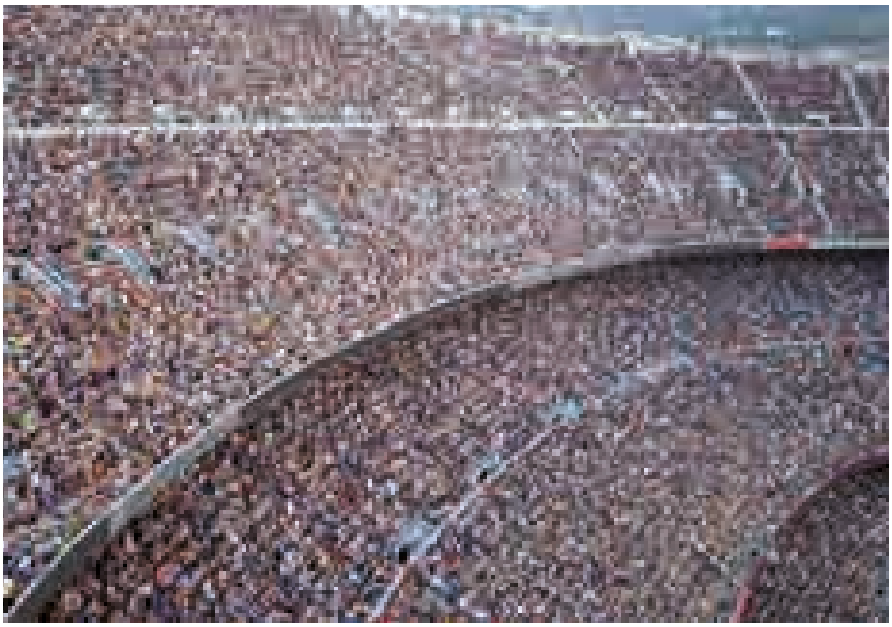
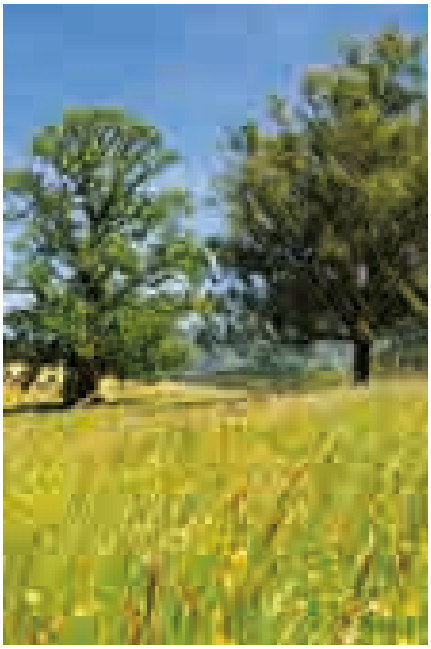
Mikroklima für Versammlungsstätten – energieeffizient und behaglich

Krantz GmbH
Uersfeld 24, 52072 Aachen
Deutschland
Tel.: +49 241 441-1
Fax: +49 241 441-555
info@krantz.de
www.krantz.de

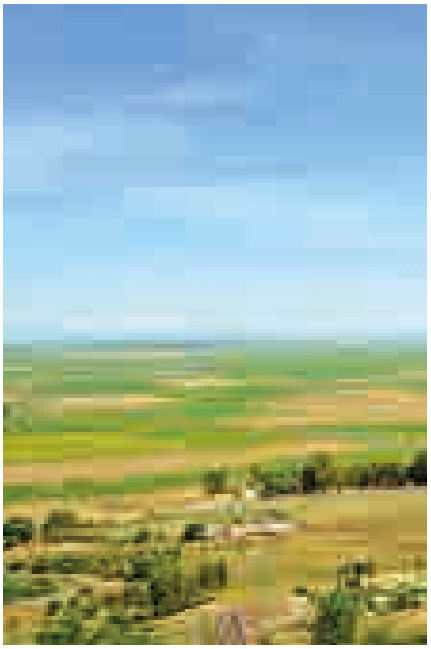


Leitfaden

	Seite/n
Begriff “Mikroklima“	2
Aufgabenstellung und Anforderungen	3
Normative Vorgaben	4 – 5
Stand der Technik – Verschiedene Luftführungssysteme	6 – 7
Anwendungsgebiete und Beispiele	8
Räumliche Gegebenheiten und Luftführungssysteme – Alternativen und – Lösungskonzepte	9 – 11
Verfügbare Mikroklima-Produkte	12 – 15
Referenzen	16 – 23
Resümee	24



1 Mikroklima



2 Mesoklima

3 Makroklima

Begriff “Mikroklima“

In der Meteorologie unterscheidet man bei den räumlichen Dimensionen von Klimazonen zwischen Mikroklima, Mesoklima und Makroklima. Wikipedia schreibt dazu Folgendes:

Das **Mikroklima** 1 beschränkt sich auf wenige Meter bis einige Kilometer, zum Beispiel ein Zimmer, eine Wiese oder einen Straßenzug.

Das **Mesoklima** 2 bezieht sich auf Landschaften oder Länder bis zu einigen hundert Kilometern Ausdehnung.

Das **Makroklima** 3 beschreibt kontinentale und globale Zusammenhänge.

Nun geht es in der Gebäudetechnik ja nicht um das Umgebungs-, Landschafts-, Länder-, Kontinent- oder Weltklima, sondern es geht allgemein um das Raumklima. Aber auch bei dem Klima in Räumen könnte man sinnvollerweise unterscheiden in:

- Klimatisierung von Räumen insgesamt
- Klimatisierung von Raumzonen
- Klimatisierung von Aufenthaltszonen

In diesem Sinne soll hier der Begriff “Mikroklima“ angewandt werden auf die “Klimatisierung von Aufenthaltszonen“.

Aufgabenstellung und Anforderungen

Im Unterschied zur Klimatisierung von Räumen besteht die Aufgabe bei der Klimatisierung von Aufenthaltszonen nicht darin, im gesamten zur Verfügung stehenden Raum gleiche klimatische Bedingungen im Hinblick auf die Behaglichkeitsparameter zu schaffen, sondern sich auf die unmittelbare Umgebung der anwesenden Menschen zu konzentrieren.

Dabei steht der “sitzende Mensch“ mit geringer körperlicher Aktivität im Vordergrund, d. h. der bei der Auslegung zu berücksichtigende Energieumsatz und damit die Wärmeabgabe der Einzelperson bewegt sich laut DIN EN 13779 zwischen 0,8 und 1,2 met (Metabolische Einheit) entsprechend 55 bis 75 W sensible Wärme pro Person (Tabelle A).

Auf die Einzelperson bezogen sind das natürlich relativ niedrige Werte, aber die hohe Konzentration von Menschen und die zusätzlichen inneren Kühllasten durch die Beleuchtungstechnik in Versammlungsräumen führt am Ende doch zu erheblichen Gesamtkühllasten. Je nach Anwendungsfall kommen abhängig von der Fassadengestaltung äußere Kühllasten hinzu. Häufig führt das dazu, dass es den Heizfall nur für das schnelle Aufwärmen des Raumes vor einer Veranstaltung gibt. Neben dem Kühlen ist das Lüften immer unabdingbar, weil in dicht belegten Versammlungsräumen auch die Belastung durch Feuchte-, CO_2- und VOC-Emissionen hoch ist.

Aktivität	Gesamtwärme		Sensible Wärme
	met [a]	W · Person^{-1} [b]	W · Person^{-1}
Zurückgelehnt	0,8	80	55
Entspannt sitzend	1,0	100	70
Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule)	1,2	125	75
Stehend, leichte Tätigkeit (Einkaufen, Leichtindustrie)	1,6	170	85
Stehend, mittelschwere Tätigkeit (Verkäufer, Arbeit an Maschinen)	2,0	210	105
Gehend, 5 km · h^{-1}	3,4	360	120

a) 1 met = 58 W/m^2
b) Gerundete Werte für einen menschlichen Körper mit einer Oberfläche von 1,8 m^2 · Person^{-1}

A Wärmeerzeugung durch Personen bei unterschiedlichen Aktivitäten (Lufttemperatur 24 °C), DIN EN 13779:2007

Kategorie	Maximaler CO_2-Gehalt über dem Gehalt in der Außenluft ppm	
	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1 000	800
IDA 4	> 1 000	1 200

B Maximaler CO_2-Gehalt in Räumen nach DIN EN 13779:2007

Kategorie	Einheit	Mindest-Außenluft-Volumenstrom je Person	
		Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	>15	20
IDA 2	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	10 – 15	12,5
IDA 3	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	6 – 10	8
IDA 4	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	< 6	5

C Mindest-Außenluft-Volumenstrom nach DIN EN 13779:2007 (Auszug)

Kategorie	Luftstrom je Person	Luftstrom für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen		
	l/s/Pers	Sehr schadstoffarme Gebäude $l/(s \cdot m^2)$	Schadstoffarme Gebäude $l/(s \cdot m^2)$	Nicht schadstoffarme Gebäude $l/(s \cdot m^2)$
I	10	0,5	1,0	2,0
II	7	0,35	0,7	1,4
III	4	0,2	0,4	0,8

D Empfohlene Lüftungsraten je Person und l/s je m^2 Grundfläche, DIN EN 15251:2012-12

Normative Vorgaben

Verschiedene Normen und Richtlinien befassen sich mit Auslegungs- und Bewertungsparametern für Lüftungsanlagen und legen auch Richtwerte fest.

Zu CO_2-Konzentrationen definiert die DIN EN 13779 Klassifizierungskategorien für die Raumluftqualität IDA 1 bis 4 (Tabelle **B**). Die Standardwerte der CO_2-Konzentrationen entsprechen den von DIN EN 15251 empfohlenen Werten für Energieberechnungen und Bedarfsregelung.

Analog gibt die DIN EN 13779 Mindest-Außenluft-Volumenströme je Person für die vier IDA-Kategorien vor (Tabelle **C**).

DIN EN 15251 empfiehlt Mindest-Außenluft-Volumenströme je Person als Basiswerte für drei Kategorien, die um Mindest-Außenluft-Volumenströme je m^2 Grundfläche für drei verschiedene Kategorien der Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen erhöht werden (Tabelle **D**).
Auf der Grundlage dieser Werte und Methodik können entsprechende Lüftungsraten und daraus abgeleitet Gesamtluft-Volumenströme für verschiedene Gebäude- und Raumtypen sowie Belegungsdichten und Gebäudeemissionen berechnet werden (Tabelle **E**). Die in der Tabelle der DIN EN 15251 angegebenen Werte beruhen auf vollständiger Durchmischung im Raum. Falls die Luftverteilung von der vollständigen Durchmischung abweicht und dies zuverlässig nachgewiesen werden kann (DIN EN 13779), können die Lüftungsraten der Lüftungseffizienz entsprechend eingestellt werden (s. Seite 6 und 7).

Legende

q_p = Lüftungsrate für die Belegung bzw. Nutzung je Person

q_B = Auf die Gebäudeemissionen bezogene Lüftungsrate

q_{tot} = Gesamtlüftungsrate des Raums

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Grundfläche m^2/Person	q_p $l/(s \cdot m^2)$ bei Belegung	q_B $l/(s \cdot m^2)$ bei sehr schadstoffarmen Gebäuden	q_{tot} $l/(s \cdot m^2)$ bei sehr schadstoffarmen Gebäuden	q_B $l/(s \cdot m^2)$ bei schadstoffarmen Gebäuden	q_{tot} $l/(s \cdot m^2)$ bei schadstoffarmen Gebäuden	q_B $l/(s \cdot m^2)$ bei nicht schadstoffarmen Gebäuden	q_{tot} $l/(s \cdot m^2)$ bei nicht schadstoffarmen Gebäuden
Konferenzraum	I	2,0	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,4	7,0
	II	2,0	3,5	0,35	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9
	III	2,0	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8
Hör- bzw. Zuschauersaal	I	0,75	15,0	0,5	15,5	0,1	16,0	2,0	17,0
	II	0,75	10,5	0,35	10,8	0,7	11,2	1,4	11,9
	III	0,75	6,0	0,2	6,2	0,4	6,4	0,8	6,8

E Lüftungsraten für Konferenzräume und Hör- bzw. Zuschauersäle in l/s je m^2 Grundfläche, DIN EN 15251:2012-12 (Auszug)

Gebäude-/ Raumtyp	Aktivität	Kategorie	Operative Temperatur		Maximale mittlere Luftgeschwindigkeit [1]	
	met		°C Sommer (Kühlungsperiode)	°C Winter (Heizperiode)	m/s Sommer (Kühlungsperiode)	m/s Winter (Heizperiode)
Einzelbüro Bürolandschaft Konferenzraum Auditorium Cafeteria Restaurant Klassenraum	1,2	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,12	0,10
		B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16
		C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 [2]

F Bemessungskriterien für Räume in unterschiedlichen Gebäudetypen nach DIN EN ISO 7730:2006 „Ergonomie der thermischen Umgebung“

Normative Vorgaben

Bei sitzenden inaktiven Menschen ist das Zugluft-Risiko besonders hoch einzuschätzen. Bekanntermaßen gibt es hier auch einen biologischen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Im Allgemeinen reagieren Frauen empfindlicher auf Zugluft als Männer. Hinzu kommen dies begünstigende Umstände durch leichtere Kleidung, z. B. in Theatern und Opernhäusern. Daher muss besonders in Versammlungsräumen mit sensiblen Anforderungen auf entsprechend niedrige lokale Luftgeschwindigkeiten geachtet werden. Das gilt insbesondere auch für die Luftgeschwindigkeiten im Fußbereich. Die DIN EN ISO 7730 hat dazu entsprechende Bemessungskriterien vorgegeben (Tabelle F).

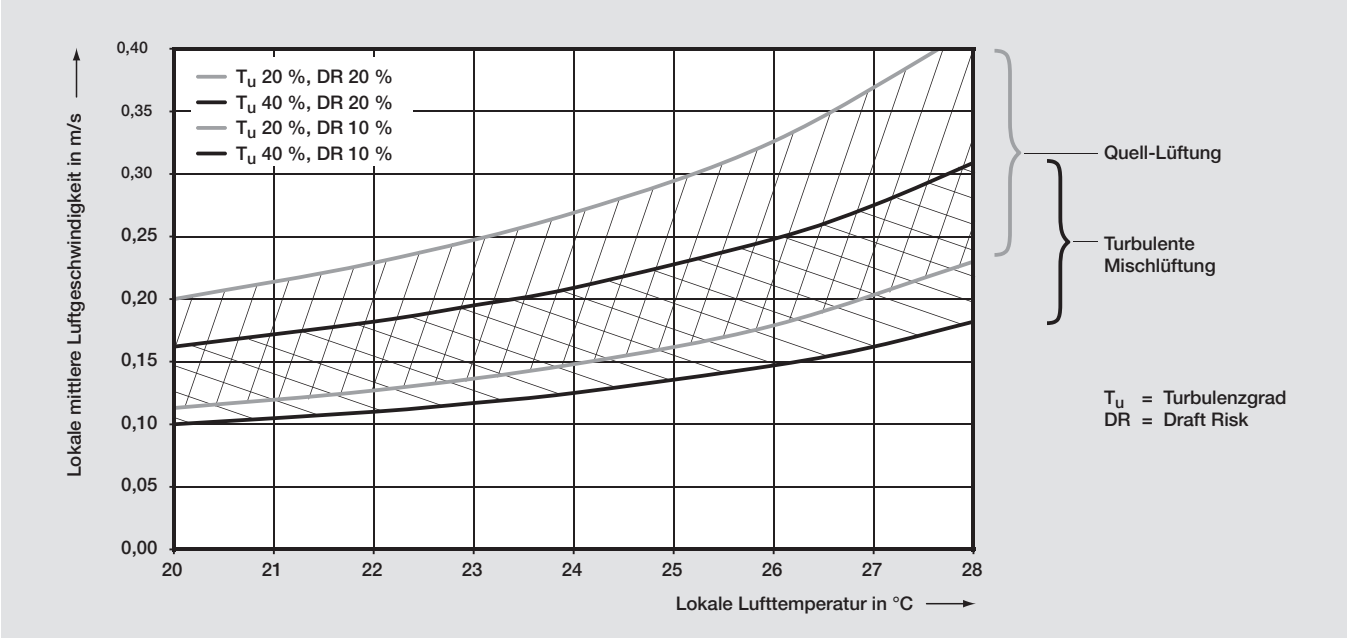
Behaglichkeitsrelevante Auswirkungen hat auch die Strahlungstemperaturasymmetrie zwischen Decke, Wand und Boden. In Versammlungsräumen sollte sie unter 5 K bleiben. Dazu sollte die Ablufttemperatur nicht höher als 30 – 32 °C sein. Der vertikale Lufttemperaturunterschied zwischen Kopf und Fußknöchel einer sitzenden Person sollte in Versammlungsräumen 2 K nicht überschreiten. Die zulässige Oberflächentemperatur des Fußbodens sollte sich zwischen 19 und 29 °C bewegen. Diese Anforderungen entsprechen der Klimakategorie A der DIN EN ISO 7730.

Ein weiteres Behaglichkeitskriterium ist der Schalldruckpegel. Natürlich sind die Anforderungen bei einer Reihe von Versammlungsräumen relativ hoch. Wenn z. B. Schauspieler auf der Bühne flüstern oder das Orchester pianissimo spielt, stört ein zu hoher Lärmpegel das Publikum. Anhaltswerte für A-bewertete Schalldruckpegel nennt DIN EN 15251 (Tabelle G). Die relevanten Schalldruckpegel müssen frequenzabhängig beurteilt werden. Hierzu werden Geräusch-Bewertungskurven verwendet (NC, NR) [3].

Gebäude	Art des Raumes	Schalldruckpegel dB(A) Typischer Bereich	Standard-Auslegungswert
Versammlungsorte	Hör- bzw. Zuschauersaal	30 – 35	33
	Bibliotheken	28 – 35	30
	Kinos	30 – 35	33
	Gerichte	30 – 40	35
	Museen	28 – 35	30

G Anhaltswerte für A-bewertete Schalldruckpegel nach DIN EN 15251:2012-12

1) Die maximale mittlere Luftgeschwindigkeit beruht auf einem Turbulenzgrad von 40 % und einer Lufttemperatur, die gleich der operativen Temperatur ist. Sowohl im Sommer als auch im Winter wird die niedrigere Temperatur des Bereiches gewählt.
2) Unter einem Grenzwert von 20 °C
3) NC: Noise Criteria, NR: Noise Rate



4 Zulässiger Bereich der maximalen Raumluftgeschwindigkeit nach DIN EN ISO 7730:2006 (Auszug)

Stand der Technik – Verschiedene Luftführungssysteme

Bei der weiteren Präzisierung der Aufgabenstellung und Anforderungen ist zu unterscheiden, ob für alle sich in dem Raum aufhaltenden Menschen gleiche oder in gewissem Umfang individualisierbare Bedingungen angestrebt werden. Das ist dann ein Thema für die Auswahl der Luftführungssysteme und entsprechenden Produkte sowie deren Ein- bzw. Verstellbarkeit.

Eine weitere Frage bezieht sich auf die Qualität des Mikroklimas und damit auf die Wahl der Luftführungssysteme. Diese Alternativen sind zu betrachten:

- Turbulente Mischlüftung
- Quell-Lüftung
- Misch-Quell-Lüftung

Wie der Name schon sagt, sorgt turbulente Mischlüftung für eine Mischqualität zwischen Zuluft und Raumluft, während Quell-Lüftung idealerweise die Qualität der Primärluft bietet. Logischerweise bewegt sich die Misch-Quell-Lüftung je nach Auslegung zwischen diesen beiden Fällen.

Bei Quell-Lüftung sind laut DIN EN 13779 und DIN EN ISO 7730 höhere maximale lokale Luftgeschwindigkeiten erlaubt als bei turbulenter Mischlüftung 4. Dies ist auf die unterschiedlich hohen Turbulenzgrade der Mischlüftung und der Quell-Lüftung zurückzuführen:

- Charakteristischer Turbulenzgrad Mischlüftung: $T_u = 40$ %
- Charakteristischer Turbulenzgrad Quell-Lüftung: $T_u = 20$ %

Die verschiedenen Luftführungssysteme unterscheiden sich auch im Hinblick auf die Bewertungskriterien:

- Lüftungseffektivität
- Wärmebelastungsgrad
- Stoffbelastungsgrad

Definitionen

Lüftungseffektivität:

$\varepsilon_v = (C_{Ab} - C_{Zu}) / (C_{Ra} - C_{Zu})$

ε_v = Lüftungseffektivität

C_{Ab} = Verunreinigungskonzentration Abluft [mg/m³]

C_{Zu} = Verunreinigungskonzentration Zuluft [mg/m³]

C_{Ra} = Verunreinigungskonzentration Raumluft [mg/m³]

Wärmebelastungsgrad:

$\mu_W = Q_{Auf} / Q_{Ra} = (t_{Ra} - t_{Zu}) / (t_{Ab} - t_{Zu})$

$$\frac{\text{Wärmelast Aufenthaltsbereich } Q_{Auf}}{\text{Wärmelast Raum } Q_{Ra}}$$

Stoffbelastungsgrad:

$\mu_S = C_{S,\,Auf} / C_{S,\,Ab}$

$$\frac{\text{Stoffkonzentration Aufenthaltsbereich } C_{S,\,Auf}}{\text{Stoffkonzentration Abluft } C_{S,\,Ab}}$$

Einbauort	Decke			Boden		Wand			Fassade		
Strömungsform	ML		MQL	MQL	QL	ML	MQL	QL	ML	MQL	QL
Luftführung											
Max. Kühllast in W/m²	60	100	80	100	40	60	60	40	60	80	40
Temperaturdifferenz Zuluft–Raum in 1 m Höhe in K	–3 bis –5	–8 bis –12	–6 bis –8	–6 bis –8	–1 bis –3	–4 bis –6	–6 bis –8	–1 bis –4	–4 bis –6	–6 bis –8	–1 bis –3
Temperaturdifferenz Zuluft–Abluft, in K	–3 bis –5	–8 bis –12	–7 bis –10	–8 bis –12	–2 bis –7	–4 bis –6	–7 bis –10	–2 bis –8	–4 bis –6	–7 bis –10	–2 bis –7
Lüftungseffektivität	1	1	1,2	1,5	2	1	1,2	2	1	1,2 – 1,5	2
Art der Luftdurchlässe	Tangential über Schlitz	Drall- oder hoch-induktiver Schlitz-durchlass	Hoch-induktiver Schlitz-durchlass	Boden-drall-durchlass	Sockel- oder runder Boden-durchlass	Flurwand-schlitz oder Gitter	Schlitz-durchlass	Flächen-durchlass	Schlitz- oder Fenster-blasanlage	Drall-induktiv-durchlass	Flächen-durchlass
ML = Mischlüftung, QL = Quell-Lüftung, MQL = Misch-Quell-Lüftung											

H Lüftungseffektiviät für verschiedene Luftführungssysteme (Quelle: VDI 3804)

Stand der Technik – Verschiedene Luftführungssysteme

Bei allen drei Bewertungskriterien bildet die "Turbulente Mischlüftung mit Decken- und / oder Wand-Luftdurchlässen" den Referenzpunkt mit dem Wert 1 für die Lüftungseffektivität, d. h. die Wärmelasten und Stoffkonzentrationen sind bei diesen Luftführungssystemen im Aufenthaltsbereich genauso groß wie im Raum insgesamt oder anders ausgedrückt die Temperaturen, Stoffkonzentrationen und auch Feuchtegehalte sind in Raumluft und Abluft gleich (Tabelle H).

Demzufolge liegen je nach System die Werte für die

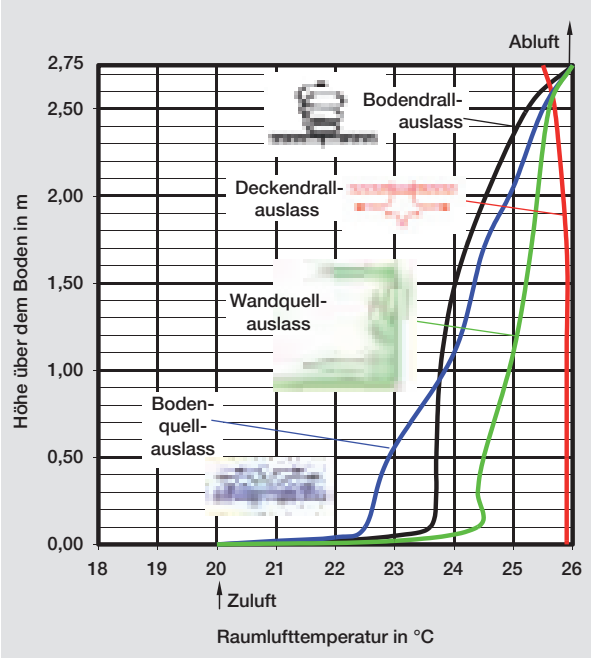
Lüftungseffektivität
zwischen 1,0 und 2,00

Wärmebelastung
zwischen 1,0 und 0,45

Stoffbelastung
zwischen 1,0 und 0,25

Danach schneiden Quell- und Verdrängungsströmung deutlich besser ab als die turbulente Mischlüftung. Unter diesen Aspekten vorteilhaft ist immer die Belüftung "von unten nach oben", wie sie mit bodenbasierten Luftführungssystemen zu realisieren ist.

Beim Quell-Lüftungssystem muss man jedoch den vertikalen Temperaturgradienten beachten 5, während die turbulente Mischlüftung eine homogene Temperaturverteilung über die Raumhöhe erzielt.



5 Gemessene vertikale Temperaturgradienten bei verschiedenen Luftführungssystemen

6 Hörsaal

7 Theater

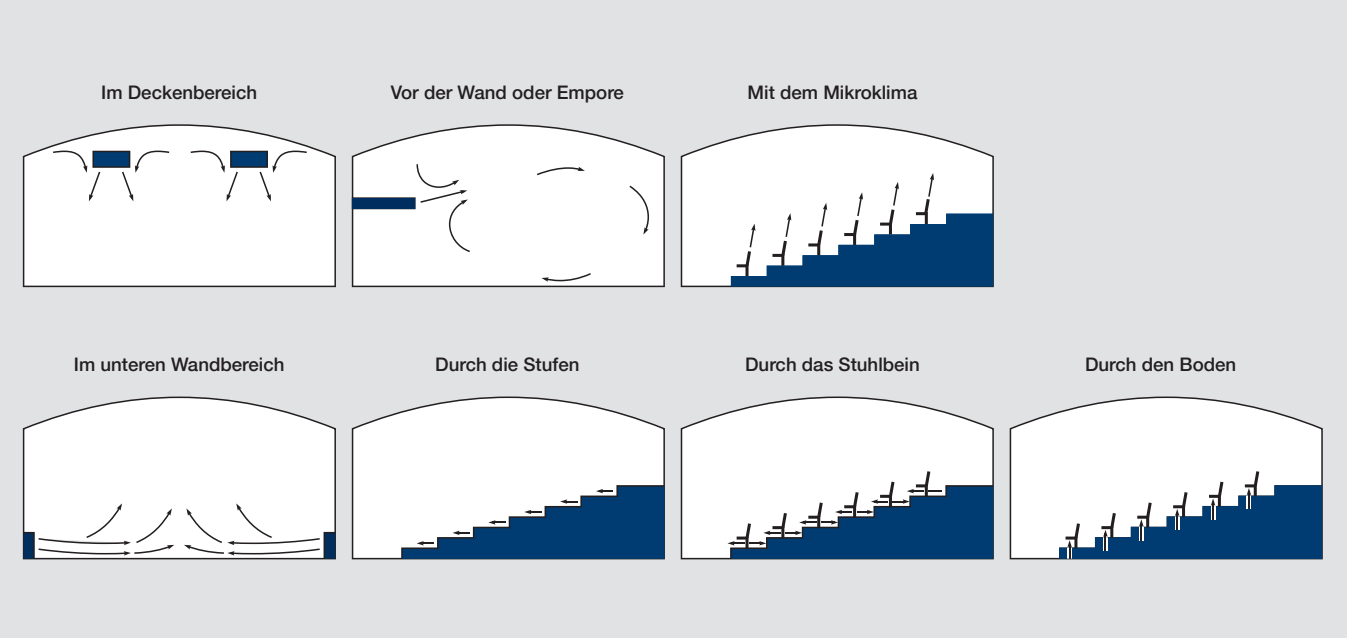
Anwendungsgebiete und Beispiele

Die wichtigsten Anwendungsgebiete und damit auch Gebäudetypen für den Einsatz von Mikroklima-Technologien und -Produkten sind nachfolgend aufgeführt:

- Theater
- Konzertsäle / Opernhäuser
- Kinos
- Kongresszentren
- Hörsäle
- Sportstätten
- Stadien

Die spezifischen Anforderungen an die klima- und lüftungstechnischen Lösungen sind objektbezogen im konkreten Fall zwischen Auftraggeber und Planer zu vereinbaren. Die Vereinbarungen müssen zumindest im Aufenthaltsbereich erfüllt sein.

8 Stadion



9 Luftführungssystem-Alternativen für Versammlungsräume

Räumliche Gegebenheiten und Luftführungssysteme – Alternativen und – Lösungskonzepte

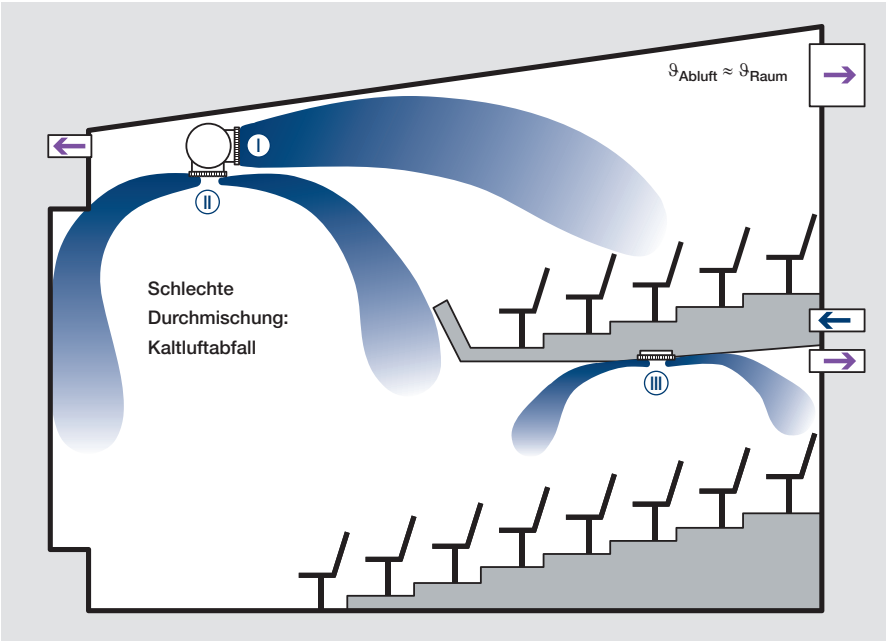
Die räumlichen Gegebenheiten in Versammlungsräumen sind selbstverständlich verschieden und müssen objektbezogen analysiert und bewertet werden. Grundsätzlich bieten sich verschiedene Luftführungssystem-Alternativen 9, die auch miteinander kombiniert werden können.

Für Theater, Konzertsäle, Opernhäuser, Kinos, Kongresszentren und Hörsäle enthält der folgende Raumquerschnitt viele typische Merkmale:

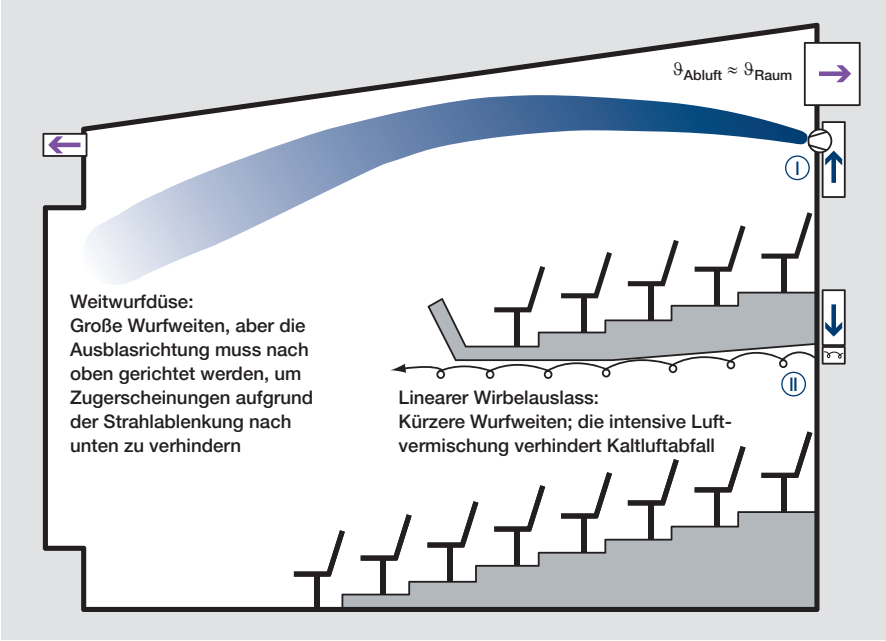
- Große und hohe Räume
- Ansteigende Ränge
- Gestufte Sitzanordnung
- Umlaufende Emporen
- Keine Fenster

Die dargestellte Luftführungslösung 10 ist suboptimal, weil der Einsatz von in den Lüftungskanal eingebauten tangential wirkenden Lüftungsgittern sowie Lamellen- und Schlitzauslässen mit ebenfalls tangentialer Strömung zu einer schlechten Durchmischung, Kaltluftabfall und Zugerscheinungen führt.

Legende
(I) Lamellengitter horizontal und vertikal verstellbar
(II) Standard-Lamellendurchlass
(III) Standard-Lamellen- oder linearer Schlitzdurchlass



10 Typischer Querschnitt durch einen Veranstaltungsraum



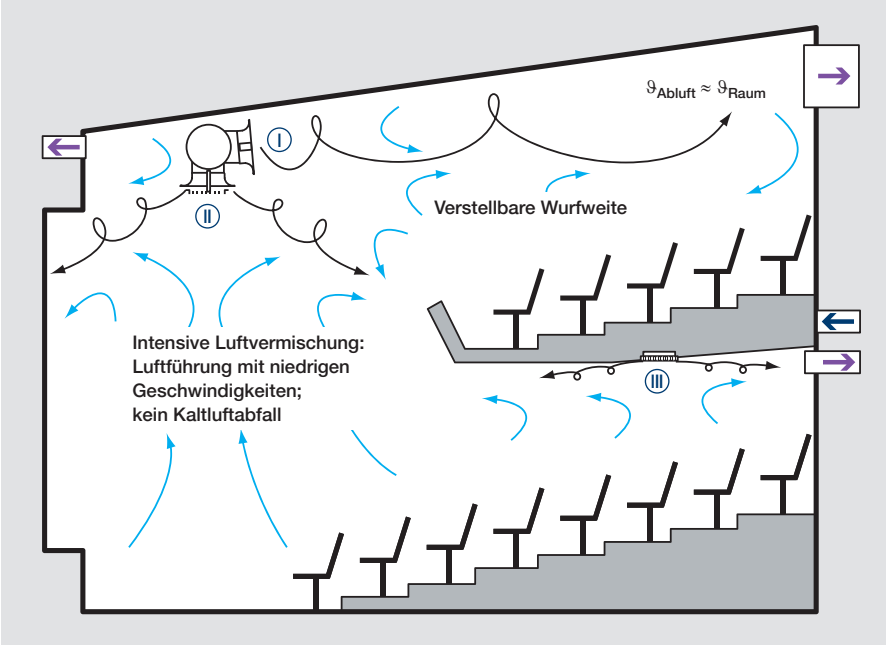
Legende
(I) Schwenkbare Weitwurfdüse
(II) Linearer Wirbelauslass

11 Veranstaltungsraum mit verbessertem Luftführungssystem

Räumliche Gegebenheiten und Luftführungssysteme – Alternativen und – Lösungskonzepte

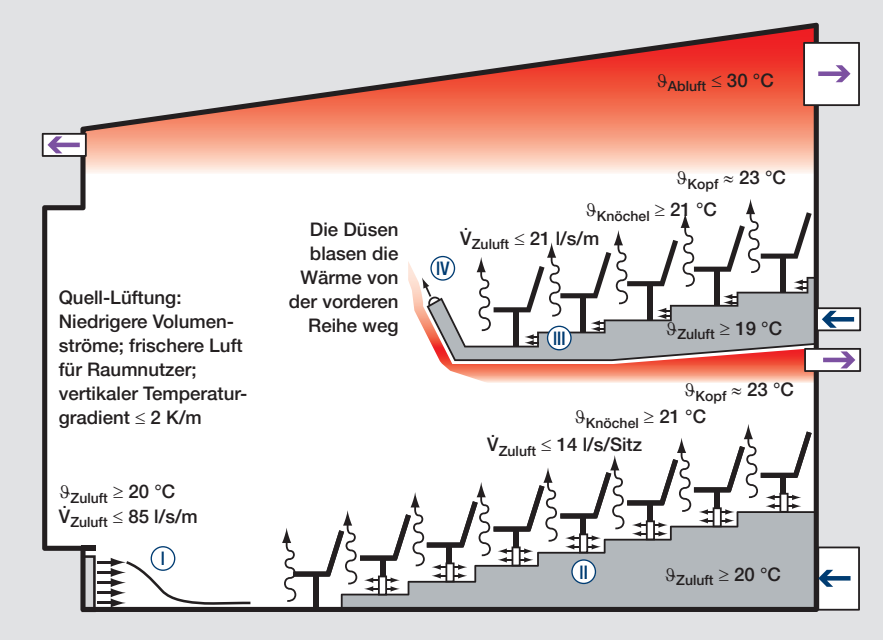
Die Änderung der Systemlösung auf in der Wand platzierte Weitwurfdüsen und Wirbelauslässe von Krantz verbessert die Durchmischung und Temperaturhomogenität und damit den thermischen Komfort 11. Die Lüftungseffektivität ist 1.

Die Ausführung der Systemlösung mit in der Wurfweite verstellbaren Weitstrahlauslässen und in der Ausströmungscharakteristik verstellbaren Radialauslässen von Krantz stellt bei gleicher Lüftungseffektivität eine weitere Verbesserung dar im Hinblick auf Zugfreiheit und thermischen Komfort 12.



12 Veranstaltungsraum mit weiter verbessertem Luftführungssystem

Legende
(I) Schwenk- und verstellbarer Weitstrahlauslass
(II) Variabler Drallauslass
(III) Radialauslass



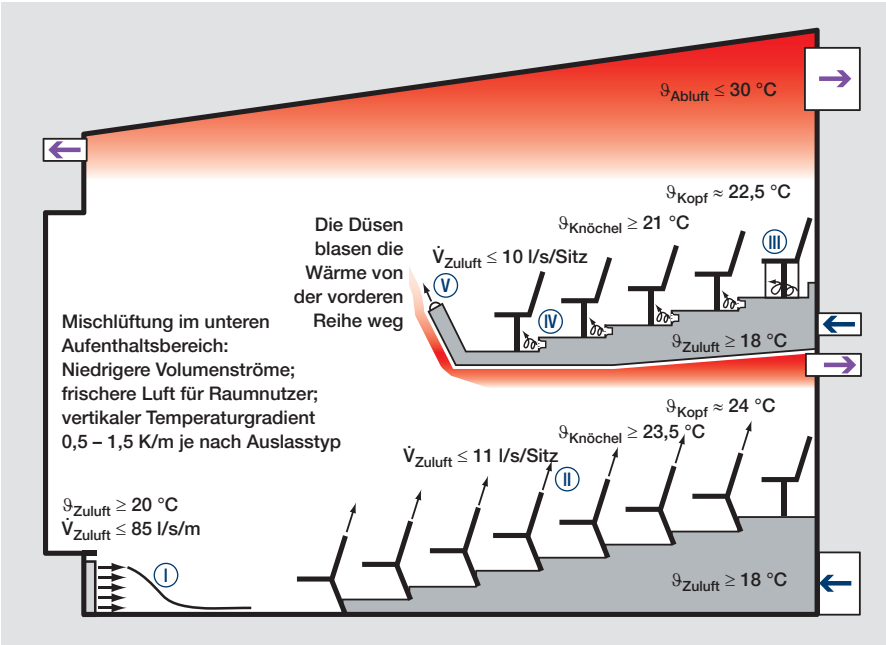
13 Veranstaltungsraum mit sitz- und stufenintegrierten Quell-Lüftungssystemen und Abschirmung der Empore durch kleine Weitwurfdüsen oder spezielle Brüstungsauslässe

Legende
(I) Rechteckiger Wandquellauslass
(II) Stuhlquellauslass
(III) Stufendrallauslass
(IV) Kleine Weitwurfdüsen oder spezielle Brüstungsauslässe

Räumliche Gegebenheiten und Luftführungssysteme – Alternativen und – Lösungskonzepte

Der Schritt hin zu einer Systemlösung auf Basis von sitz- und stufenintegrierten Quell-Luftdurchlässen in Verbindung mit einer Abschirmung der Empore gegen die aufsteigende erwärmte und verbrauchte Luft **13** erhöht bei weiter gesteigertem Komfortniveau die Lüftungseffektivität auf einen Wert von 2. Die Temperaturdifferenz zwischen Knöchel und Kopf bleibt unter 2 K.

Eine Lösungsalternative verwendet Schlitzauslässe in den Stuhlrückenlehnen sowie Stufen- und Bodendrallauslässe auf der Empore **14**. Die Abschirmung der Empore mit kleinen Weitwurfdüsen oder speziellen Brüstungsauslässen wird beibehalten. Die Lüftungseffektivität beträgt 1,5.



14 Veranstaltungsraum mit Induktionsauslässen in den Rückenlehnen der Sitze, Stufen- und Bodendrallauslässen und Abschirmung der Empore durch kleine Weitwurfdüsen oder spezielle Brüstungsauslässe

Legende
(I) Rechteckiger Wandquellauslass
(II) Stuhllehnen-Induktionsauslass
(III) Bodendrallauslass
(IV) Stufendrallauslass
(V) Kleine Weitwurfdüsen oder spezielle Brüstungsauslässe

Das Produktportfolio von Krantz bei Luftführungssystemen umfasst nicht nur spezielle Luftdurchlässe für Versammlungsräume, sondern bietet auch ein breites und tiefes Spektrum weiterer Luftdurchlässe für verschiedene / unterschiedliche Anwendungsbereiche.

- Decken-Luftdurchlässe
- Wand-Luftdurchlässe
- Boden-Luftdurchlässe
- Quell-Luftdurchlässe
- Verdrängungs-Luftdurchlässe

➔ **http://www.krantz.de/**

⓯ **Lineare Wirbelauslässe WL-2 im Eingangsbereich des Kursaals im Casino Oostende / B**

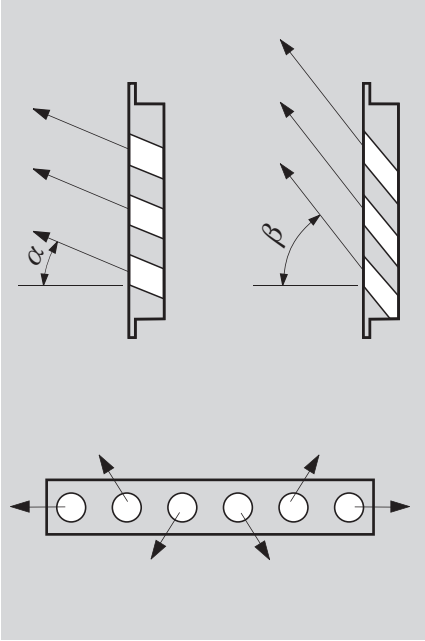
Verfügbare Mikroklima-Produkte

Die technischen Produktmerkmale und -daten aller für **Mikroklima** in Betracht kommenden Produkte sind in Tabelle ❶ zusammengestellt.

Auslass-Typ	Ein-/ Verstell-barkeit	ML / QL / MQL	max. Luft-menge	max. Δp	Kühlfall: min. ϑ_{Zu}	Kühlfall: max. $\Delta\vartheta_{Zu\text{-}Ra}$	Kühlfall: max. $\Delta\vartheta_{Zu\text{-}Ab}$	max. L_{WA}	Nenn-größen
			m³/h	Pa	°C	K	K	dB(A)	mm
Sitz-/Stuhlauslässe									
MD-J	fix	ML	40	65	18	–6	–12	19	k. A.
Q-ST	fix	QL	50	28	20	–4	–12	16	100/127/190
BF-ST (Sonderausführung) *)	2)	MQL	72	8	19	–5	–12	14	465 x 235
Stufenauslässe									
Q-SR 50	fix	QL	20	22	19	–5	–10	26	50
Q-SR 80/100	fix	QL	35/60	42	19	–4	–12	27	80/100
Q-SL z. B. 120 x L	fix	QL	75 [1/m]	18	19	–4	–12	15	variabel
Q-SV *) z. B. 300 x 140	2)	QL	100	32	19	–5	–11	31	variabel
DS-DD 63/100	fix	ML	12/35	22	18	–5	–12	16	63/100
DS-RA 80/100	fix	ML	25/35	18/22	18	–5	–12	24/18	80/100
DS-BA 150	fix	ML	35	20	18	–5	–12	12	150
SD-L z. B. 480 x 80	fix	ML	45	12	18	–5	–12	22	variabel
Bodenauslässe									
DB-E 200 (DOB; AL/PC)	1)	ML	40	21	18	–5	–12	17	200
DB-D 200 (DOB; AL/PC)	1), 2)	ML	40	21	18	–5	–12	17	200
Q-B 200 (DOB; AL)	1)	QL	40	23	20	–4	–12	18	200
Pult-/Tischauslässe									
M-LTI (mit Vorinduktion)	1), 2)	ML	40	43	18	–6	–12	33	variabel
M-LTK (ohne Vorinduktion)	1), 2)	ML	40	43	19	–5	–11	30	variabel
M-HP	fix	ML	40	33	18	–6	–12	25	variabel

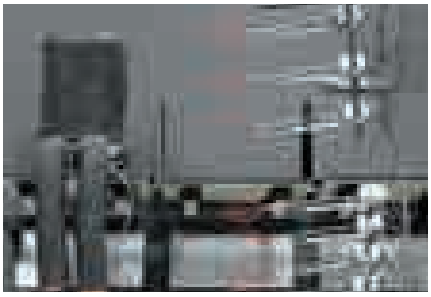
Ein-/Verstellbarkeit: 1) Luftmenge, 2) Ausblasrichtung
Abkürzungen: DOB: Doppelboden, AL/PC: Aluminium/Polycarbonat
*) Auf Anfrage

❶ **Übersicht Mikroklima-Auslässe**



⑯ Multiplex-Fächerscheiben

⑰ Multiplex-Sitzauslass BF-ST (auf Anfrage)



⑱ Multiplex-Sitzauslass BF-ST mit Misch-Quell-Lüftung, Versuchsaufbau

⑲ Multiplex-Sitzauslass BF-ST mit Misch-Quell-Lüftung, Strömungsvisualisierung

Verfügbare Mikroklima-Produkte

Bei der Auswahl geeigneter Luftdurchlässe stehen die Anforderungen aus der Raumakustik und der thermischen Behaglichkeit im Vordergrund. Stufen- und Bodenauslässe können weitestgehend unabhängig von der Bestuhlung eingebaut werden, wogegen bei Einsatz von Sitz-, Stuhl- und Pultauslässen der Luftdurchlass in das Gestühl integriert wird. Hierzu ist eine detaillierte Abstimmung mit dem Hersteller der Bestuhlung erforderlich. Bei den Bodenauslässen für Doppel- und Hohlraumboden gibt es Ausführungen aus Aluminium oder Polycarbonat.

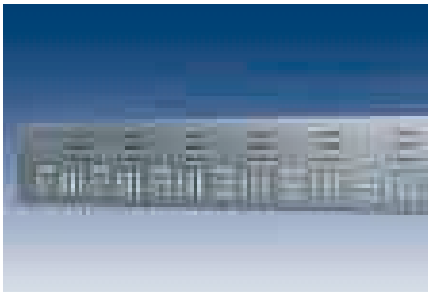
Die maximalen Luftmengen sind überwiegend auf die höherwertigeren Kategorien der DIN EN 13779 bzw. DIN EN 15251 für Nichtraucher-Bereiche ausgelegt. Auch die Schall-Leistungspegel passen zu den von der Norm vorgegebenen Schalldruckpegeln in Versammlungsstätten. Die Druckabfälle bewegen sich auf niedrigem Niveau. Aufgrund der kleinen Luft-Volumenströme handelt es sich um kleine und kompakte Produkte. Für Mikroklima sind auch keine großen Reichweiten erforderlich.

Im Folgenden werden einige für Mikroklima geeignete, ausgewählte Produkte aus dem Gesamtportfolio von Krantz vorgestellt.

Die sogenannte Multiplex- oder Fächerscheiben-Technologie wird von Krantz in verschiedenen Auslässen eingesetzt: Wandauslässen, Brüstungsauslässen, Auslässen von Umluftgeräten und eben auch in Mikroklima-Sitzauslässen. Die Multiplex-Fächerscheiben ⑯ enthalten geneigte Düsen, mit denen durch Verdrehen die Ausblasrichtung in jede Richtung eingestellt werden kann.

Die Multiplex-Technologie kann in verschiedenen Varianten sehr flexibel in Fächerauslässen für reine Mischlüftung oder auch in Breitfächerauslässen in Kombination mit einer luftdurchströmten perforierten Sichtfläche für Misch-Quell-Lüftung eingesetzt werden. Sie eignet sich hervorragend für optimierte projektspezifische Lösungen und kann generell vor Ort an die räumlichen Gegebenheiten und individuellen Anforderungen angepasst werden.

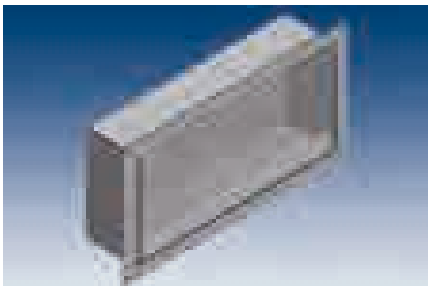
Die positiven Eigenschaften der Multiplex-Technologie kommen auch bei in Sitze oder Bänke eingebauten Breitfächerauslässen ⑰ zum Tragen. Dabei werden die technische Funktionalität sowie die technischen Merkmale und Daten der Auslässe sowohl bei Standardprodukten als auch bei projektspezifischen Lösungen durch Laborversuche ⑱ optimiert und auf die besonderen Anforderungen ausgerichtet. Akustische Untersuchungen und Strömungsvisualisierung gehören immer dazu ⑲.



20 Linearer Stufendrallauslass SD-L mit Mikroschlitz-Technologie (auf Anfrage)

22 Bodendrallauslass DB-E mit turbulenter Mischlüftung

24 Bodenquellauslass Q-B-DN 200



21 Verstellbarer Stufenquellauslass Q-SV (auf Anfrage)

23 Drehbarer Bodendrallauslass DB-D

Verfügbare Mikroklima-Produkte

Auch die neu entwickelte und in verschiedenen Luftdurchlässen und Produktvarianten eingesetzte Mikroschlitz-Technologie eignet sich z. B. für den Einsatz in Stufendrallauslässen 20. Die Abmessungen und Ausführungen können problemlos an projektspezifische Anforderungen angepasst werden. Die besonderen Vorzüge der Mikroschlitz-Technologie sind niedrige Druckverluste und Schall-Leistungspegel bei relativ großen Volumenströmen. Krantz nutzt diese Vorteile auch bei Decken- und Wand-Luftdurchlässen, bei der Kombination mit Umluftgeräten (Fan Coil Units) sowie bei Reinraumsystemen.

Der ebenfalls neu entwickelte Stufenquellauslass Q-SV 21 bietet gleichermaßen flexible Abmessungen und Ausführungen und erlaubt eine variable Aufteilung der durch den Lochblechauslass nach vorne ausströmenden Quell-Luft und der über den verstellbaren Ringspalt tangential austretenden Luft.

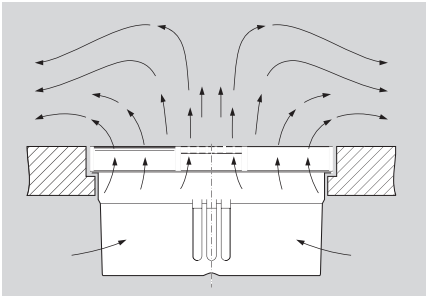
Zur Erzielung eines optimalen Mikroklimas in Versammlungsräumen werden Bodenauslässe bevorzugt unterhalb der Stühle bzw. Sitze angeordnet.

Der am häufigsten eingesetzte Boden-Luftdurchlass ist der Bodendrallauslass DB-E 22 mit hochturbulenter rotationssymmetrischer vertikaler Mischströmung. Er entfaltet daher eine große Induktionswirkung in Bodennähe. Der DB-E ist für den Einbau in Doppelböden konzipiert. Er ist sowohl für das Luftanschlusssystem “Druckraum“ als auch für die Ausführung mit Anschlusskasten für Rohr- bzw. Schlauchanschluss geeignet. Bei dem Auslass mit der Nenngröße DN 200 kann das Drallelement in Kunststoff oder Aluminium ausgeführt werden.

In einigen Fällen ist ein zur Vertikalen geneigter Luftstrahl vorteilhaft, um z. B. die Zuluft aus dem Kniekehlen- und Wadenbereich einer sitzenden Person fernzuhalten. Diese Ausblascharakteristik erzeugt der drehbare Bodendrallauslass DB-D 23. Der geneigte Ausblasstrahl kann durch Drehen des Ausblaselements individuell eingestellt werden.

Der Bodenquellauslass Q-B-DN 200 24 mit Quellelement aus Aluminium erzeugt eine turbulenzarme radiale Horizontalströmung 25.

Beim Einsatz unter den Stühlen in Versammlungsräumen werden alle Boden-Luftdurchlässe mit dem speziell entwickelten Verteilkorb VL ausgestattet. Dieser Verteilkorb erzeugt den für eine gleichmäßige Luftverteilung im Druckboden erforderlichen Druckverlust bei einem sehr niedrigen Schall-Leistungspegel.

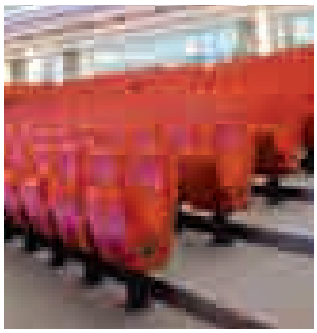


25 Bodenquellauslass Q-B-DN 200 mit Verteilkorb VL

26 Stufendrallauslass DS-RA-DN 80

27 Stufenquellauslass Q-SL

28 Stufenquellauslass Q-SR



29 Stuhlquellauslass Q-ST

Verfügbare Mikroklima-Produkte

Der Stufendrallauslass DS-RA-DN 80 26 wurde für den Einbau in Stufenfronten aus Calcium-Silikat-Bauplatten oder Beton mit niedriger Bauhöhe (Stufenhöhen ab 130 mm) entwickelt. Je nach personenbezogenem Zuluft-Volumenstrom werden bis zu zwei Auslässe pro Person nebeneinander angeordnet. Des Weiteren zeichnet sich der Stufendrallauslass DS-RA-DN 80 durch eine einfache Montage, einen geringen Schall-Leistungspegel sowie eine hohe thermische Behaglichkeit aus. Krantz liefert auch Stufendrallauslässe in größeren Nennweiten bei entsprechender Höhe der Setzstufe.

Für die turbulenzarme Luftführung aus der Stufenfront sind die Stufenquellauslässe Q-SL 27 und Q-SR 28 geeignet. Diese Luftdurchlässe werden wie der Stufendrallauslass direkt in die Stufenfront eingebaut und ist mit rechteckiger oder runder Frontplatte lieferbar. Die rechteckige Form wird bevorzugt in Räumen mit hohen Ansprüchen an die Raumakustik und die thermische Behaglichkeit eingesetzt. Wogegen der runde Stufenquellauslass häufig in Hörsälen und Sportstätten Verwendung findet.

In Versammlungsräumen mit ebenem oder leicht geneigtem Boden wird in Verbindung mit einer festen Bestuhlung häufig eine Lösung gewählt, wo der Luftdurchlass Bestandteil des Stuhls ist. Hier kann z. B. der Stuhlquellauslass Q-ST 29 eine Option darstellen. Der Stuhlquellauslass Q-ST ist für den Anschluss an einen Druckboden konzipiert. Das tragende, runde Stuhlbein ist als luftführender Lochblechzylinder ausgebildet. Die radial austretende Zuluft strömt mit sehr niedriger, gleichmäßiger Geschwindigkeit turbulenzarm in niedriger Höhe über den Fußboden. Mit diesem Luftdurchlass können auch große Luft-Volumenströme bis 50 m^3/h problemlos eingebracht werden.

Theater am Kornmarkt, Bregenz / A

Referenzen

Theater am Kornmarkt, Bregenz

Im Theater am Kornmarkt in Bregenz wurden Produkte von Krantz eingesetzt, und zwar im Foyer

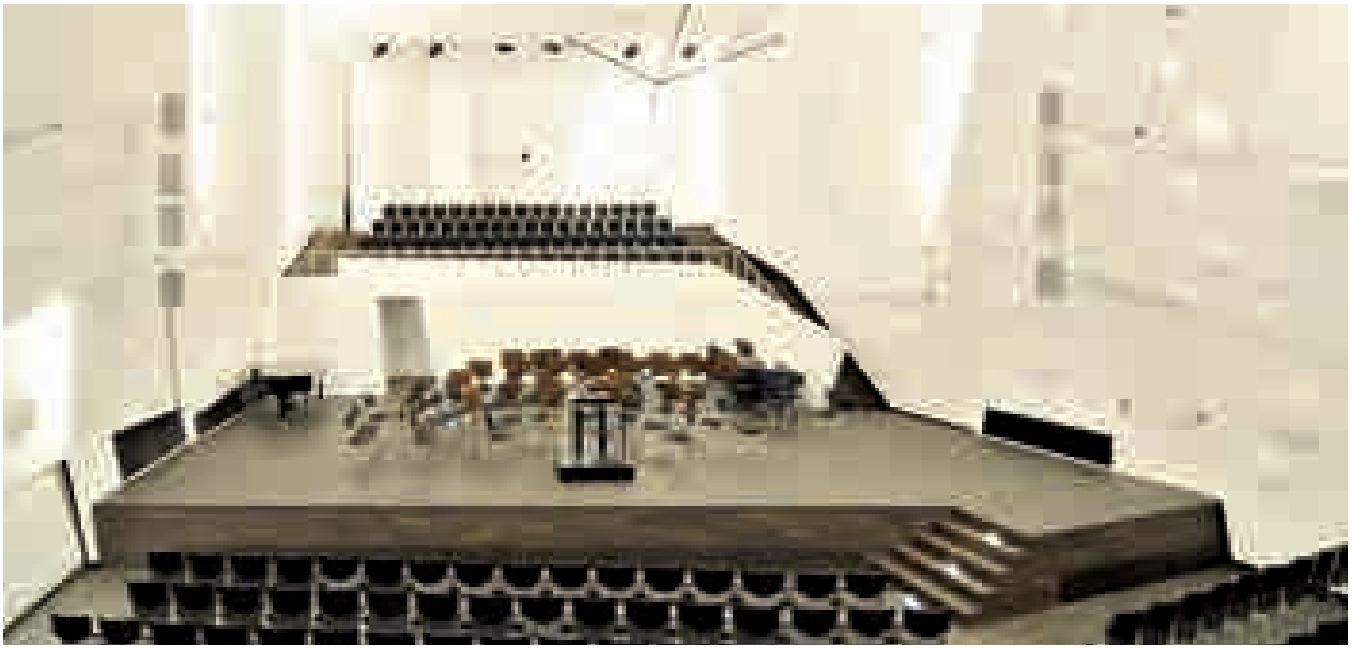
- Deckendrallauslässe DD-N
- Lineare Wirbelauslässe WL

und im Theaterraum selbst

- Stuhlquellauslässe Q-ST und
- Stufendrallauslässe DS-DD

Stuhlquellauslass Q-ST

Stufendrallauslass DS-DD



Hochschule für Musik Carl Maria von Weber, Dresden

Referenzen

Hochschule für Musik
Carl Maria von Weber, Dresden

Die Hochschule für Musik Carl Maria von Weber in Dresden ist eine staatliche berufsbildende Einrichtung auf Universitätsniveau. Als privates Konservatorium am 1. Februar 1856 gegründet, erlangte sie nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs den Status einer Hochschule. Derzeit studieren an dem Institut etwa 600 Studenten.

Schwerpunkte der Arbeit liegen u. a. in der Orchesterausbildung, die unter Einbeziehung zahlreicher Musikerinnen und Musiker aus den beiden großen Orchestern Dresdens stattfindet, sowie in der Opernklasse mit der Erarbeitung zweier kompletter Inszenierungen pro Studienjahr. Die Fachrichtung Jazz/Rock/Pop wurde im Herbst 1962 begründet und ist die älteste ihrer Art in Deutschland.

Krantz lieferte:

Rechteckige Quellauslässe Q-R
für den Bühnenbereich,
Bodendrallauslässe DB-E und
Rechteckige Stufenquellauslässe Q-SL
für den Zuschauerbereich eines
Konzertsaals.

Bodendrallauslass DB-E

Stufenquellauslass Q-SL

Fotograf: Luc Saalfeld FOTOGRAFIK,
BBK / Sächsischer Künstlerbund, Dresden
(Fotos Seite 17)

Bolshoi-Theater, Moskau / RUS

Referenzen

Bolshoi-Theater, Moskau

Für die klimatechnische Sanierung des Bolshoi-Theaters wurden zur Optimierung des Planungsprozesses und zur Erzielung bestmöglicher Ergebnisse vorab umfangreiche CFD-Berechnungen durchgeführt und von Labormessungen begleitet. Zur Beherrschung der Komplexität wurden drei vereinfachte CFD-Modelle entwickelt:

- das Einzelperson/Auslass-Modell
- das Balkon-Modell und
- das "Top Level Seats" Modell

Mit dem Einzelperson/Auslass-Modell wurden insbesondere Bodendrall- und Bodenquellauslässe untersucht. Lufttemperatur- und -geschwindigkeitsverteilungen wurden berechnet.

Die Ergebnisse parallel durchgeführter Vergleichsmessungen dienten zur Validierung der Modelle und zur Kontrolle der Simulations- und Berechnungsergebnisse. Dabei wurden gute Übereinstimmungen zwischen CFD-Berechnungsergebnissen und Messwerten erzielt.

Die für das Bolshoi-Theater gewählte Vorgehensweise einer Kombination von CFD-Berechnungen und Laboruntersuchungen ist charakteristisch für große Projekte, bei denen ein positives Gesamtergebnis sicher erreicht werden soll.

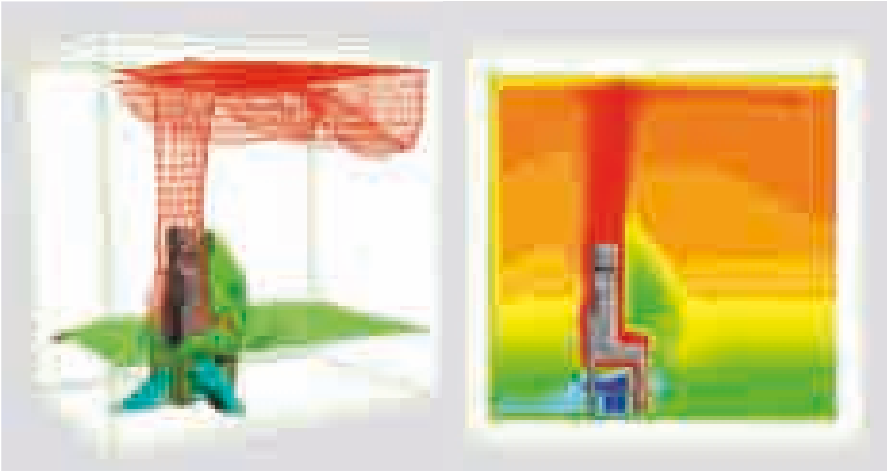
Bodendrallauslass DB-E

Bodenquellauslass Q-B

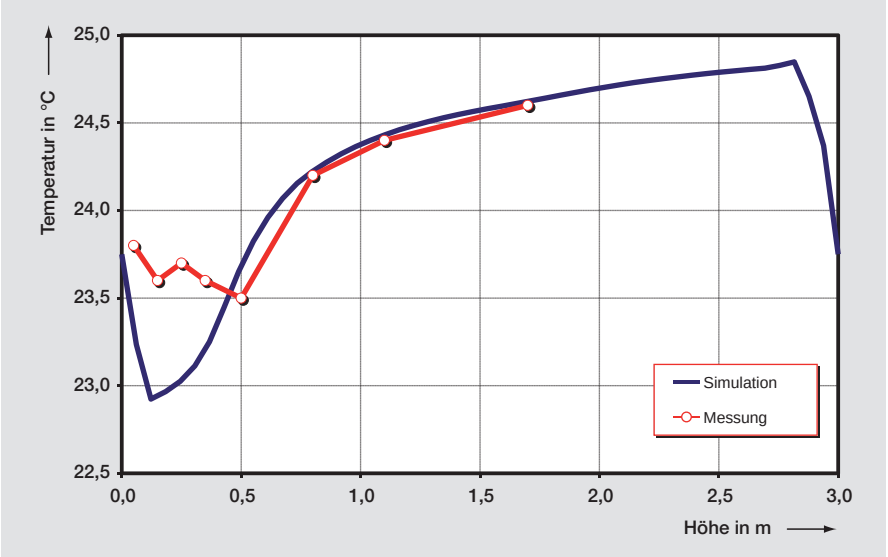
Experimentelle Untersuchungen für Bodendrallauslass DB-E und Bodenquellauslass Q-B

Referenzen

Bolshoi-Theater, Moskau



CFD-Simulation für sitzende Einzelperson mit Bodenquellauslass unter dem Sitz



Vergleich der CFD-Berechnungsergebnisse und der Messwerte

Eurogress Aachen, Europa-Saal

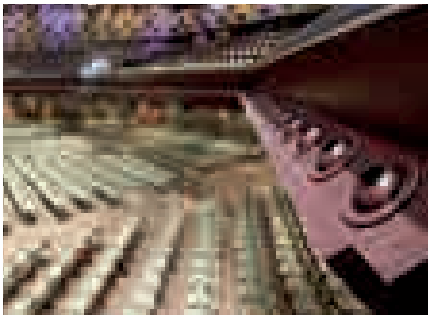
Referenzen

Eurogress Aachen, Europa-Saal

Das internationale Kongresszentrum Eurogress in Aachen wurde in den 70er Jahren errichtet. Im Jahr 2005 erfolgten die Renovierung und der Umbau des großen Saals (Europa-Saal). Die Wände erhielten eine Struktur aus gewölbten, mit Metallgewebe bespannten Paneelen, die ineinander greifen und an die Schuppenstruktur eines Fischs erinnern.

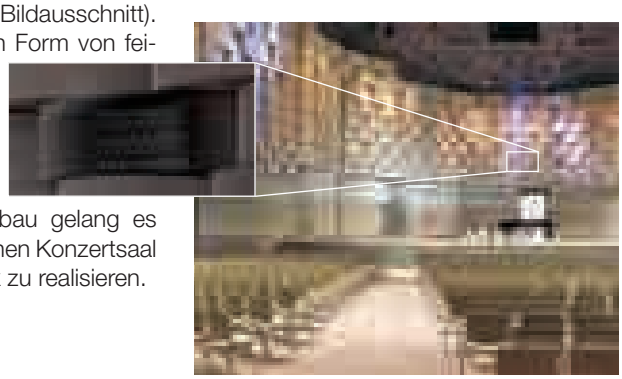
Für den Saal wurden verschiedene Luftführungssysteme miteinander kombiniert. An der Vorderkante der Empore wurden elektrisch verstellbare Weitwurfdüsen eingebaut. Der etwa 6 m tiefere Bereich unter der Empore wurde mit Zuluft aus linearen Decken-Luftauslässen versorgt. Auf der Empore erfolgte die Zuluftversorgung über lineare Quellauslässe, die in die Geländerbrüstung integriert wurden und die Zuluft mit geringer Geschwindigkeit nach oben ausblasen.

Im Bühnenbereich wurden hinter den Metallgewebe-Paneelen spezielle Fächerauslässe eingesetzt (s. Bildausschnitt). Damit konnte die Zuluft in Form von feinen, geneigten Düsenstrahlbündeln beliebig aufgefächert werden. Der Luft-Volumenstrom pro Person betrug 35 m³/h. Durch den Umbau gelang es auch, die für einen modernen Konzertsaal erforderliche Raumakustik zu realisieren.

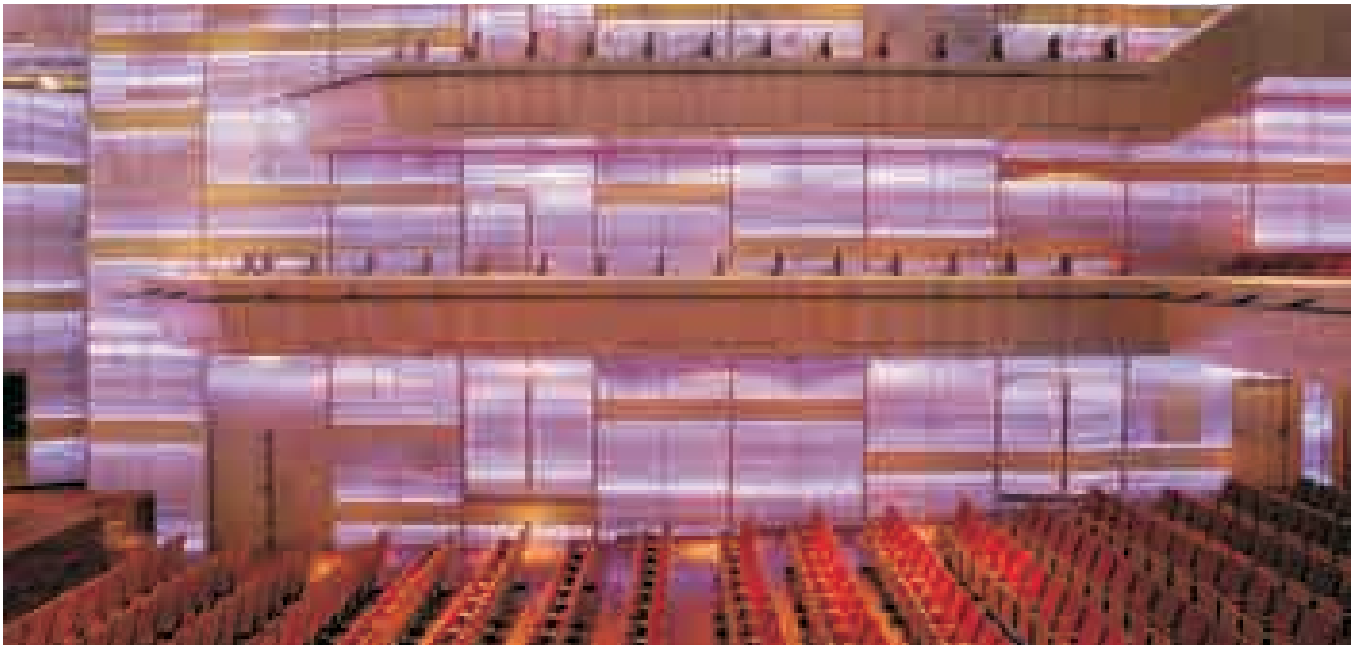


Schwenkbare Weitwurfdüse DW-V2

Kombination aus Rechteckigem Quellauslass und Linearem Stufenquellauslass mit integrierten Waben zur Lenkung der Luftrichtung



Fächerauslass im Bühnenbereich



Muziekgebouw aan ´t IJ Amsterdam / NL

Referenzen

Muziekgebouw aan ´t IJ
Amsterdam / NL

Das „Muziekgebouw aan ´t IJ“ ist ein Konzertsaal für zeitgenössische klassische Musik. Es liegt auf dem IJ in Amsterdam und wurde 2005 eröffnet. Die Decke, die Wände und der Fußboden sind flexibel und beweglich gestaltet. Krantz entwickelte für dieses Objekt Weitwurfdüsen in besonderen Ausblaskammern, die in die Seitenwände integriert wurden. Für den Saalbereich wurden modifizierte Stuhlquellauslässe geliefert. Der Konzertsaal besticht durch eine atemberaubende Akustik und sucht seinesgleichen weltweit.

Stuhlquellauslass Q-ST

Landtag NRW, Düsseldorf

Referenzen

Landtag NRW, Düsseldorf

Der Plenarsaal des Landtages von NRW wurde im Jahr 2012 komplett umgebaut und saniert. Man entschied sich für ein Luftführungskonzept, bei dem die Zuluft über spezielle Quellauslässe, die hinter der perforierten Holzverkleidung der Abgeordnetenpulte einzubauen waren, turbulenzarm in den Aufenthaltsbereich der Abgeordneten strömen sollte. In den Zuluftkanal, der unter dem Abgeordnetenpult unter sehr engen Platzverhältnissen mündete, mussten ein Volumenstrom-Konstanthalter und ein entsprechend extrem flacher Schalldämpfer untergebracht werden.

Krantz erhielt im Februar 2012 den Auftrag, gemeinsam mit der eigenen F+E eine spezielle Lösung zu entwickeln und die entsprechenden Komponenten zu fertigen und zu liefern. Hierfür wurden umfangreiche Raumströmungsversuche im Maßstab 1:1 sowie akustische Messungen durchgeführt.

Im Rahmen des Umbaus wurden insgesamt 285 Parlamentarierplätze mit jeweils 60 m^3/h Zuluft zugluftfrei versorgt, wobei ein anspruchsvoller Schalldruckpegel im Raum von unter 30 dB(A) eingehalten wurde.

Pultauslass in Sonderausführung

Raumströmungsversuche

Jassim Bin Hamad Stadion, Doha / Q

Referenzen

Al-Sadd Sports Club, Doha, Katar

Laut Entscheidung der FIFA-Kommission wird die Fußball-WM 2022 in Katar ausgetragen. Aufgrund der Nähe zum Persischen Golf ist das Klima ganzjährig schwül, subtropisch und heiß. Die Luftfeuchtigkeit liegt bei 85 %; im Sommer sind Temperaturen von 45 °C keine Seltenheit.

Krantz hat umfangreiche Erfahrungen bei der Klimatisierung von Event- und Sportarenen, so u. a. die Lanxess Arena in Köln, die Arena Oberhausen, die Eis Arena Wolfsburg, Sportarenen in Manchester und Birmingham sowie das Ericsson Globe in Stockholm. Bei diesen Arenen handelt es sich um geschlossene Veranstaltungshallen.

In Katar werden jedoch “offene“ Fußballstadien klimatisiert, um Spielern und Zuschauern zumindest die klimatischen Verhältnisse, die normalerweise herrschen, erträglicher zu machen.

Als eines der ersten Stadien wurde das Jassim Bin Hamad Stadion des Al-Sadd Sports Clubs in Doha mit Luftdurchlässen von Krantz klimatisiert, d. h. mit gekühlter Frischluft versorgt.

Das mit dem Fachplaner ausgearbeitete Luftführungskonzept beinhaltet ein Kanalsystem an der Längsseite des Spielfeldes, das gekühlte Zuluft gleichmäßig auf das Spielfeld bläst. Unter den Zuschauersitzen wurden insgesamt 39 000 Stufenquellauslässe Q-SR DN 50 installiert, die über eine Druckkammer lufttechnisch versorgt werden. Die Einblastemperatur beträgt 19 °C, der Volumenstrom pro Auslass 20 m^3/h, wobei pro Sitz 3 Auslässe installiert wurden. Die gekühlte Luft wird hinter der Rückenlehne ausgeblasen. Ein Teil der Luft strömt radial und ein Teil vertikal aus. Der Zuschauer sitzt also komplett in einem gekühlten Umfeld.

Das Jassim Bin Hamad Stadion ist somit der Prototyp klimatisierter “offener“ Stadien, in dem sich die Krantz Mikro-Technologie bewährt hat.

Stufenquellauslass Q-SR DN 50

Bodenquellauslass, Q-B-DN 200,
Congress Centrum, Frankfurt a. M.

Konzerthaus Sheffield, Großbritannien

Resümee

Bei der Planung von Versammlungsräumen stellen sich häufig neben den baulichen und architektonischen auch klimatechnische und raumakustische Herausforderungen, die anspruchsvolle Lösungen erfordern. Mikroklima-Technologien und -produkte sind hierfür oft besonders gut geeignet. Sie ermöglichen Energieeffizienz und Behaglichkeit in einem und bieten die Chance, den Prozentsatz von unzufriedenen Personen zu reduzieren. Die wachsenden Anforderungen an die Raumakustik werden durch speziell entwickelte Komponenten erfüllt und häufig sogar übertroffen.

Bei Krantz steht ein breites ausdifferenziertes und ausgereiftes Produktportfolio für Mikroklima-Systeme zur Verfügung (Tabelle Seite 12). Es wird permanent durch neue Produkte ergänzt. Auf der Website **www.krantz.de** sind die meisten Produktinformationen zu finden. Für weitergehende Informationen und projektbezogene Planungen sind einerseits die Vertriebsbeauftragten oder Auslandsvertretungen und andererseits das Produktmanagement Luftführungssysteme von Krantz ansprechbar.

*Weitere Informationen zu **Luftführungssysteme** finden Sie hier!*

*Weitere Informationen zu **Luftführungssysteme für Versammlungsräume** finden Sie hier!*

Autoren:
Dr. Helmut Franzen
Andre Göbel
Dietmar Rossbruch

Krantz GmbH
Uersfeld 24, 52072 Aachen
Deutschland
Tel.: +49 241 441-1
Fax: +49 241 441-555
info@krantz.de
www.krantz.de