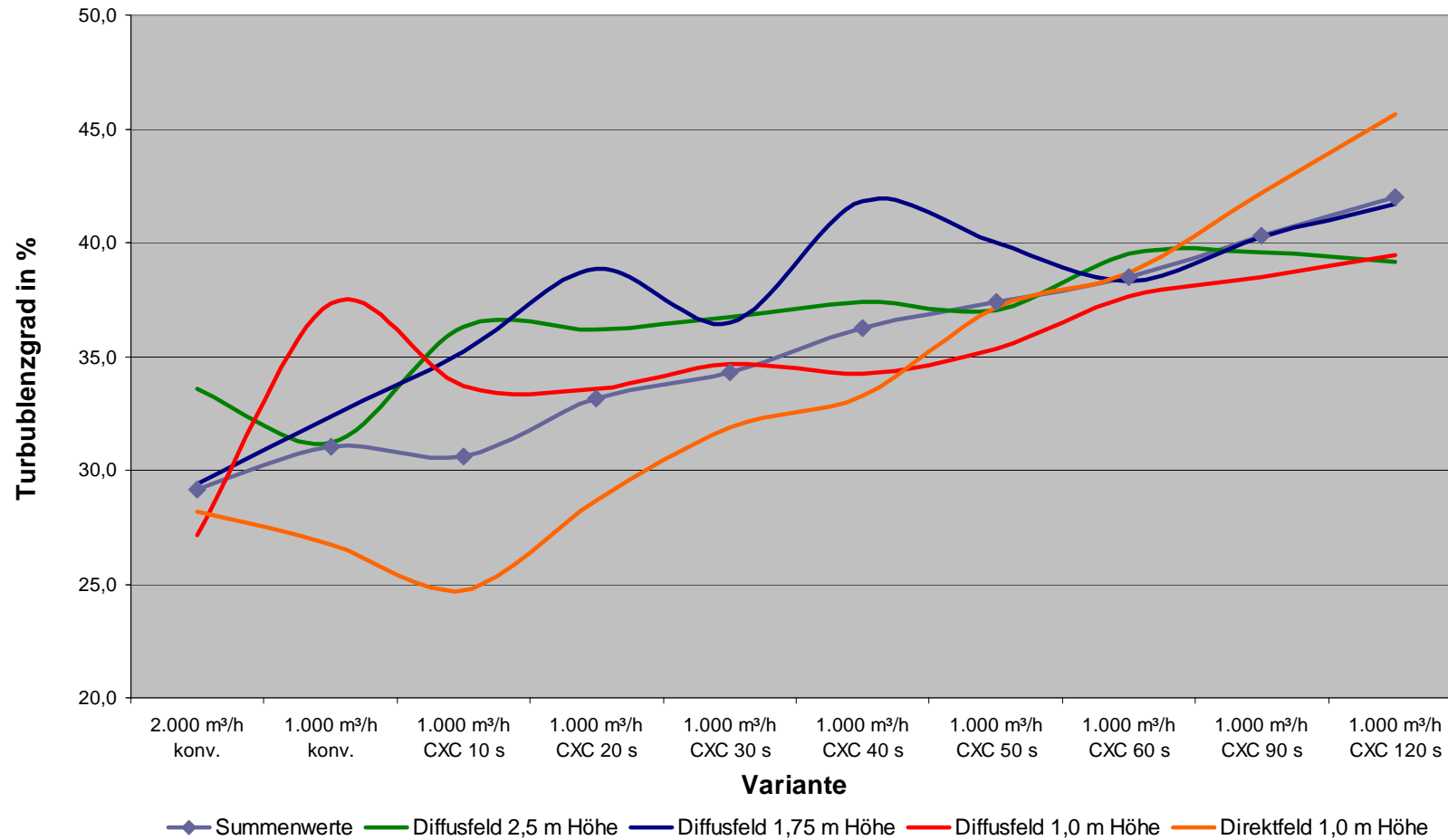
Zugluftrisiko (Draught Risk) nach Fanger

$$DR = (34 - \mathcal{J}_L) \cdot (\bar{v} - 0.05)^{0.62} \cdot (0.37 \cdot \bar{v} \cdot Tu + 3,14)$$

Turbulenz der Strömung

Instationäre Mischströmung

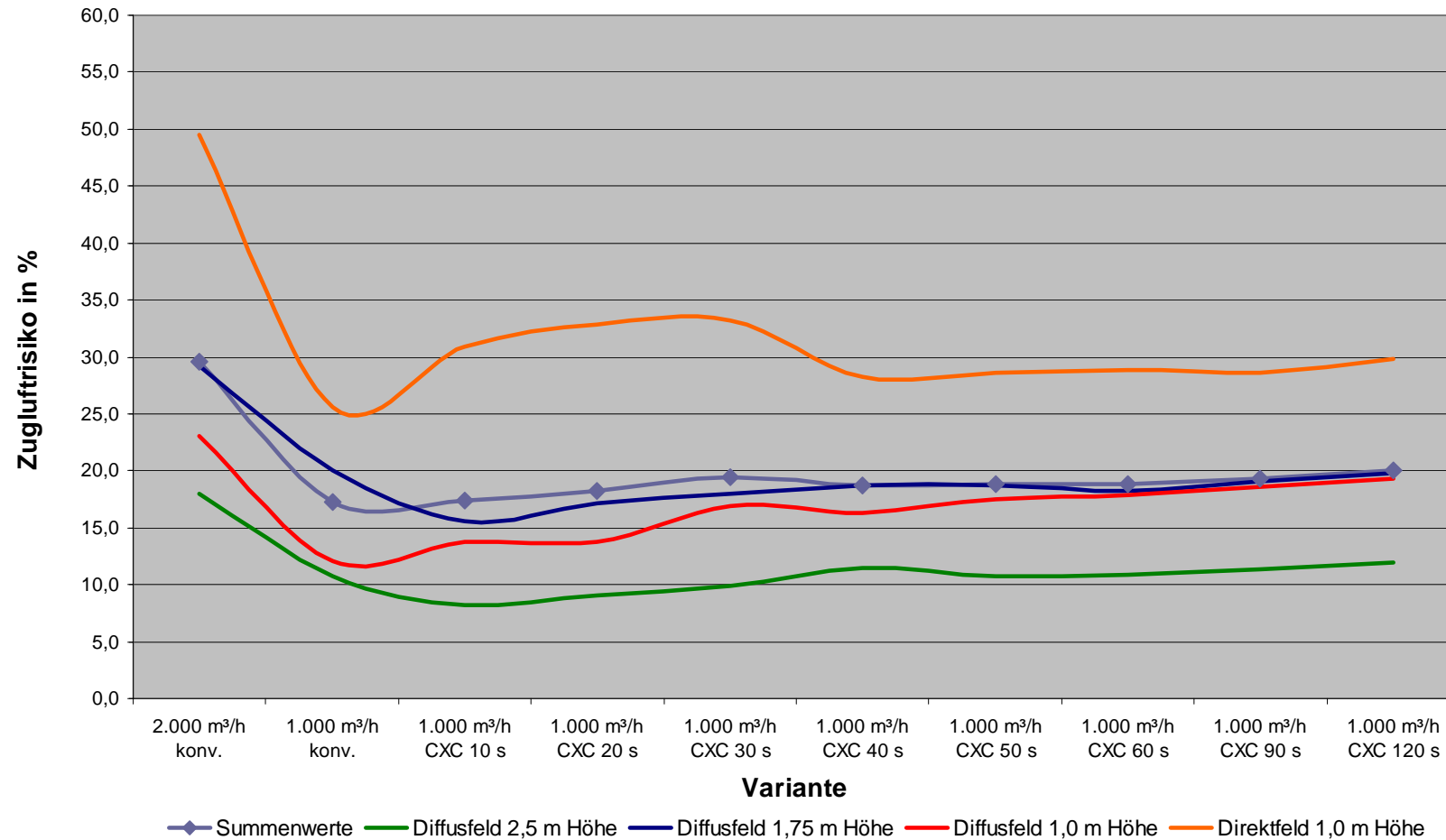
Turbulenzgrad



Messung der Turbulenzgrade im Raum

Instationäre Mischströmung

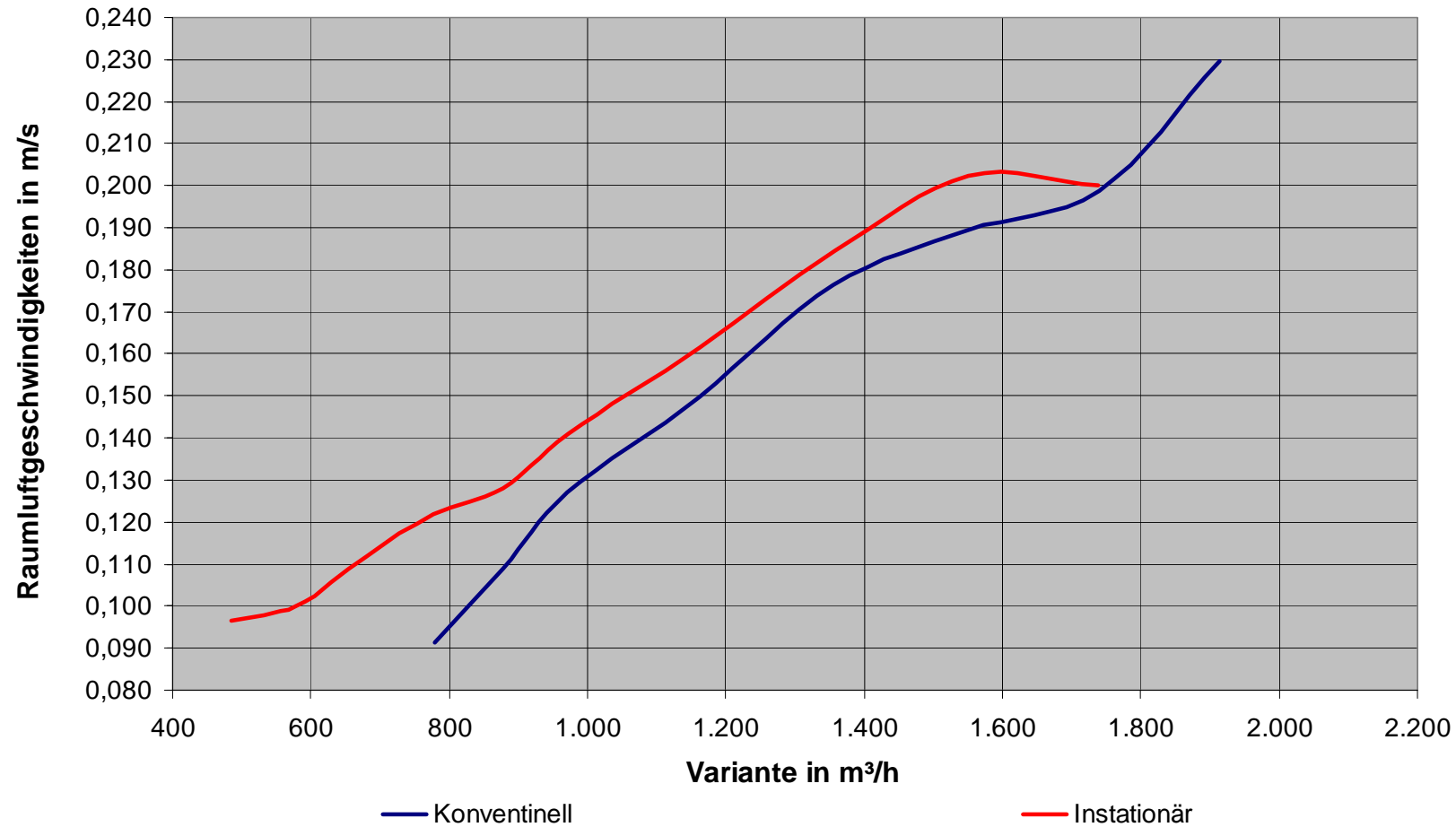
Zugluftrisiko (Anteil unzufriedener Personen)



Messung der Zugluftrisikos (DR) im Raum

Instationäre Mischströmung

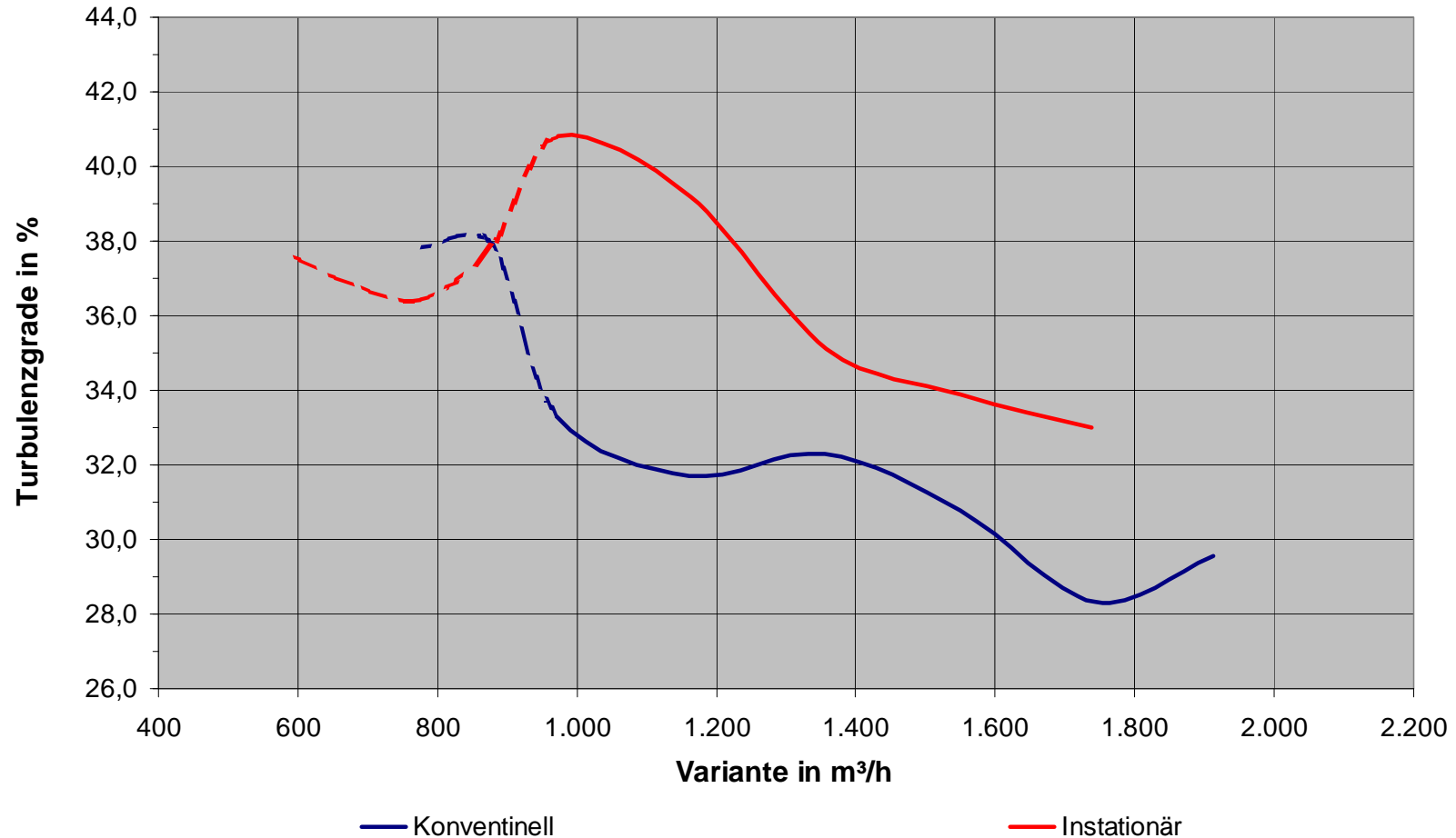
Luftgeschwindigkeiten



Raumluftgeschwindigkeiten zum Volumenstrom

Instationäre Mischströmung

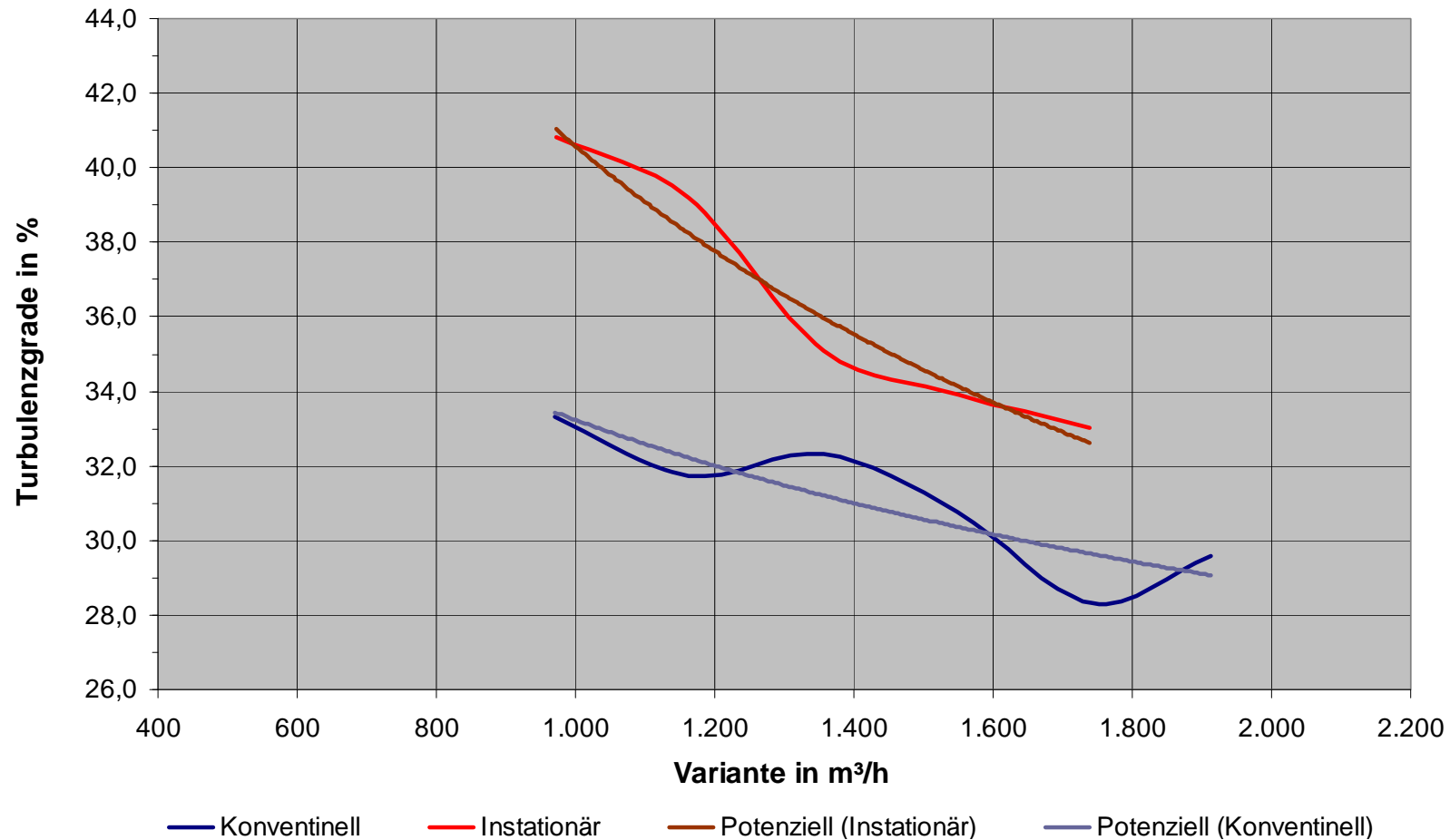
Turbulenzgrad



Lokaler Turbulenzgrad zum Volumenstrom

Instationäre Mischströmung

Turbulenzgrad



Lokaler Turbulenzgrad zum Volumenstrom

Instationäre Mischströmung



Anwendung FH Soest

Instationäre Mischströmung



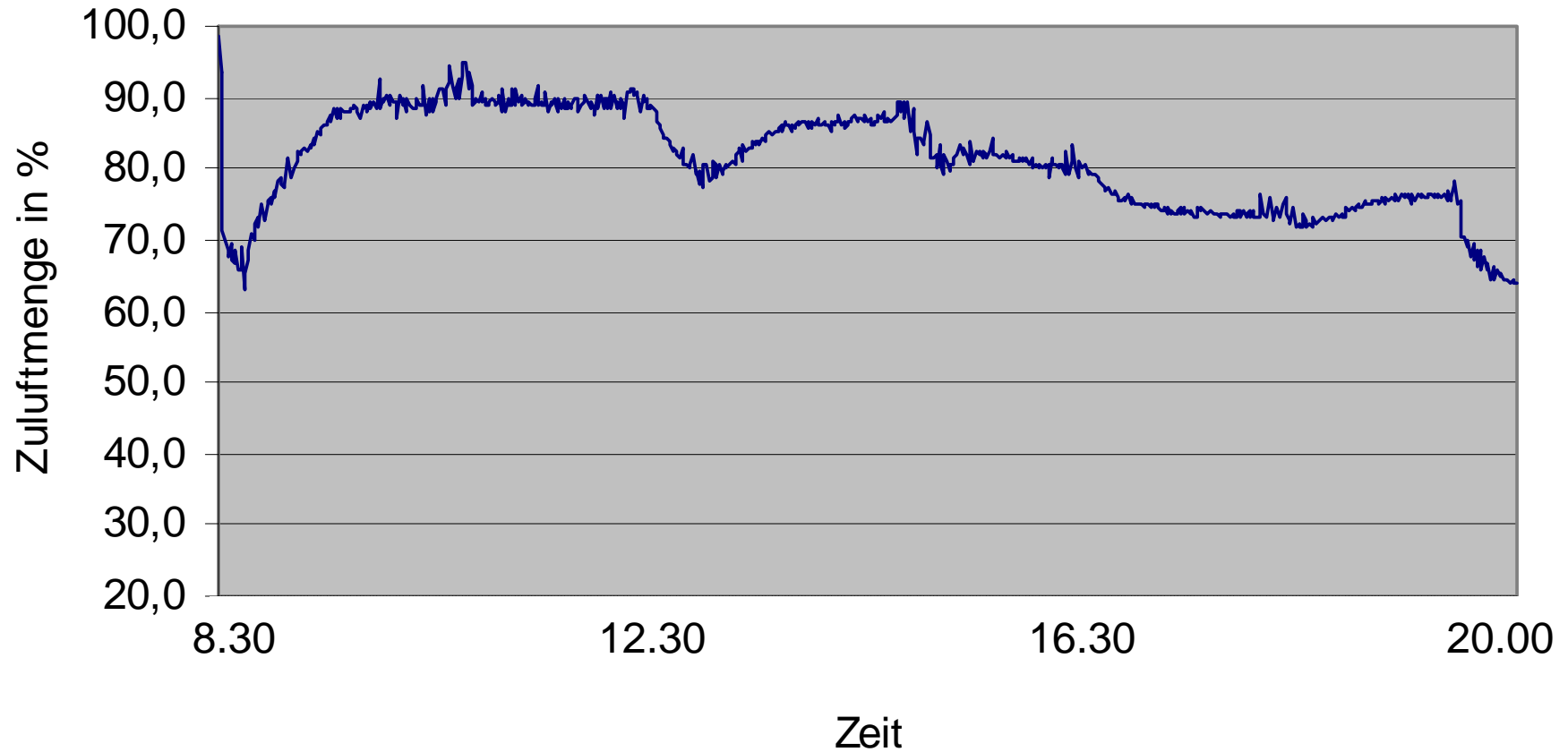
Anwendung FH Soest

Instationäre Mischströmung



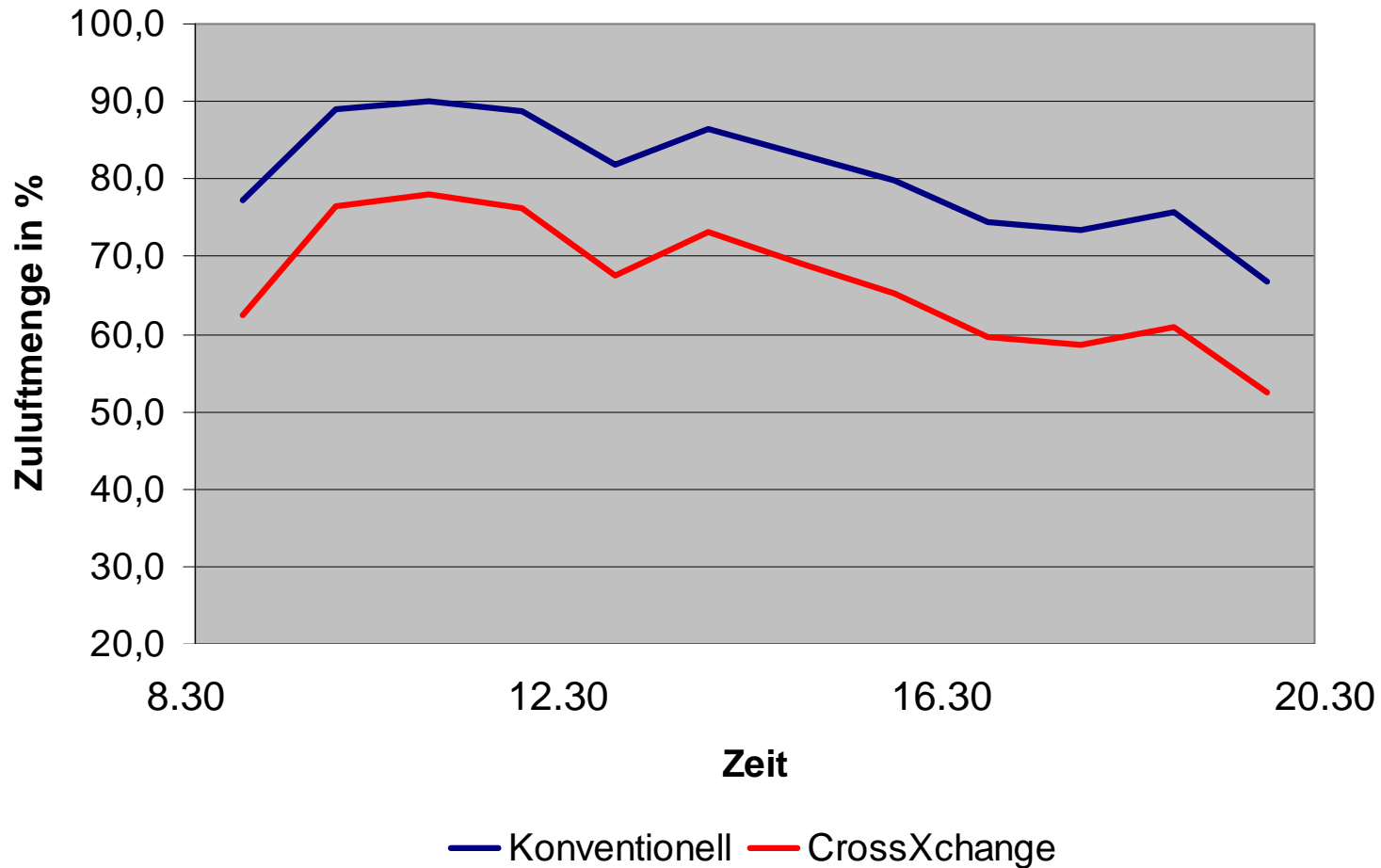
Anwendung FH Soest

Instationäre Mischströmung



Typischer Luftmengenbedarf (Hörsaal)

Instationäre Mischströmung



Typischer Luftmengenbedarf (Hörsaal) im Vergleich

Instationäre Mischströmung

Zeit	Lüftung		Elektroenergiebedarf			Lüftungswärme		
	Konv. %	CXC %	Konv. KW	CXC KW	Delta KW	Konv. KW	CXC KW	Delta KW
08:30:00	77,2	62,5	2,30	1,60	0,70	23,8	19,3	4,54
09:30:00	89,0	76,5	3,52	2,51	1,01	27,5	23,6	3,85
10:30:00	90,1	78,0	3,66	2,64	1,02	27,8	24,1	3,73
11:30:00	88,8	76,2	3,50	2,49	1,00	27,4	23,5	3,87
12:30:00	81,8	67,6	2,74	1,89	0,85	25,3	20,9	4,39
13:30:00	86,5	73,2	3,23	2,27	0,97	26,7	22,6	4,09
14:30:00	83,2	69,2	2,88	1,99	0,89	25,7	21,3	4,32
15:30:00	79,8	65,3	2,54	1,75	0,79	24,6	20,1	4,48
16:30:00	74,3	59,5	2,05	1,45	0,60	22,9	18,4	4,56
17:30:00	73,4	58,6	1,97	1,40	0,57	22,6	18,1	4,56
18:30:00	75,7	60,9	2,16	1,52	0,65	23,3	18,8	4,56
19:30:00	66,7	52,5	1,49	1,15	0,33	20,6	16,2	4,39
Mittelwerte			2,67	1,89	0,78	24,85	20,57	4,28

Basis : Auslegung mit $V = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ und $P_{el} = 5 \text{ KW}$

Instationäre Mischströmung

Elektroenergiebedarf (konv.)	2,67 KW	
Elektroenergiebedarf (instat.)	1,89 KW	
Einspareffekt im Teillastbetrieb	0,78 KW	29,2 %
Lüftungswärmebedarf (konv.)	24,85 KW	
Lüftungswärmebedarf (instat.)	20,57 KW	
Einspareffekt im Teillastbetrieb	4,28 KW	17,2 %

Instationäre Mischströmung

- Steigerung der Lüftungseffektivität
- instationäre Raumströmung
- „Stoßbetrieb“ durch impulsbehaftete Strömung
- Stationäre Raumströmungen werden verringert
- Verringerung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Raum
- Homogeneres und diffuseres Strömungsfeld
- Verringerung der Schadstoffkonzentrationen
- Höhere Temperaturdifferenzen sind möglich
- Reduzierung der Luftmengen im Teillastbetrieb

Instationäre Mischströmung

Technikwissen transparent

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Christoph Kaup