

Zehnder COMO Decken-Kühl- und -Heizsystem Planungsunterlage

zehnder



Allgemeines

1. Aktuelle Situation	05		
2. Zehnder COMO: eine Übersicht	05		
3. Grundlagen und Funktionsweise der Zehnder COMO Platte	06	3.1. Heizwirkung	06
		3.2. Kühlwirkung	07
4. Energetische Betrachtung	07		
5. Finanzielle Seite	08	5.1. Investitionskosten	08
		5.2. Energiekosten	08
6. Kombination mit anderen Systemen	09		
7. Behaglichkeitskriterien	10		
8. Decken-Heizsysteme und Behaglichkeit	12		

Zehnder COMO: Produkt-Beschreibung

1. Aufbau des Einzelementes	17		
2. Ausführungen	18	2.1. Zehnder COMO Band	18
		2.2. Zehnder COMO Segel	19
		2.3. Zehnder COMO Geschlossene Decke	19
3. Oberflächen	20		
4. Aufhängung und Befestigung	21		
5. Schallabsorption	22		
6. Sonderlösungen	23	6.1. Deckenausschnitte	23
		6.2. Gehrungsschnitt	24
		6.3. Ballabweishaube	24
		6.4. Staubschutzblech	24
7. Transportschutz	24		
8. Zehnder COMO Produktvorteile	25		

Technische Daten zur Auslegung

1. Ermittlung der Unter- u. Übertemperatur	27		
2. Zehnder COMO Heiz- und Kühlleistung	30		
3. Technische Daten	32	3.1. Auf einen Blick	32
		3.2. Minimaler Wasserstrom	33
		3.3. Taupunkt-Unterschreitung	33
		3.4. Ballwurfsicherheit	33
		3.5. Abmaße	34
		3.6. Anschluss-Möglichkeiten	36
		3.7. Auslegungs-Beispiel	37
		3.8. Druckverlust-Berechnung	39
4. Ausschreibungstext Zehnder COMO	42		

Zeichenerklärung		Physikalische Einheiten
t_s Strahlungstemperatur [°C]	t_{kVL} Kältevorlauftemperatur [°C]	Grad Celsius [°C]
t_L Lufttemperatur [°C]	t_{kRL} Kälterücklauftemperatur [°C]	Kelvin [K]
t_U Umgebungstemperatur [°C] = gemittelte Strahlungstemperatur aller Umgebungsflächen [°C]	$\Delta t_{\text{Über}}$ Übertemperatur [K] Δt_{Unter} Untertemperatur [K]	Kubikmeter [m ³] Meter [m]
$t_i = t_E$ Innentemperatur = empfundene Temperatur [°C]	Q Leistung [W]	Millimeter [mm]
t_a Außentemperatur [°C]	q spezifische Leistung [W/m ²]	Pascal [Pa]
t_{HVL} Heizungsvorlauftemperatur [°C]	c spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Kilogramm [kg]
t_{HRL} Heizungsrücklauftemperatur [°C]	k Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² ·K)]	
	ϵ Emissionskoeffizient [-]	
	A Fläche [m ²]	



Allgemeines

1. Aktuelle Situation

Die Wärmeschutzverordnungen bedingen immer besser isolierte Gebäude. Damit sinkt der Wärmebedarf zu ihrer Beheizung. Was die CO₂-Emissionen sowie die Energiekosten erheblich reduziert.

Zugleich ergibt sich durch die hochwertige Isolation des Gebäudes ein neues Problem: Die überschüssige Wärme kann in den Übergangszeiten und im Sommer – besonders nachts – nicht mehr über Transmission aus dem Gebäude abgeführt werden. Hinzu kommt eine hohe innere Wärmelast: Denn technische Geräte und Personen, die im Gebäude arbeiten, lassen die Raumtemperatur noch weiter ansteigen. Daraus resultiert eine hohe Kühllast, die aus dem Gebäude abgeführt werden muss.

Den Anforderungen an einen angenehm gekühlten Raum wird daher in Zukunft eine immer größere Bedeutung zukommen. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, hat Zehnder das neue System Zehnder COMO entwickelt, zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden in Einem. Dabei nutzt Zehnder COMO („Cooling Module“) alle Vorteile der Strahlungsheizung, die der Marktführer Zehnder seit vielen Jahrzehnten anbietet.

2. Zehnder COMO: eine Übersicht

Zehnder COMO wurde speziell für die Kühlung und Beheizung von Räumen mit normalen Raumhöhen (z. B. Büroräume) konzipiert. Selbstverständlich eignet sich das System aber auch für Hallen bis über 30 m Höhe. Verschiedene Zehnder COMO Ausführungen und Bauarten decken die unterschiedlichen Einsatzgebiete ab. Und bieten immer die passende Optik. Egal, ob im Büro oder in der Produktionshalle: Leistungsfähigkeit und Qualität von Zehnder COMO bewegen sich stets auf höchstem Niveau.

Alle Zehnder COMO Ausführungen basieren auf ein und demselben Einzelelement, der Zehnder COMO Platte. Unterschiedlich zusammengesetzt, entstehen aus ihr die folgenden Ausführungen:

a) Zehnder COMO Band: für den Einsatz in Hallen (z. B. Lager- und Produktionshallen, Sport-, Wartungshallen und Werkstätten). Bei den Bändern verdecken Zwischenblenden die Verbindungsstellen zwischen den Einzelementen. So entstehen optisch durchgehende, lange Bänder.

b) Zehnder COMO Segel: Sollen Teilflächen einer Decke belegt werden, eignet sich ein Segel sehr gut. Seine Abmaße sind flexibel und individuell wählbar.

c) Zehnder COMO Geschlossene Decke: Sollen Räume eine geschlossene Decke erhalten, werden mehrere Einzelemente zu einer homogenen, flächigen Decke angeordnet. Natürlich lassen sich dabei Ausschnitte für Lampen, Luftauslässe und Ähnliches integrieren.

3. Grundlagen und Funktionsweise der Zehnder COMO Platte

Eine kurze Erläuterung der drei möglichen Arten der Wärmeübertragung soll helfen, die Funktionsweise von Zehnder Strahlplatten besser zu verstehen:

a) Die Wärmeleitung: Die Wärme wird innerhalb eines Körpers durch intermolekulare Wechselwirkung (Schwingung) weitergeleitet. Die Teilchen befinden sich zueinander in Ruhe. Beispiel: Berührung eines heißen Gegenstandes.

b) Die Konvektion: Die Wärme fließt von einem bewegten Medium (Flüssigkeit oder Gas) an einen festen Körper oder umgekehrt, z. B. von der Luft an eine Wand. Die Teilchen befinden sich zueinander in Bewegung. Beispiel: Hand über einen Heizkörper (Konvektor) halten.

c) Die Strahlung: Die Wärmestrahlung transportiert Energie mittels elektromagnetischer Wellen. Die Wärmeübertragung erfolgt von einem Körper zum anderen ohne materielle Träger. Beispiel: Im T-Shirt bei 0° C auf einem schneebedeckten Berg in der Sonne sitzen und sich behaglich warm fühlen.

Zehnder Strahlplatten beruhen zum Großteil auf dem Prinzip der Strahlung. Nur ein geringer Teil der Wärmeabgabe bzw. Wärmeaufnahme erfolgt mittels Konvektion.

3.1. Heizwirkung

Deckenstrahlplatten geben ihre Wärme zu 70% als Strahlungswärme ab. Der Rest überträgt sich durch Berührung an die umgebende Luft (Konvektion).

Wärmestrahlung ist eine Eigenschaft aller Körper, abhängig von Oberflächen-Beschaffenheit und -Temperatur. Strahlungswärme überträgt sich durch elektromagnetische Wellen (im Infrarotbereich), welche die Luft nahezu verlustfrei durchdringen. Treffen die Wellen auf feste oder flüssige Materie, wandeln sie sich in Wärme um. Bestes Beispiel: ein sonniger Wintertag. Obwohl die Luft sehr kalt ist, empfindet man die Sonnenstrahlen als sehr warm und angenehm.

Das Temperaturempfinden des Menschen wird durch den Wärmeaustausch der im Körper erzeugten Wärme und der Umgebung bestimmt. Sind Räume unzureichend beheizt, ist der Wärmeentzug des Körpers zu hoch und der Mensch empfindet die Raumtemperatur als zu niedrig. Die Wärmebilanz lässt sich aber sowohl durch Anhebung der Lufttemperatur als auch durch Zustrahlung von Wärmeenergie ausgleichen. Für das Behaglichkeitsempfinden spielt die Weise des Wärmebilanz-Ausgleiches in weiten Bereichen keine Rolle. Strahlungsheizungen erzielen den Ausgleich der Wärmebilanz durch eine erhöhte Strahlungstemperatur (Umgebungstemperatur) des Raumes bei niedrigerer Lufttemperatur. Dadurch lässt sich wertvolle Energie sparen.

Für die Innentemperatur t_i bzw. die empfundene Temperatur t_E kann mit guter Näherung der Mittelwert aus Lufttemperatur t_L und mittlerer Oberflächentemperatur t_U der Raumumgebung angesetzt werden.

Empfundene Temperatur $t_E =$

$$\text{Innentemperatur } t_i = \frac{(t_u + t_L)}{2}$$

3.2. Kühlwirkung

Die Funktion der Kühldecken basiert auf den gleichen physikalischen Grundlagen wie die der Deckenstrahlplatten. Da die Kühldecke im Strahlungsaustausch mit den wärmeren Flächen steht, geben die wärmeren Flächen einen Teil ihrer Wärme durch Strahlung an die Kühldecke ab. Die Aufnahme dieser Strahlungswärme entspricht ca. 60%. Die restlichen ca. 40% der Wärmeaufnahme durch die Decke basieren auf Konvektion. Dabei steigt die warme Raumluft aufgrund des Dichteunterschiedes nach oben, strömt an der Decke entlang und gibt an der Decke die Wärme an die Kühldecke ab. Die abgekühlte Luft strömt – wieder aufgrund des Dichteunterschiedes – in den Raum zurück. Das Verhältnis von Strahlung und Konvektion hängt im Wesentlichen von der eingesetzten Deckenart und der Umgebungstemperatur der Kühlflächen ab.

Auch die Kühldecke ermöglicht eine Energieeinsparung: Denn durch die geringeren Oberflächentemperaturen der Umgebung kann die Lufttemperatur bei gleicher empfundener Temperatur höher liegen als z. B. bei einer reinen Luftkühlung.

4. Energetische Betrachtung

Weil die empfundene Temperatur das arithmetische Mittel aus Raumluft- und Umgebungstemperatur ist, kann bei einer Anhebung (Heizfall) bzw. Absenkung (Kühlfall) der Umgebungstemperatur die Raumlufttemperatur geringer bzw. höher gehalten werden. Das Fazit: ein geringerer Transmissions-Wärmestrom dank der geringeren Temperatur-Differenz zwischen Raumluft- und Außentemperatur – und damit reduzierte Energiekosten.

Das Sparen von Energie umfasst sowohl den Heizfall als auch den Kühlfall. Mehr noch: Im Vergleich zu einer reinen Luftheizung bzw. -kühlung erweist sich der Energiespar-Effekt des Zehnder Decken-Kühl- und -Heizsystems als weitaus rentabler, da die Zulufttemperatur nochmals höher bzw. tiefer liegt als die Rauminnentemperatur.

Energieverbrauchs-Vergleiche sprechen in wichtigen Gesichtspunkten für das Zehnder Decken-Kühl- und -Heizsystem:

- Lufttemperatur kann um bis zu 3 K tiefer (Heizfall) bzw. höher (Kühlfall) sein.
- Sehr geringe Temperatur-Schichtung.
- Sehr gute Regelfähigkeit des Systems durch stetige Temperatur-Regelung.
- Kein Verlust durch Zweipunktverhalten.
- Kurze Aufheiz- und Abkühlzeit des Systems durch geringe Speichermassen.
- Kaum Energieverteilverluste dank sehr geringer Temperatur-Differenz zwischen Raum- und Mediumtemperatur.
- Verschwindend geringe Unterhalts- und Wartungskosten.

5. Finanzielle Seite

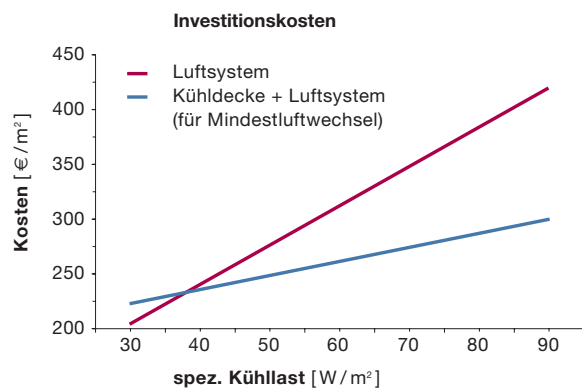
Ein wichtiges Kriterium für die Auswahl eines Systems bilden nicht zuletzt die Kosten, genauer: die Investitions- und die Energiekosten. Die Investitionskosten stellen in der ersten Phase eine wichtige Größe für den Bauherrn dar. Oftmals entscheidet dieser selbst, ob ein Projekt realisiert bzw. mit welchem System ein Objekt ausgestattet wird. Insbesondere aber muss den Energiekosten künftig das Augenmerk gelten: Denn die Energiepreise steigen stetig. Gerade, wenn das Objekt später vermietet werden soll, bilden geringe Nebenkosten einen wichtigen Faktor zur Steigerung seiner Attraktivität.

5.1. Investitionskosten

Die Investitionskosten für die Klimatisierung von Gebäuden hängen von mehreren Bedingungen ab. Im Wesentlichen von Kühlbedarf, Art des Kälteverteil-Systems und der Kälteerzeugung, Ansprüchen an Behaglichkeit, baulichen Gegebenheiten und architektonischen Anforderungen.

Zehnder COMO eignet sich besonders für große Kühllasten bei maximalem Komfort und ansprechender Optik. Anders als „Nurluftanlagen“ ermöglicht die geringe Bauhöhe des Zehnder COMO Systems vor allem das Realisieren von niedrigeren Geschosshöhen. Was die Investitionskosten des Gebäudes deutlich senkt. Eine weitere Kostenreduzierung entsteht durch den möglichen Verzicht auf zusätzliche Technikräume und Installationsschächte: Denn umfangreiche Lüftungsanlagen und -kanäle entfallen dann.

Das folgende Diagramm zeigt die Investitionskosten für verschiedene Kälteverteilssysteme in Abhängigkeit der spezifischen Kühllast.



5.2. Energiekosten

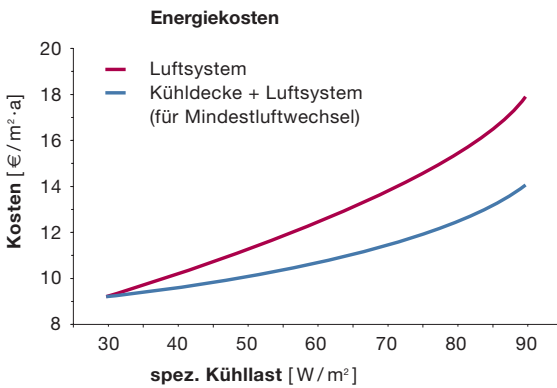
Die Energiekosten richten sich wesentlich nach der Art des Energiesystems und der Energieerzeugung. Die Energiesysteme unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Wärmeabgabe bzw. Wärmeaufnahme. Diese wiederum beeinflusst die Kosten für eine eventuell notwendige Antriebsenergie für einen Ventilator, für Wartung und Instandhaltung.

Zehnder COMO spart gegenüber den „Luftsystemen“ erstens genau diese Kosten. Und dazu zweitens Energiekosten: nämlich durch die geringere Lufttemperatur des Systems bei gleicher Empfindungstemperatur. Drittens zeigen sich auch bei der Energieerzeugung energetische Unterschiede und somit geringere Energiekosten. Benötigt das Energiesystem „Luftsystem“ ein sehr geringes Temperaturniveau, so liegen z. B. die Gestehungskosten deutlich höher als bei einem höheren Temperaturniveau. Ein höheres Temperaturniveau lässt sich jedoch auch problemlos auf anderem Wege erreichen: durch die kosten-

6. Kombination mit anderen Systemen

günstige freie Lüftung und alternative Energiequellen wie z. B. Grundwasser, Erdkälte u. a. So kann gegebenenfalls auch eine klassische Kältemaschine entfallen.

Das folgende Diagramm gibt einen Überblick über die Energiekosten der verschiedenen Energiesysteme in Abhängigkeit von der spezifischen Kühllast.



Größere Gebäude erfordern es eventuell, den benötigten Mindestluftwechsel mittels mechanischer Lüftung zu realisieren. Somit kann die schadstoffbelastete Luft über die Fortluft aus dem Gebäude abgeführt und die Zuluft über eine RLT-Anlage bezüglich der Feuchte konditioniert und dem Raum zugeführt werden. In Verbindung mit Zehnder COMO ist dies problemlos umsetzbar: Denn die Zuluft-Auslässe integrieren sich einfach in die Strahlplatte – als maßgeschneiderte Durchbrüche. Wichtig: Bei der Kombination von mechanischer Lüftung und Zehnder COMO, darf der tatsächlich nötige Luftaustausch nicht überschritten werden. Das Abführen der Kühllast bzw. die Abdeckung des Wärmebedarfs sollte Aufgabe der Strahlplatte bleiben. Nur so ist es möglich, die Nachteile des „Luftsystems“ durch die zahlreichen Vorteile der Strahlplatte zu ersetzen.

Mindest-Außenluftstrom (nach DIN 1946 Teil 2)

Raumart	Beispiele	Außenluftstrom	
		Personenbezogen m³/h	Flächenbezogen m³/(m² · h)
Arbeitsräume	Einzelbüro	40	4
	Großraumbüro	60	6
Versammlungsräume	Konzertsaal, Theater, Konferenzraum	20	10 bis 20
Unterrichtsräume	Lesesaal	20	12
	Klassen- u. Seminarraum, Hörsaal	30	15
Räume mit Publikumsverkehr	Verkaufsraum	20	3 bis 12
	Gaststätte	30	8

Richtwerte für Luftwechselzahlen bei Fensterlüftung

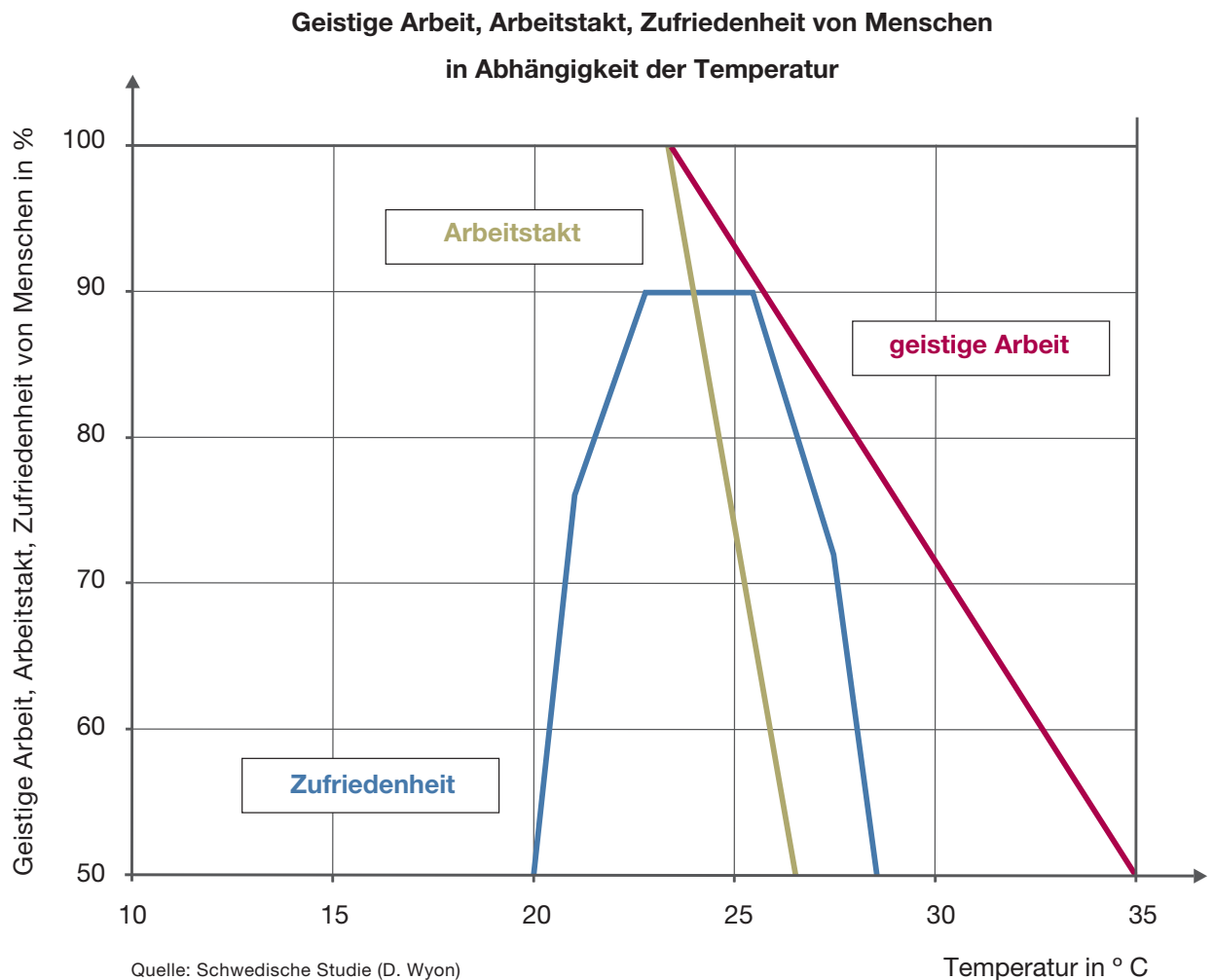
Fenster, Türen geschlossen	0 bis 0,5 pro Stunde
Fenster gekippt	0,3 bis 1,5 pro Stunde
Fenster halb offen	5 bis 10 pro Stunde
Fenster ganz offen	10 bis 15 pro Stunde
Fenster, Türen gegenüberliegend offen	bis 40 pro Stunde

7. Behaglichkeitskriterien

Der Mensch passt sich zwar wechselnden äußeren Luftzuständen an. Doch fühlt er sich in einem bestimmten, eindeutigen Bereich am wohlsten: dem Behaglichkeitsbereich. Allgemein versteht man unter Behaglichkeit das subjektive Wohlbehagen. Es setzt sich zusammen aus den objektiven Wechselbeziehungen und der Summe der subjektiven Wahrnehmungen durch die einzelnen Sinnesorgane. Daneben beeinflusst die psychische Verfassung des Einzelnen das persönliche Wohlbehagen.

Es gibt daher keine strengen Grenzen zu einer allgemein gültigen Definition des Behaglichkeitsbereiches. Außerdem spielen neben der Luft noch eine große Anzahl anderer Faktoren eine Rolle.

Das Raumklima in Aufenthaltsbereichen soll die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen positiv beeinflussen. Ziel ist ein Erhöhen der Leistungsfähigkeit und das Vermindern der Anfälligkeit gegen Krankheiten.



Sechs Punkte bestimmen die thermische Behaglichkeit wesentlich: Bekleidung, Aktivitätsgrad, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Lufttemperatur und ihre Gleichmäßigkeit, mittlere Umgebungstemperatur. Im Einzelnen:

I+II) Bekleidung und Aktivität. Die Bekleidung sowie den Grad der Aktivität bestimmt der Mensch, unabhängig vom Heizsystem.

III) Luftfeuchte ($30\% < \varphi < 65\%$ bezogen auf einen Feuchtegehalt von $11,5\text{g}/\text{kg}_{\text{trockener Luft}}$). Der Mensch verfügt über kein Sinnesorgan, das die Luftfeuchtigkeit unmittelbar wahrnimmt. Somit stellt er bei 22°C Raumlufttemperatur normalerweise keinen wesentlichen Unterschied zwischen 30% und 65% relativer Luftfeuchte fest. Der Körper gleicht durch Änderung des Wassergehalts an der Hautoberfläche unterschiedliche Luftfeuchten aus.

IV) Luftgeschwindigkeit (Turbulenzgrad). Die Luftbewegung prägt die thermische Behaglichkeit von Personen in besonderem Maße. Daher ist es wichtig, bestimmte Grenzwerte einzuhalten. Die der Luftgeschwindigkeit im Behaglichkeitsbereich hängen von der Lufttemperatur und vom Turbulenzgrad der Strömung ab. Zehnder COMO unterschreitet diese Grenzwerte sowohl im Kühl- als auch im Heizfall deutlich – dank seines hohen Strahlungs-Anteiles. Das bedeutet: Zehnder COMO schließt klassische Zugluft-Erscheinungen, wie man sie hauptsächlich von Lüftungssystemen kennt, aus.

V+VI) Lufttemperatur und ihre Gleichmäßigkeit sowie mittlere Umgebungstemperatur.

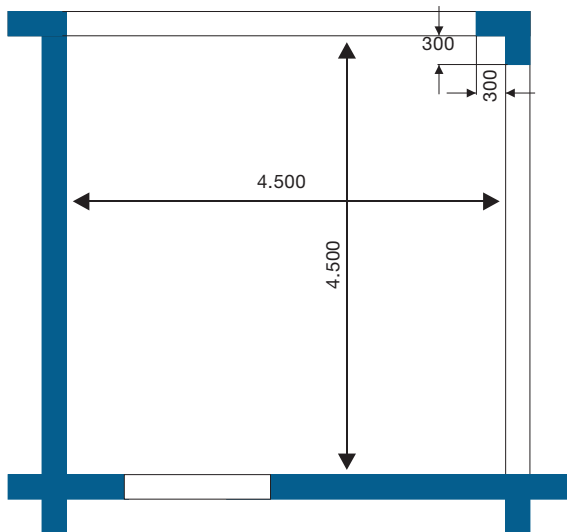
Wie bereits erwähnt, ist für die thermische Behaglichkeit die empfundene Temperatur maßgeblich. Und die tatsächlich empfundene Temperatur des Menschen ist der Mittelwert aus Lufttemperatur und mittlerer Umgebungstemperatur. Da durch den hohen Strahlungsanteil die Umgebungsflächen erwärmt bzw. gekühlt werden, kann die Lufttemperatur bei gleicher Empfindungstemperatur um bis zu 3K erhöht bzw. abgesenkt werden. Was Energie spart. Bei der Lufttemperatur ist neben dem Niveau auch der vertikale Temperaturgradient in der Aufenthaltszone für das Behaglichkeitsempfinden von Bedeutung. Dieser darf höchstens 2K je Meter Raumhöhe betragen. Auch hier arbeitet Zehnder COMO optimal: Es kann 2K pro Meter Raumhöhe weit unterschreiten.

Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn die Person mit der Temperatur, Feuchte und Luftbewegung in ihrer Umgebung zufrieden ist und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht (DIN 1946 Teil 2).

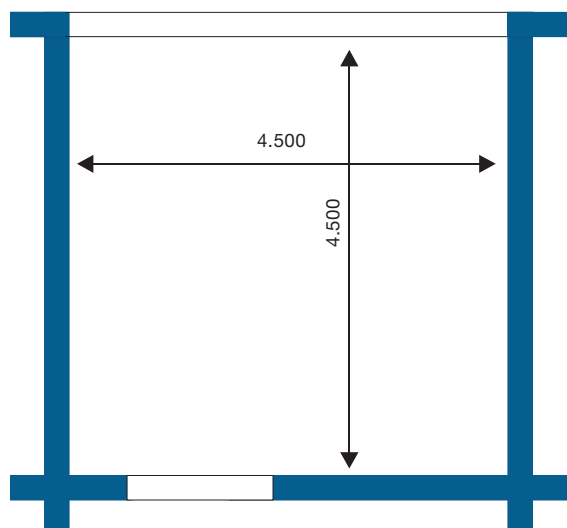
8. Decken-Heizsysteme und Behaglichkeit

Um Behaglichkeit bei der Beheizung von Räumen zu erreichen, müssen u. a. die Strahlungstemperatur-Asymmetrie und der Umgebungstemperatur-Unterschied beachtet werden. Konnten die dafür existierenden Grenzwerte aufgrund der schlechten Dämmung von Außenwänden und -fenstern früher kaum eingehalten werden, so ist heute dank des technischen Fortschrittes im Bereich Außendämmung das Beheizen des Raumes von der Decke möglich.

Grundriss Eckraum



Grundriss Normalraum



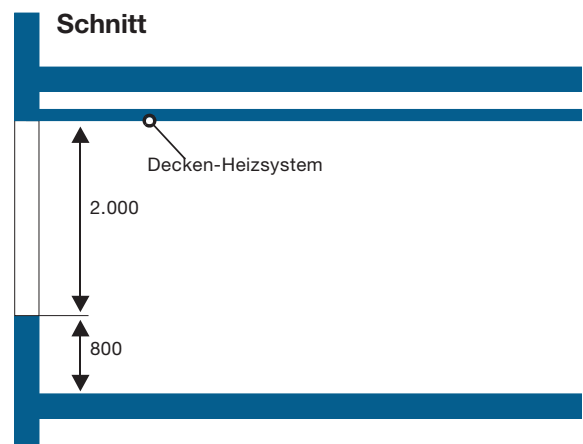
Welchen Randbedingungen (mittlerer k-Wert der Außenfassade) eine solche Beheizung genügen muss, untersuchte Prof. Dr. B. Glück mit einem wärmetechnischen und wärmephysiologischen Simulationsmodell auf der Grundlage von [1].

Untersuchungsmethodik: kurze Erläuterung und Übersichten

Glück verglich zwei Büroräume des flächengleichen Grundrisses (20,25 m²) mit einer Voldeckenheizung. Die Räume sind als Eckraum mit zwei Außenfassaden und als Normalraum mit einer Außenfassade in einem Geschossbau eingeordnet.

[1] B. Glück: Wärmetechnisches Raummodell – Gekoppelte Berechnungen und wärmephysiologische Untersuchungen. Heidelberg: C. F. Müller Verlag 1997.

Schnitt



Grundrisse und Schnitt der beiden betrachteten Beispierräume

Es gelten als **Grundparameter**:

- Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand $k = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Raumtemperatur (= Empfindungstemperatur) $t_E = 22^\circ \text{ C}$
- Außentemperatur $t_a = -12^\circ \text{ C}$
- Temperatur der Nachbarräume $t_R = 22^\circ \text{ C}$
- Quelllüftung mit $100 \text{ m}^3/\text{h}$ Luft, Zulufttemperatur $t_{L,zu} = 20^\circ \text{ C}$
- keine inneren Lasten
- Emissionskoeffizienten der raumseitigen Oberflächen $\varepsilon = 0,93$

Als **Variationsparameter** gelte der Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters k_F (Glas plus Rahmen):

$$k_F = 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$k_F = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$k_F = 3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Die im Berechnungsmodell verwendeten Prüfraster für die Bestimmung der wärmephysiologisch interessanten Temperaturen sind identisch mit den definierten Aufenthaltsbereichen nach DIN 1946 Teil 2 (Abstand zu Außenwänden 1 m; zu Innenwänden 0,5 m). Damit ist die Aufenthaltsfläche des Normalraumes größer als die des Eckraumes. Die Prüfhöhe liegt 1,3 m über dem Fußboden.

Die relevanten **Ergebnisse**:

- Verteilung der Strahlungstemperatur der Umgebung t_U über dem Grundriss
- Verteilung der Empfindungstemperatur (= operative Raumtemperatur) t_E über dem Grundriss
- Verteilung der Strahlungstemperatur-Asymmetrie über dem Grundriss
- Lufttemperaturgradient g_{Lt}

Es gelten die **Parameter**:

Δt_U	maximaler Unterschied der Umgebungstemperaturen
Δt_E	maximaler Unterschied der Empfindungstemperaturen
$\Delta t_{S,max}$	maximale Strahlungstemperatur-Asymmetrie
$\Delta t_{S,min}$	minimale Strahlungstemperatur-Asymmetrie
g_{Lt}	Lufttemperaturgradient

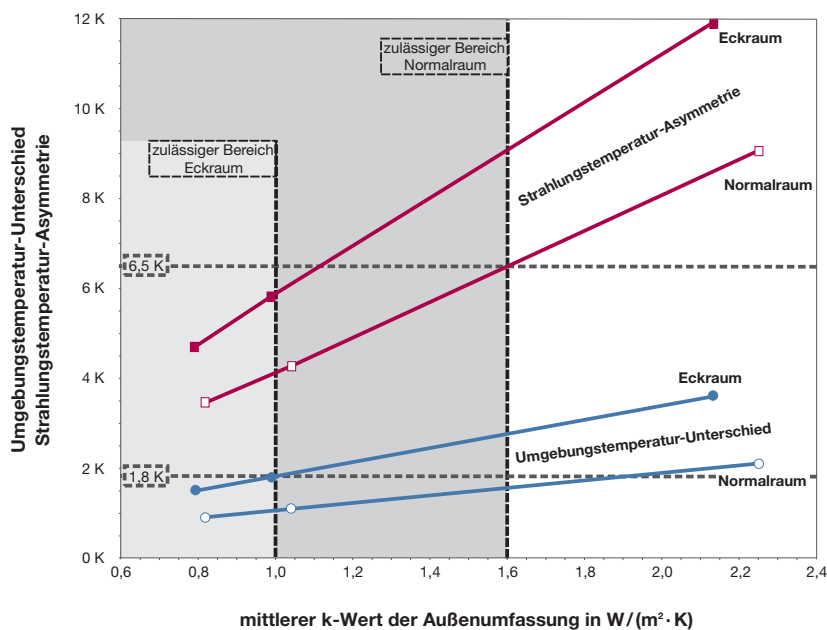
Tabellarische Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse

Raumart	k_F W/(m ² · K)	Δt_U K	Δt_E K	$\Delta t_{S,max}$ K	$\Delta t_{S,min}$ K	g_{Lt} K/m
Eckraum	1,3	1,8	0,9	5,8	2,8	0,4
	1,0	1,5	0,7	4,7	2,3	0,4
Normalraum	1,3	1,1	0,5	4,4	1,7	0,4
	1,0	0,9	0,4	3,6	1,4	0,4

Diagrammatische Darstellung ausgewählter Ergebnisse

Als charakteristischer Parameter wird der mittlere k-Wert der Außenwand einschließlich des Fensters als Flächenmittel gewählt:

$$k_{\text{mittel}} = \frac{\sum k_i A_i}{\sum A_i}$$

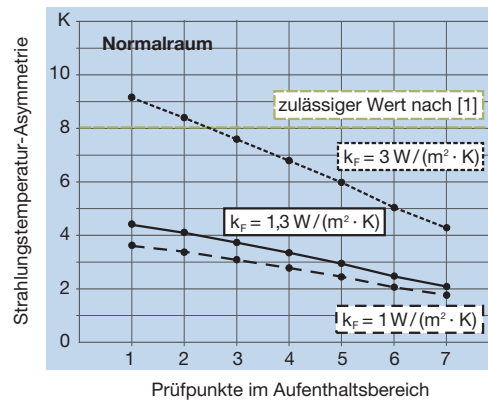
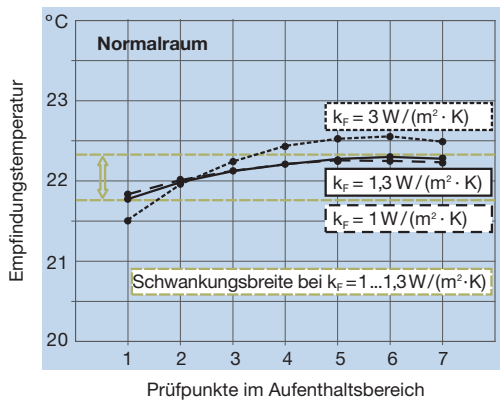
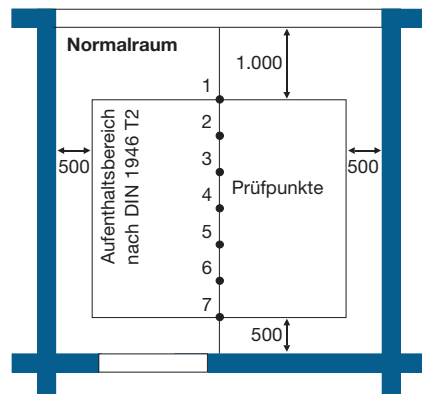
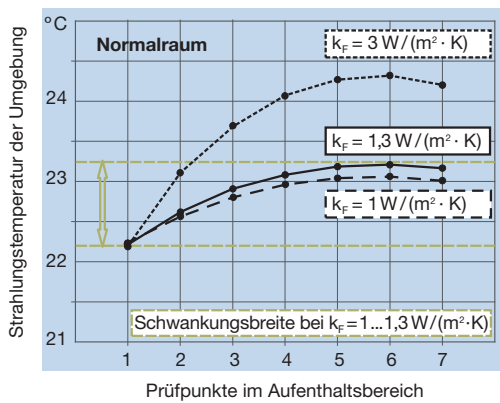


Strahlungstemperatur-Asymmetrie und Umgebungstemperatur-Unterschied in den untersuchten Räumen in Korrelation mit dem mittleren k-Wert der Außenwand (Wand plus Fenster) sowie zu erwartende Ergebnisse einer Verallgemeinerung für ähnliche Büroräume

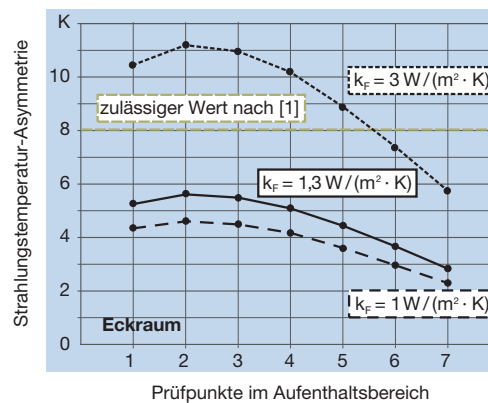
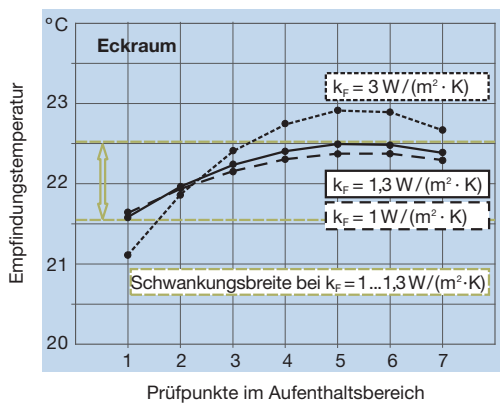
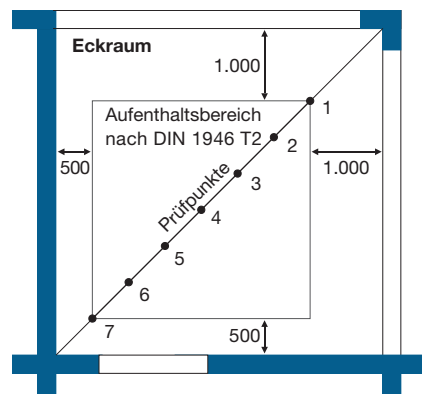
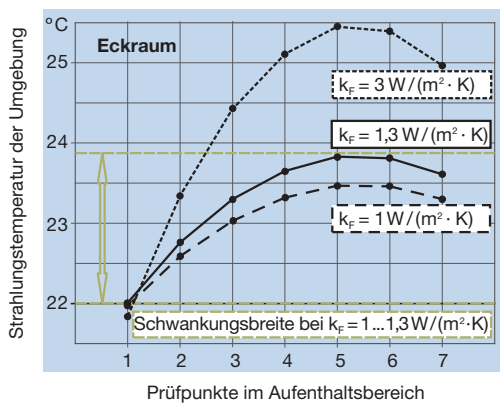
Gesamtergebnis

Thermische Behaglichkeit ist bei einem Normalraum gegeben, wenn der mittlere k-Wert der Außenwand $\leq 1,6$ W/(m² · K) und bei einem Eckraum $\leq 1,0$ W/(m² · K) ist. Die Randbedingungen, die dieser Untersuchung zu Grunde liegen, bilden wesentliche Bestandteile der Ergebnisse und müssen vergleichbar sein.

Detailergebnisse für den Normalraum



Detailergebnisse für den Eckraum



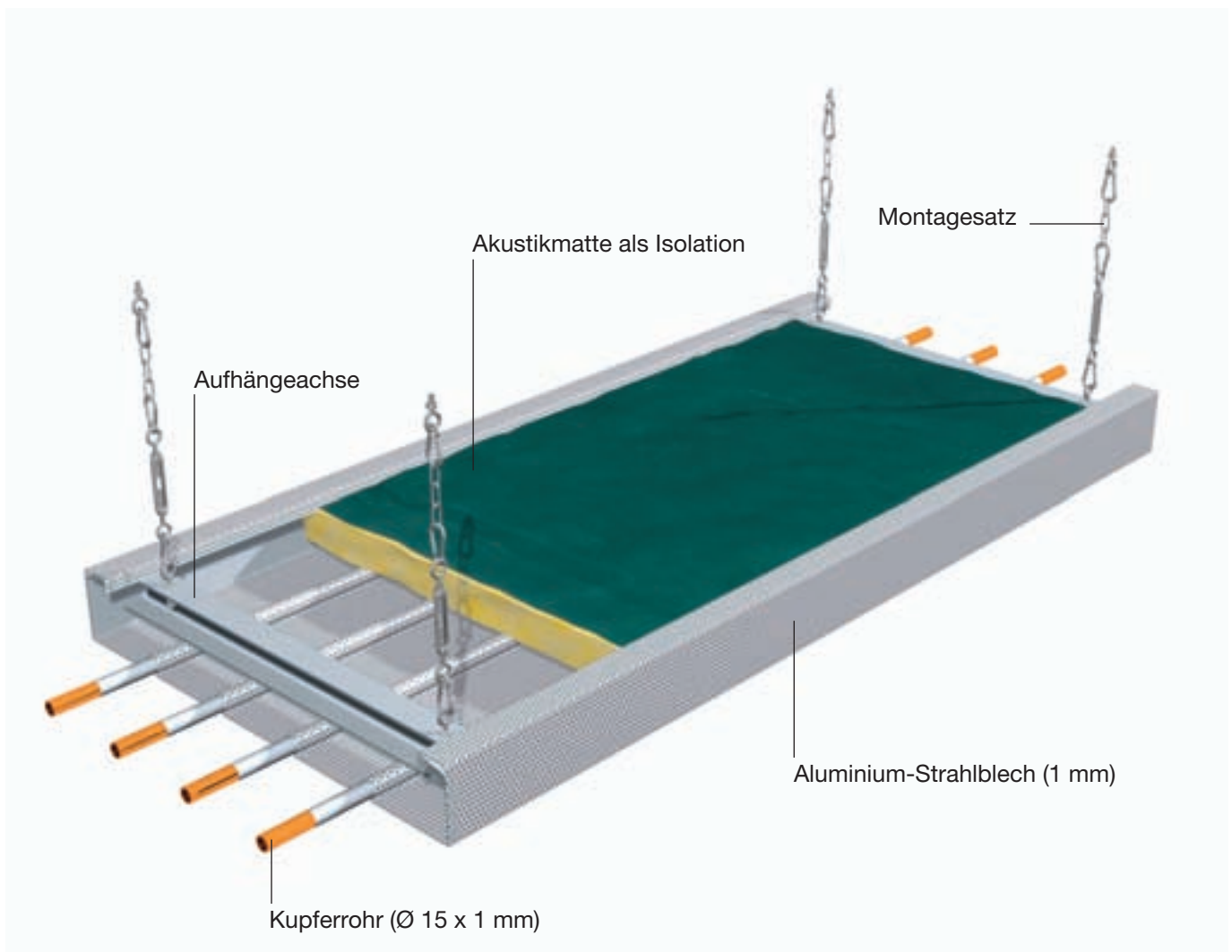


Zehnder COMO: Produkt-Beschreibung

1. Aufbau des Einzelementes

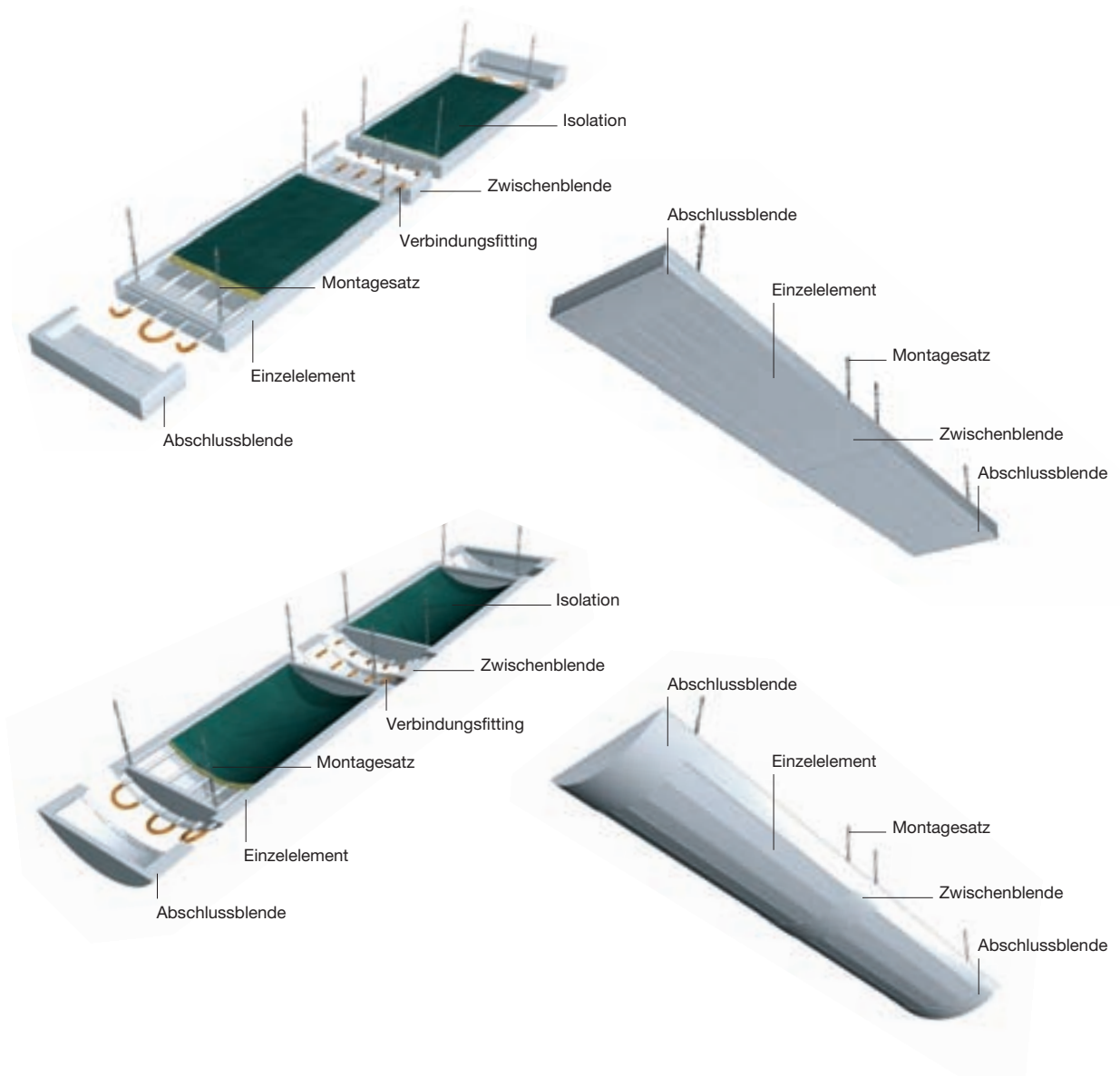
Die Zehnder COMO Decken-Kühl- und -Heizplatte besteht aus einem 1 mm dicken Aluminium-Strahlblech, in dem nahtlose Kupferrohre ($\varnothing 15 \times 1 \text{ mm}$) formschlüssig verpresst sind. Das Blech umschließt dadurch ca. 85% des Rohres und ermöglicht so einen idealen Wärmeübergang. Die Platten-Oberseite ist mit

einer 40 mm dicken Isolation ausgelegt. Diese dient der Wärmedämmung und der Schallabsorption in Verbindung mit einem gelochten Strahlblech. Seitliche U-Profile steifen die Platte aus, was die Anzahl der notwendigen Befestigungspunkte reduziert. Gleichzeitig verfügen sie über Innengewinde zur Montage der Platte an der Decke.



2. Ausführungen

Speziell für die Kühlung und Beheizung von Räumen mit 2,5 bis über 30 m Höhe entwickelt, gibt es Zehnder COMO in den bereits genannten Ausführungen Band, Segel und Geschlossene Decke. Alle drei Ausführungen bestehen aus jeweils mehreren Einzelementen mit einer maximalen Länge von ca. 3000 mm. Die Breite beträgt zwischen 300 und 900 mm, in Abstufungen von 100 mm. Die Einzelemente werden mittels Löt- oder Pressverbindungen zur gewünschten Ausführung zusammengefügt und die Verbindungsstellen durch eine Zwischenblende verdeckt. So bleibt die harmonische Optik erhalten.



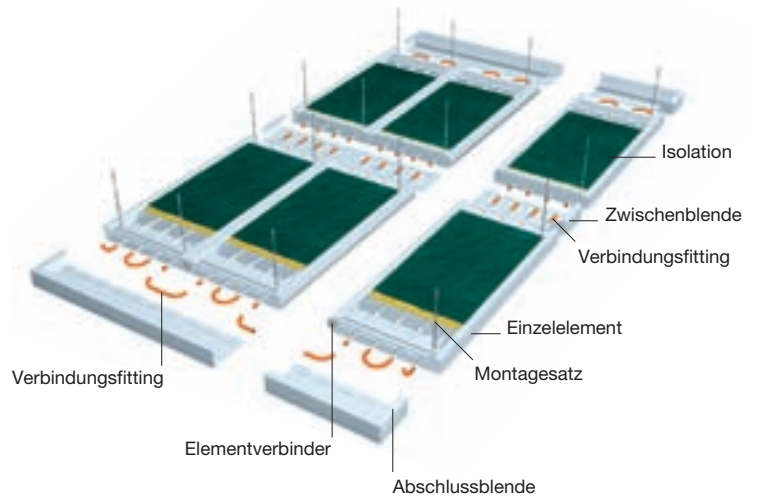
2.1. Zehnder COMO Band

Zehnder COMO Bänder bestehen aus hintereinander angeordneten Einzelementen. Mit durchgehender Optik. Die Bänder decken alle Einsatzgebiete vom industriellen Nutzungsbereich über die Schule bis zum Verkaufsraum ab: Produktions-, Lager- und Industriehallen, Sport- und Mehrzweckhallen, Unterrichtsräume, Bau- und Verkaufsmärkte, Ausstellungsräume und vieles mehr. Die Bänder sind auch in einer über die Baubreite gerundeten Form lieferbar (Zehnder COMO Convex).

2.2. Zehnder COMO Segel

Die Abmaße des Zehnder COMO Segels bestimmt der Bauherr, Handwerker, Architekt oder Planer. Optisch entsteht eine großzügige Fläche. Die variable Anordnung der Einzelelemente ermöglicht nahezu jedes gewünschte Abmaß.

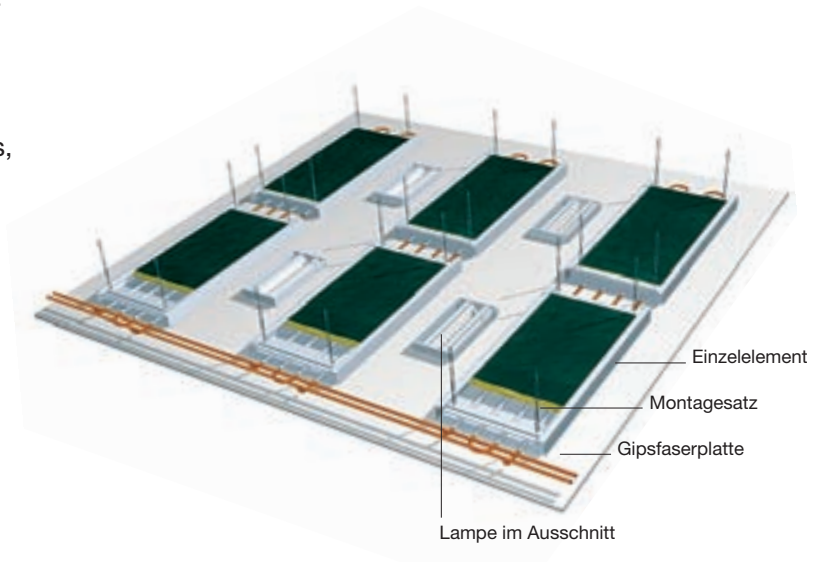
Die Einsatzbereiche erstrecken sich über die gesamte Nutzungsraum-Palette. Einige Beispiele: Büro- und Empfangsräume, Verkaufs-, Ausstellungs-, Veranstaltungsräume, Kantinen, Banken, Fitnessstudios, Konferenz-, Unterrichtsräume u. a.



2.3. Zehnder COMO Geschlossene Decke

Wie beim Zehnder COMO Segel gibt auch bei der Zehnder COMO Geschlossenen Decke der Kunde das Abmaß vor. Und auch hier gilt: Der variablen Anordnung der Einzelelemente verdankt sich die riesige Palette möglicher Abmaße. Der Wandanschluss zwischen der Zehnder COMO Decke und der Wand wird mit einer Abschlussblende verkleidet. Die Zehnder COMO Decke erlaubt auch eine konventionelle Gipskarton-Verkleidung.

Die Einsatzgebiete der Geschlossenen Decke reichen über verschiedenste Nutzungsbereiche wie z. B. Büros, Empfangsräume, Verkaufs- und Ausstellungsräume, Veranstaltungsräume, Kantinen, Banken, Fitnessstudios, Konferenz-, Seminarräume und mehr.



3. Oberflächen

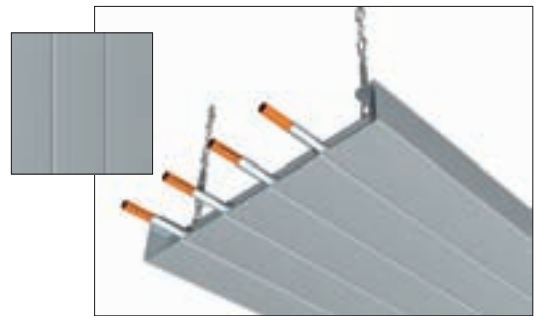
Die Zehnder COMO Platte kann mit **zwei verschiedenen Oberflächen-Beschaffenheiten** geliefert werden:

- mit **glatter Oberfläche**
- mit **perforierter Oberfläche**
(siehe auch 5.)

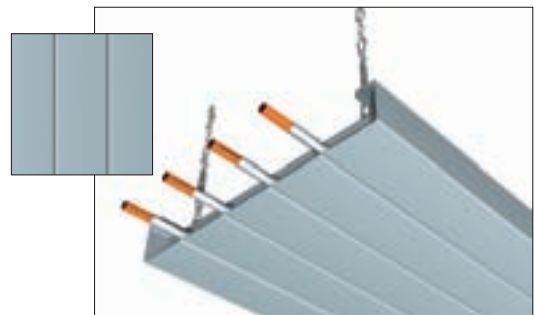
Die **Oberflächen-Beschichtung** gibt es ebenfalls **in zwei Ausführungen**:

- mit **Pulver-Einbrennlackierung**. Dazu werden die Platten nach der Verformung gereinigt und mit einer hochwertigen Pulver-Einbrennlackierung beschichtet. Vielfältige Farben stehen dabei zur Wahl. Standardfarbton ähnlich RAL 9016 (Verkehrsweiß). Andere RAL- oder NCS-Farbtöne auf Anfrage.
- mit **Gipskarton-Verkleidung**. Soll die Decke als Gipsfaserdecke ausgeführt werden, reicht es, die verformten Zehnder COMO Platten zu reinigen. Ohne weitere Oberflächen-Behandlung, können dann bauseits die Gipsfaserplatten auf die gereinigte Platte direkt aufgeschraubt werden.

Zu beachten ist: Die Gipsfaserplatten sind spezielle Thermo-Gipsfaserplatten, und die Vorlauftemperatur darf max. 45°C betragen (z. B. Knauf Thermoplaten K 713). Relevant sind die jeweiligen Herstellerangaben.



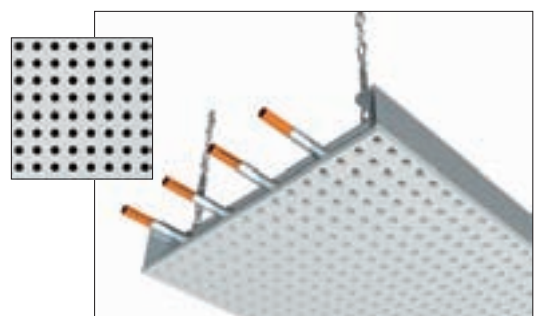
Zehnder COMO Deckenstrahlplatte: perforiertes, lackiertes Strahlblech



Zehnder COMO Deckenstrahlplatte: glattes, lackiertes Strahlblech



Glatte Zehnder COMO Deckenstrahlplatte hinter Gipskarton-Platte (bauseits)



Perforierte Zehnder COMO Deckenstrahlplatte hinter perforierter Gipskarton-Platte (bauseits)

4. Aufhängung und Befestigung

Die Platte lässt sich auf **zwei Arten aufhängen**:

- mit **festen Aufhängepunkten**.

Hier befinden sich die Befestigungspunkte an einer fixen Stelle an der Platte und sind nicht verschiebbar.

- mit **variablen Aufhängepunkten**.

Hier lassen sich die Aufhängeklammern in Längsrichtung der Platte verschieben und somit den baulichen Gegebenheiten anpassen.

Jedes Einzelelement wird an vier Befestigungspunkten aufgehängt. Sollen mehrere hintereinander montiert werden, so ist es möglich, an den Platten-Verbindungsstellen ein **Aufhänge-Verbindungsprofil** zu befestigen. Mit diesem Profil lässt sich ein Befestigungspunkt pro Verbindungsstelle sparen.



Fester Aufhängepunkt



Variabler Aufhängepunkt



Aufhänge-Verbindungsprofil

Neben den vier abgebildeten Standard-Montagesätzen bietet Zehnder auf Wunsch eine Vielzahl individueller Lösungen.



Montagesatz für Betondecke



Montagesatz für Holzträger



Montagesatz für Trapezblech

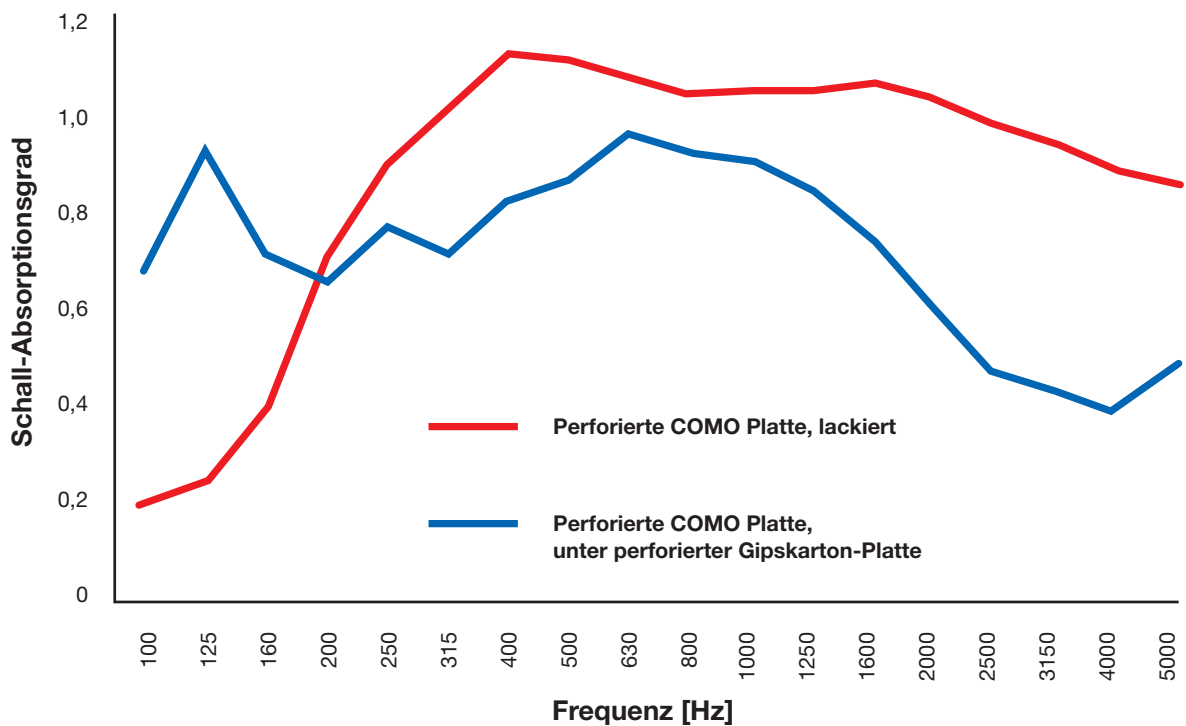


Montagesatz für Stahlträger

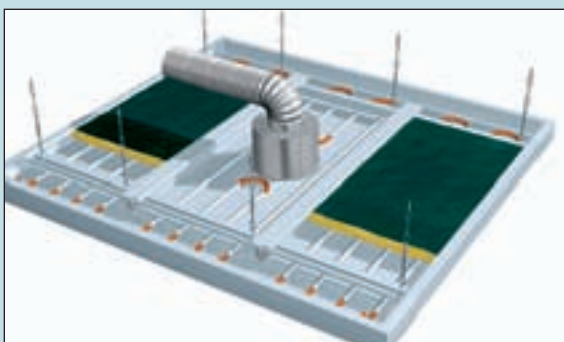
5. Schallabsorption

Über das Kühlen und Heizen hinaus, reduziert Zehnder COMO auch Schall: Dank der Perforation des Strahlplattenbleches mit darüber eingelegter Isolation. Zehnder COMO erzielt damit einen hohen Schall-Absorptionsgrad: Es verringert die Nachhallzeit. Bei gleichbleibender Kühl- bzw. Heizleistung.

Zehnder COMO Schall-Absorptionsgrad in Abhängigkeit von Frequenz und Oberfläche



Beispiele für Deckenausschnitte



Runder Lüftungs-Ausschnitt, Ansicht von oben



Runder Lüftungs-Ausschnitt, Ansicht von unten

6. Sonderlösungen

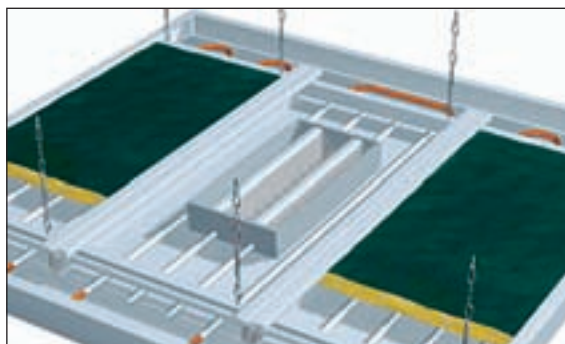
Damit jeder Kunde und jeder Raum seine individuell erforderliche Lösung erhält, sind Leuchten, Zuluftöffnungen sowie Abluftgitter in die Zehnder COMO Platten integrierbar. Geh-rungsschnitte erlauben eine genaue Anpassung an die Raumarchitektur.

6.1. Deckenausschnitte

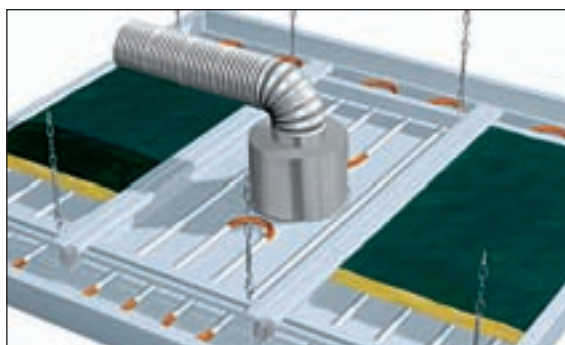
Exakt nach Angaben und Abmaßen des Kunden, spart Zehnder die Deckenausschnitte in den Einzelmodulen aus. Möglich sind runde, quadratische oder rechteckige Formen.

Die durch den Ausschnitt durchtrennten **Rohre** werden **wassertechnisch inaktiv** oder bleiben **aktiv**:

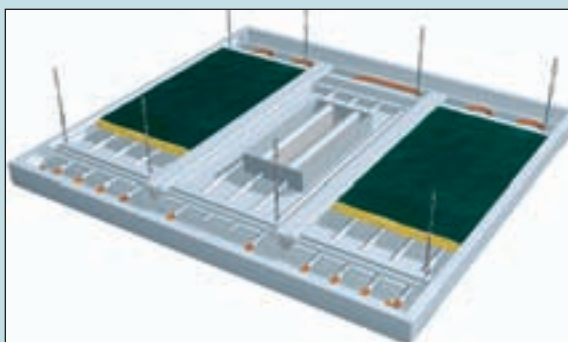
- **inaktive Rohre** werden nicht mehr mit Wasser durchströmt. Dies mindert die Leistung der Platte.
- **aktive Rohre** verbindet ein Bypass, das Wasser fließt weiter. Die Leistungsmin-derung bleibt gering.



Rohre nach Deckenausschnitt wassertechnisch inaktiv



Rohre nach Deckenausschnitt wassertechnisch aktiv



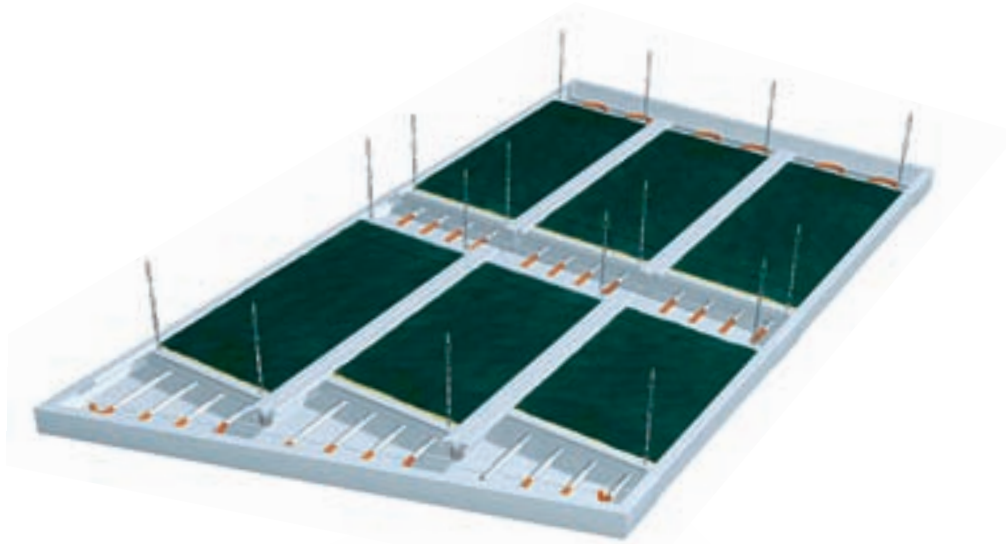
Rechteckiger Lampen-Ausschnitt, Ansicht von oben



Rechteckiger Lampen-Ausschnitt, Ansicht von unten

6.2. Gehrungsschnitt

An der Stirnseite des Moduls kann ein Gehrungsschnitt angebracht werden. Die Endblenden werden dem Modul angepasst.



Gehrungsschnitt



6.3. Ballabweishaube

In Sporthallen empfiehlt sich eine Ballabweishaube. Oberhalb der Platte montiert, fallen Bälle von ihr in die Halle zurück.

6.4. Staubschutzblech

Die Plattenoberseite kann problemlos gereinigt werden: Dazu wird oberhalb von ihr ein Staub und Schmutz abweisendes Blech angebracht.

7. Transportschutz

Zum Vermeiden von Transportschäden schützt eine Adhäsionsfolie die Sichtseite jedes Einzelelementes. Mit dieser versehen, stapelt Zehnder alle Module in Montage-Reihenfolge auf einer Holzpalette und packt diese nochmals in Schrumpffolie ein.

8. Zehnder COMO Produktvorteile

Zehnder COMO baut auf das Zusammenspiel von Design, optimalem Klima, einwandfreier Technik und wirtschaftlicher Effizienz. Mit vielen Vorteilen:

Hervorragende Technik und Leistung

- Sehr hohe Heiz- und Kühl-Leistung, geprüft in Anlehnung an EN 14037 und DIN 4715.
- Extrem schnelle Reaktionszeit des Systems auf Temperatur-Veränderungen im Raum aufgrund geringer Speichermasse der Module.
- Geringe Heizungs-Vorlauftemperaturen ermöglichen den Einsatz alternativer Energiequellen (Solarzellen, Brennwert-Technik, Wärmepumpe).
- Die geringe Untertemperatur ermöglicht den Einsatz von alternativen Energiequellen (Grundwasser).
- Einfache, schnelle und kostengünstige Montage: flexibles Befestigungssystem, geringes Gewicht, Verbindung wahlweise durch Verlöten oder Verpressen, werksseitige Isolation.

Wirtschaftlichkeit

- Kühlen und Heizen mit einem einzigen System: Zehnder COMO.
- Hohe Energie-Einsparung aufgrund des Strahlungsprinzips.
- Vermeiden von Energie-Verschwendung: keine merkliche Temperatur-Schichtung im Raum.
- Geringe Investitions- und Betriebskosten.
- Hohe Lebensdauer dank korrosionsfreier Materialien.

Wohlfühl-Klima

- Sehr angenehmes Klima dank hohem Strahlungsanteil und geringer Konvektion: ohne Zugluft-Erscheinungen und Staubaufwirbelung.
- Gleichmäßige, behagliche Wärmeverteilung.
- Wohltuende Ruhe: absolut lautloses Arbeiten des Systems.

Design

- Graziles Design.
- Variable Raumnutzung mit Zehnder COMO Bändern, dem Segel oder der Geschlossenen Decke. Oder die unsichtbare Form: Zehnder COMO verborgen unter Gipskarton-Platten.
- Freie Wahl der Oberfläche und Farbe.
- Breite Palette an Sonderausführungen und individuellen Zuschnitten.
- Boden und Wände frei nutzbar.



Technische Daten zur Auslegung

1. Ermittlung der Unter- und Übertemperatur

Neben der Berechnung kann die **Untertemperatur** auch einfach der folgenden Tabelle entnommen werden:

• Untertemperatur

Die Untertemperatur lässt sich entweder arithmetisch oder logarithmisch berechnen.

Das Verfahren:

$$\text{Es ist } t_i = t_E = \frac{(t_u + t_L)}{2}$$

Gilt

$$\frac{(t_i - t_{KRL})}{(t_i - t_{KVL})} \geq 0,7$$

so ist die Untertemperatur arithmetisch zu berechnen wie folgt:

$$\Delta t_{\text{Unter}} = t_i - \frac{(t_{KVL} + t_{KRL})}{2}$$

Gilt

$$\frac{(t_i - t_{KRL})}{(t_i - t_{KVL})} < 0,7$$

so ist die Untertemperatur logarithmisch zu berechnen wie folgt:

$$\Delta t_{\text{Unter}} = \frac{(t_i - t_{KVL}) - (t_i - t_{KRL})}{\ln \left(\frac{t_i - t_{KVL}}{t_i - t_{KRL}} \right)}$$

t _{KVL} °C		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	t _{KVL} °C	
t _{KRL} °C	t _i °C												t _i °C	t _{KRL} °C
15	22	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	15
	23	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	26	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	
16	22	7,0	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	16
	23	8,0	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	9,0	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	10,0	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	26	11,0	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	
17	22	6,4	6,0	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	22	17
	23	7,4	7,0	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	8,5	8,0	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	9,5	9,0	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	26	10,5	10,0	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	26	
18	22	5,8	5,4	4,9	4,5	-	-	-	-	-	-	-	22	18
	23	6,8	6,4	6,0	5,5	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	7,8	7,4	7,0	6,5	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	8,8	8,5	8,0	7,5	-	-	-	-	-	-	-	25	
	26	9,9	9,5	9,0	8,5	-	-	-	-	-	-	-	26	
19	22	5,1	4,7	4,3	3,9	3,5	-	-	-	-	-	-	22	19
	23	6,2	5,8	5,4	4,9	4,5	-	-	-	-	-	-	23	
	24	7,2	6,8	6,4	6,0	5,5	-	-	-	-	-	-	24	
	25	8,2	7,8	7,4	7,0	6,5	-	-	-	-	-	-	25	
	26	9,3	8,8	8,5	8,0	7,5	-	-	-	-	-	-	26	
20	22	4,3	4,0	3,6	3,3	2,9	2,5	-	-	-	-	-	22	20
	23	5,5	5,1	4,7	4,3	3,9	3,5	-	-	-	-	-	23	
	24	6,5	6,2	5,8	5,4	4,9	4,5	-	-	-	-	-	24	
	25	7,6	7,2	6,8	6,4	6,0	5,5	-	-	-	-	-	25	
	26	8,7	8,2	7,8	7,4	7,0	6,5	-	-	-	-	-	26	
21	22	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	-	-	-	-	22	21
	23	4,7	4,3	4,0	3,6	3,3	2,9	2,5	-	-	-	-	23	
	24	5,8	5,5	5,1	4,7	4,3	3,9	3,5	-	-	-	-	24	
	25	6,9	6,5	6,2	5,8	5,4	4,9	4,5	-	-	-	-	25	
	26	8,0	7,6	7,2	6,8	6,4	6,0	5,5	-	-	-	-	26	
22	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	22
	23	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	-	-	-	23	
	24	5,0	4,7	4,3	4,0	3,6	3,3	2,9	2,5	-	-	-	24	
	25	6,2	5,8	5,5	5,1	4,7	4,3	3,9	3,5	-	-	-	25	
	26	7,3	6,9	6,5	6,2	5,8	5,4	4,9	4,5	-	-	-	26	
23	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	23
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	3,9	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	-	-	24	
	25	5,3	5,0	4,7	4,3	4,0	3,6	3,3	2,9	2,5	-	-	25	
	26	6,5	6,2	5,8	5,5	5,1	4,7	4,3	3,9	3,5	-	-	26	
24	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	24
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	4,2	3,9	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	-	25	
	26	5,6	5,3	5,0	4,7	4,3	4,0	3,6	3,3	2,9	2,5	-	26	
25	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	25
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
	26	4,4	4,2	3,9	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	26	
t _{KRL} °C	t _i °C												t _i °C	t _{KRL} °C
t _{KVL} °C		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	t _{KVL} °C	

Neben der Berechnung kann die **Übertemperatur** auch einfach den folgenden Tabellen entnommen werden:

t_{HVL} °C		90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	t_{HVL} °C	
t_{HRL} °C	t_i °C												t_i °C	t_{HRL} °C
85	10	77,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	85
	12	75,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
	15	72,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
	18	69,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	
	20	67,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
80	10	75,0	72,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	80
	12	73,0	70,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
	15	70,0	67,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
	18	67,0	64,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	
	20	65,0	62,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
75	10	72,5	70,0	67,5	-	-	-	-	-	-	-	-	10	75
	12	70,5	68,0	65,5	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
	15	67,5	65,0	62,5	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
	18	64,5	62,0	59,5	-	-	-	-	-	-	-	-	18	
	20	62,5	60,0	57,5	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
70	10	70,0	67,5	65,0	62,5	-	-	-	-	-	-	-	10	70
	12	68,0	65,5	63,0	60,5	-	-	-	-	-	-	-	12	
	15	65,0	62,5	60,0	57,5	-	-	-	-	-	-	-	15	
	18	62,0	59,5	57,0	54,5	-	-	-	-	-	-	-	18	
	20	60,0	57,5	55,0	52,5	-	-	-	-	-	-	-	20	
65	10	66,7	65,0	62,5	60,0	57,5	-	-	-	-	-	-	10	65
	12	64,7	63,0	60,5	58,0	55,5	-	-	-	-	-	-	12	
	15	61,7	60,0	57,5	55,0	52,5	-	-	-	-	-	-	15	
	18	58,6	57,0	54,5	52,0	49,5	-	-	-	-	-	-	18	
	20	56,6	54,4	52,5	50,0	47,5	-	-	-	-	-	-	20	
60	10	63,8	61,7	60,0	57,5	55,0	52,5	-	-	-	-	-	10	60
	12	61,8	59,6	58,0	55,5	53,0	50,5	-	-	-	-	-	12	
	15	58,7	56,6	54,4	52,5	50,0	47,5	-	-	-	-	-	15	
	18	55,7	53,5	51,4	49,5	47,0	44,5	-	-	-	-	-	18	
	20	53,6	51,5	49,3	47,5	45,0	42,5	-	-	-	-	-	20	
55	10	60,8	58,7	56,6	54,4	52,5	50,0	47,5	-	-	-	-	10	55
	12	58,8	56,7	54,5	52,4	50,5	48,0	45,5	-	-	-	-	12	
	15	55,7	53,6	51,5	49,3	47,5	45,0	42,5	-	-	-	-	15	
	18	52,6	50,5	48,4	46,3	44,5	42,0	39,5	-	-	-	-	18	
	20	50,5	48,5	46,4	44,2	42,5	40,0	37,5	-	-	-	-	20	
50	10	57,7	55,7	53,6	51,5	49,3	47,5	45,0	42,5	-	-	-	10	50
	12	55,6	53,6	51,6	49,5	47,3	45,5	43,0	40,5	-	-	-	12	
	15	52,5	50,5	48,5	46,4	44,2	42,5	40,0	37,5	-	-	-	15	
	18	49,3	47,4	45,4	43,3	41,2	39,0	37,0	34,5	-	-	-	18	
	20	47,2	45,3	43,3	41,2	39,2	37,0	35,0	32,5	-	-	-	20	
45	10	54,4	52,5	50,5	48,5	46,4	44,2	42,5	40,0	37,5	-	-	10	45
	12	52,3	50,4	48,4	46,4	44,3	42,2	40,0	38,0	35,5	-	-	12	
	15	49,1	47,2	45,3	43,3	41,2	39,2	37,0	35,0	32,5	-	-	15	
	18	45,9	44,0	42,1	40,1	38,1	36,1	33,9	32,0	29,5	-	-	18	
	20	43,7	41,9	40,0	38,0	36,1	34,0	31,9	30,0	27,5	-	-	20	
40	10	51,0	49,1	47,2	45,3	43,3	41,2	39,2	37,0	35,0	32,5	-	10	40
	12	48,8	47,0	45,1	43,2	41,2	39,2	37,1	35,0	33,0	30,5	-	12	
	15	45,5	43,7	41,9	40,0	38,0	36,1	34,0	31,9	30,0	27,5	-	15	
	18	42,2	40,4	38,6	36,8	34,9	32,9	30,9	28,9	26,7	24,5	-	18	
	20	39,9	38,2	36,4	34,6	32,7	30,8	28,9	26,8	24,7	22,5	-	20	
35	10	47,3	45,5	43,7	41,9	40,0	38,0	36,1	34,0	31,9	30,0	27,5	10	35
	12	45,0	43,3	41,5	39,7	37,8	35,9	34,0	32,0	29,9	27,7	25,5	12	
	15	41,6	39,9	38,2	36,4	34,6	32,7	30,8	28,9	26,8	24,7	22,5	15	
	18	38,1	36,5	34,8	33,1	31,3	29,5	27,6	25,7	23,7	21,6	19,5	18	
	20	35,7	34,1	32,5	30,8	29,1	27,3	25,5	23,6	21,6	19,6	17,5	20	
t_{HRL} °C	t_i °C												t_i °C	t_{HRL} °C
t_{HVL} °C		90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	t_{HVL} °C	

• **Übertemperatur**

Wie die Untertemperatur lässt sich auch die Übertemperatur auf zwei

Wegen ermitteln: arithmetisch oder logarithmisch.

Das Verfahren:

$$\text{Es ist } t_i = t_E = \frac{(t_u + t_l)}{2}$$

Gilt

$$\frac{(t_{HRL} - t_i)}{(t_{HVL} - t_i)} \geq 0,7$$

so ist die Übertemperatur arithmetisch zu berechnen wie folgt:

$$\Delta t_{\text{Über}} = \frac{(t_{HVL} + t_{HRL})}{2} - t_i$$

Gilt

$$\frac{(t_{HRL} - t_i)}{(t_{HVL} - t_i)} < 0,7$$

so ist die Übertemperatur logarithmisch zu berechnen wie folgt:

$$\Delta t_{\text{Über}} = \frac{(t_{HVL} - t_i) - (t_{HRL} - t_i)}{\ln \left(\frac{t_{HVL} - t_i}{t_{HRL} - t_i} \right)}$$

t _{HVL} °C		40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	t _{HVL} °C	
t _{HRL} °C	t _i °C											t _i °C	t _{HRL} °C
38	10	29,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	38
	12	27,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12	
	15	24,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15	
	18	21,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18	
	20	19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	
36	10	28,0	27,0	–	–	–	–	–	–	–	–	10	36
	12	26,0	25,0	–	–	–	–	–	–	–	–	12	
	15	23,0	22,0	–	–	–	–	–	–	–	–	15	
	18	20,0	19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	18	
	20	18,0	17,0	–	–	–	–	–	–	–	–	20	
34	10	27,0	26,0	25,0	–	–	–	–	–	–	–	10	34
	12	25,0	24,0	23,0	–	–	–	–	–	–	–	12	
	15	22,0	21,0	20,0	–	–	–	–	–	–	–	15	
	18	19,0	18,0	17,0	–	–	–	–	–	–	–	18	
	20	17,0	16,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–	20	
32	10	26,0	25,0	24,0	23,0	–	–	–	–	–	–	10	32
	12	24,0	23,0	22,0	21,0	–	–	–	–	–	–	12	
	15	20,7	20,0	19,0	18,0	–	–	–	–	–	–	15	
	18	17,7	17,0	16,0	15,0	–	–	–	–	–	–	18	
	20	15,7	14,8	14,0	13,0	–	–	–	–	–	–	20	
30	10	24,7	24,0	23,0	22,0	21,0	–	–	–	–	–	10	30
	12	22,6	21,8	21,0	20,0	19,0	–	–	–	–	–	12	
	15	19,6	18,7	18,0	17,0	16,0	–	–	–	–	–	15	
	18	16,5	15,7	14,8	14,0	13,0	–	–	–	–	–	18	
	20	14,4	13,6	12,8	12,0	11,0	–	–	–	–	–	20	
28	10	23,5	22,6	21,8	21,0	20,0	19,0	–	–	–	–	10	28
	12	21,4	20,6	19,7	19,0	18,0	17,0	–	–	–	–	12	
	15	18,4	17,5	16,7	15,8	15,0	14,0	–	–	–	–	15	
	18	15,2	14,4	13,6	12,8	12,0	11,0	–	–	–	–	18	
	20	13,1	12,3	11,5	10,7	9,9	9,0	–	–	–	–	20	
26	10	22,3	21,4	20,6	19,7	19,0	18,0	17,0	–	–	–	10	26
	12	20,2	19,4	18,6	17,7	17,0	16,0	15,0	–	–	–	12	
	15	17,1	16,3	15,5	14,6	13,8	13,0	12,0	–	–	–	15	
	18	13,8	13,1	12,3	11,5	10,7	9,9	9,0	–	–	–	18	
	20	11,6	10,9	10,2	9,4	8,7	7,8	7,0	–	–	–	20	
24	10	21,0	20,2	19,4	18,6	17,7	17,0	16,0	15,0	–	–	10	24
	12	18,9	18,1	17,3	16,5	15,7	14,8	14,0	13,0	–	–	12	
	15	15,7	14,9	14,2	13,4	12,6	11,7	10,9	10,0	–	–	15	
	18	12,3	11,6	10,9	10,2	9,4	8,7	7,8	7,0	–	–	18	
	20	9,9	9,3	8,7	8,0	7,3	6,5	5,8	4,9	–	–	20	
22	10	19,6	18,9	18,1	17,3	16,5	15,7	14,8	14,0	13,0	–	10	22
	12	17,5	16,7	16,0	15,2	14,4	13,6	12,8	12,0	11,0	–	12	
	15	14,1	13,5	12,7	12,0	11,3	10,5	9,7	8,8	8,0	–	15	
	18	10,6	9,9	9,3	8,7	8,0	7,3	6,5	5,8	4,9	–	18	
	20	7,8	7,3	6,7	6,2	5,6	5,0	4,3	3,6	2,9	–	20	
20	10	18,2	17,5	16,7	16,0	15,2	14,4	13,6	12,8	12,0	11,0	10	20
	12	16,0	15,3	14,6	13,8	13,1	12,3	11,5	10,7	9,9	9,0	12	
	15	12,4	11,8	11,1	10,5	9,8	9,1	8,4	7,6	6,8	6,0	15	
	18	8,3	7,8	7,3	6,7	6,2	5,6	5,0	4,3	3,6	2,9	18	
	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	
t _{HRL} °C	t _i °C											t _i °C	t _{HRL} °C
t _{HVL} °C		40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	t _{HVL} °C	

2. Zehnder COMO Heiz- und Kühlleistung

Die folgenden Tabellen zeigen die Zehnder COMO Heiz- und Kühlleistung in Abhängigkeit von Über- und Untertemperatur. Die Werte der Heizleistung lehnen sich an EN 14037 an, die der Kühlleistung an DIN 4715.

Die Tabellen unterscheiden erstens zwischen den Ausführungen Zehnder COMO Band sowie Segel/Geschlossene Decke. Zweitens präsentieren sie die verschiedenen Werte mit

und ohne eingelegter Isolation. Dies ist wichtig, da **das Entfernen der Wärmedämmung die Wärmeleistung um 80% und die Kühlleistung um 35% erhöht.** Zu beachten ist außerdem, dass nur im Kühlbetrieb (bei einer offenen Decke) die Mehrleistung dem Raum gesamthaft zugerechnet werden kann. Im Heizbetrieb führt die Mehrleistung zu einer Stauwärme unter der Decke.

• Leistungswerte Zehnder COMO Band

Heizleistung lackiertes Zehnder COMO Band mit Isolation [W/m]								
Anzahl der Rohre (St.)	8	7	6	5	4	3	2	
Baubreite (mm)	900	800	700	600	500	400	300	
Über- temperatur (K)	5	29	26	24	21	18	15	12
	10	65	58	52	45	39	32	26
	15	104	93	83	72	61	51	40
	20	146	131	116	101	86	70	55
	25	189	169	150	130	110	91	71
	30	234	210	185	161	136	112	87
	35	279	250	221	192	163	133	104
	40	326	292	257	223	189	154	120
	45	374	335	295	256	216	177	137
	50	423	378	334	289	244	199	154
	55	472	422	372	322	272	222	172
60	522	467	411	356	300	245	189	
65	573	512	451	390	329	268	207	

Heizleistung lackiertes Zehnder COMO Band ohne Isolation [W/m]								
Anzahl der Rohre (St.)	8	7	6	5	4	3	2	
Baubreite (mm)	900	800	700	600	500	400	300	
Über- temperatur (K)	5	52	46	43	37	32	27	21
	10	117	104	93	81	70	57	46
	15	187	167	149	129	109	91	72
	20	262	235	208	181	154	126	99
	25	340	304	270	234	198	163	127
	30	421	378	333	289	244	201	156
	35	502	450	397	345	293	239	187
	40	586	525	462	401	340	277	216
	45	673	603	531	460	388	318	246
	50	761	680	601	520	439	358	277
	55	849	759	669	579	489	399	309
60	939	840	739	640	540	441	340	
65	1031	921	811	702	592	482	372	

Anmerkung: Die Heizleistung ohne Isolation liegt im Vergleich zu der mit Isolation um 80% höher.

Kühlleistung lackiertes Zehnder COMO Band **mit** Isolation [W/m]

Anzahl der Rohre (St.)	8	7	6	5	4	3	2
Baubreite (mm)	900	800	700	600	500	400	300
aktive Breite (mm)	800	700	600	500	400	300	200
Untertemperatur (K)	4	32	28	25	21	18	11
	5	41	36	32	27	23	14
	6	51	45	40	34	28	17
	7	61	54	48	41	34	20
	8	72	64	56	48	40	24
	9	83	74	64	55	46	28
	10	94	83	73	62	52	31
	11	105	93	82	70	58	35
	12	116	103	91	78	65	39

Kühlleistung lackiertes Zehnder COMO Band **ohne** Isolation [W/m]

Anzahl der Rohre (St.)	8	7	6	5	4	3	2
Baubreite (mm)	900	800	700	600	500	400	300
aktive Breite (mm)	800	700	600	500	400	300	200
Untertemperatur (K)	4	43	37	33	28	24	14
	5	55	48	43	36	31	18
	6	68	60	54	45	37	22
	7	82	72	64	55	45	27
	8	97	86	75	64	54	32
	9	112	99	86	74	62	37
	10	126	112	98	83	70	41
	11	141	125	110	94	78	47
	12	156	139	122	105	87	52

Anmerkung: Die Kühlleistung ohne Isolation liegt im Vergleich zu der mit Isolation um 35% höher.

• Leistungswerte Zehnder COMO Segel/ Geschlossene Decke

Kühl- und Heizleistung Zehnder COMO Segel/ Geschlossene Decke **mit** Isolation [W/m²]

Ausführung		Kühlleistung		Heizleistung	
		lackierte Fläche	Gipsfaserplatte	lackierte Fläche	Gipsfaserplatte
Untertemperatur (K) Übertemperatur (K)	5	42	34	31	25
	6	52	41	38	30
	7	61	49	44	36
	8	70	56	51	41
	9	80	64	58	46
	10	90	72	65	52
	11	99	79	72	57
	12	109	87	79	63

Kühl- und Heizleistung Zehnder COMO Segel **ohne** Isolation [W/m²]

Ausführung		Kühlleistung		Heizleistung	
		lackierte Fläche	Gipsfaserplatte	lackierte Fläche	Gipsfaserplatte
Untertemperatur (K) Übertemperatur (K)	5	56	45	55	45
	6	70	55	68	54
	7	82	66	79	64
	8	94	75	91	73
	9	108	86	104	82
	10	121	97	117	93
	11	133	106	129	102
	12	147	117	142	113

Anmerkung: Die Heizleistung ohne Isolation liegt im Vergleich zu der mit Isolation um 80% höher, die der Kühlleistung um 35%.

3. Technische Daten

3.1. Auf einen Blick

Zehnder COMO	Maßeinheit	Band							Segel / Geschlossene Decke
Anzahl Rohre		2	3	4	5	6	7	8	
Rohrmaterial / Dimension (Ø außen x Rohrdicke)		Kupfer / 15 x 1 mm							
Plattenmaterial / Dimension (Blechdicke)		Aluminium / 1 mm							
Rohrabstand	mm	100							
Baubreiten	mm	296	396	496	596	696	796	896	Min.: 296, Max.: beliebig Raster: 100
Baulänge Einzelplatte min.	mm	360							
Baulänge Einzelplatte max.	mm	3300							
Gewicht ohne Wasserinhalt ohne Isolierung	kg / lfm kg / m ²	3,3	4,4	5,3	6,3	7,3	8,2	9,1	10,6
Gewicht der Isolation	kg / lfm kg / m ²	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
Wasserinhalt	l / lfm l / m ²	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26
Wärmeleistung in Anlehnung an EN 14037 bei $\Delta t = 55K$	W / m	172	222	272	322	372	422	472	
Kühlleistung in Anlehnung an DIN 4715 bei $\Delta t = 10K$	W / m W / m ²	31	41	52	62	73	83	94	90
Betriebstemperatur max. ¹⁾	° C	90							
Betriebsüberdruck max. ²⁾	bar	4							

¹⁾ Höhere Betriebstemperatur nach Absprache möglich

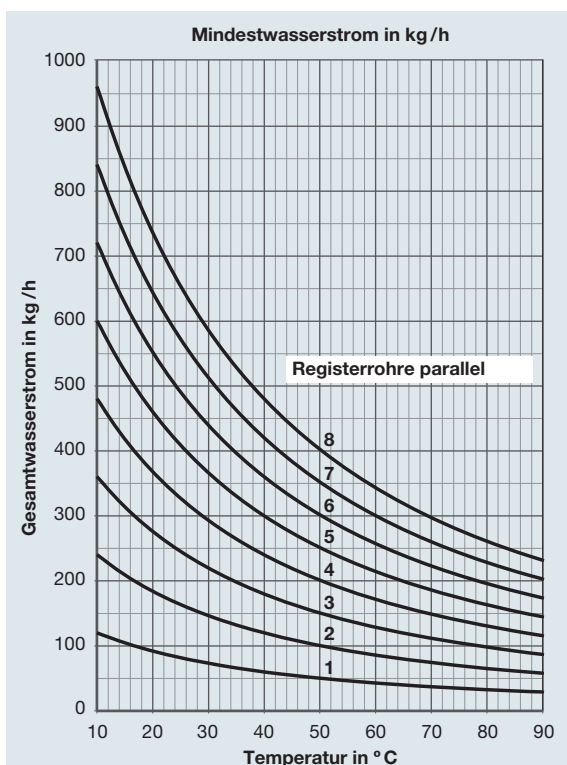
²⁾ Höherer Betriebsdruck nach Absprache möglich

3.2. Minimaler Wasserstrom

Zur Einhaltung der in der Tabelle angegebenen Leistungen muss sichergestellt sein, dass in den Rohren der Platten eine turbulente Strömung gegeben ist. Der dazu erforderliche Massenstrom hängt von der geringstmöglichen Temperatur ab.

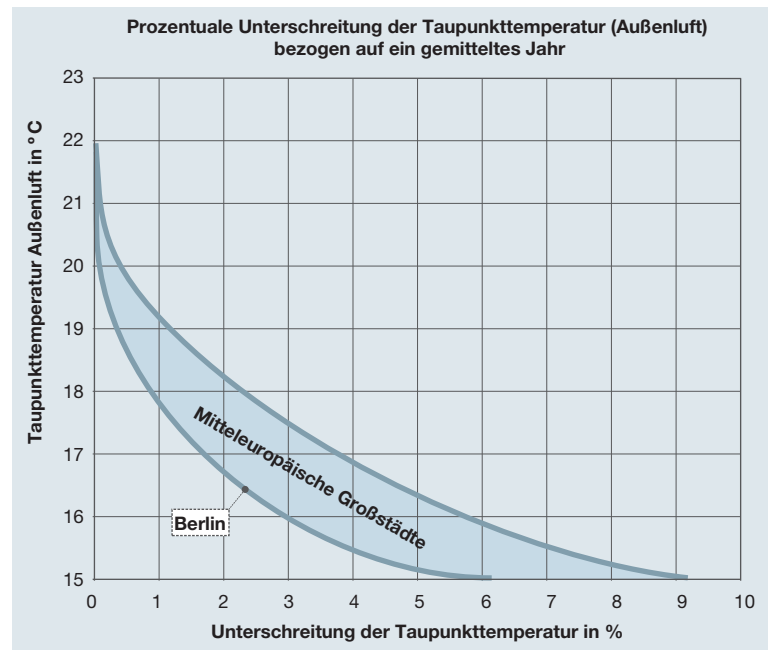
Beim Kühlen und Heizen mit Zehnder COMO muss die geringstmögliche Temperatur zur Auslegung des Mindestwasserstromes berücksichtigt werden. Im Kühlfall und im kombinierten Kühl- / Heizfall ist diese die Kaltwasser-Vorlauftemperatur.

Wird der Mindestwasserstrom je Rohr nicht erreicht, kann eine Leistungsminde- rung von ca. 15% auftreten. Zum Ausgleich muss die Leistung der Platte um den Faktor 1,18 erhöht werden.



3.3. Taupunkt-Unterschreitung

Die Vorlauftemperatur der Kühldecken sollte so gewählt werden, dass es theoretisch nur an wenigen Stunden im Jahr zu einer Taupunkt-Unterschreitung und somit zur Kondensation an der Decke kommen könnte. Dazu muss ein Taupunkt-Wächter an jeder Kühldecke eingebaut werden. Dieser verhindert die Kondensation an der Platte, indem die Temperatur des Vorlaufs mittels der Regelungstechnik angehoben oder die Kältezufuhr unterbrochen wird. Für den mitteleuropäischen Raum empfiehlt sich eine minimale Vorlauftemperatur von ca. 16° C.

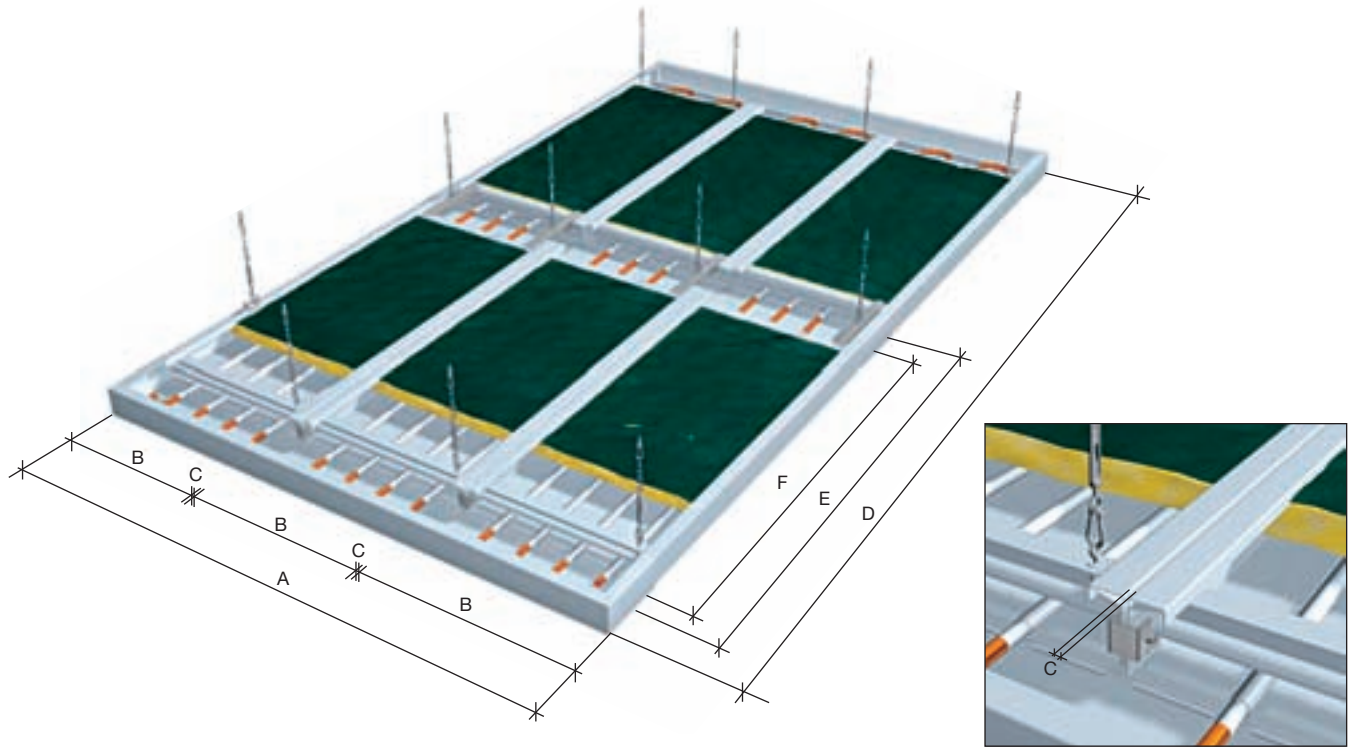
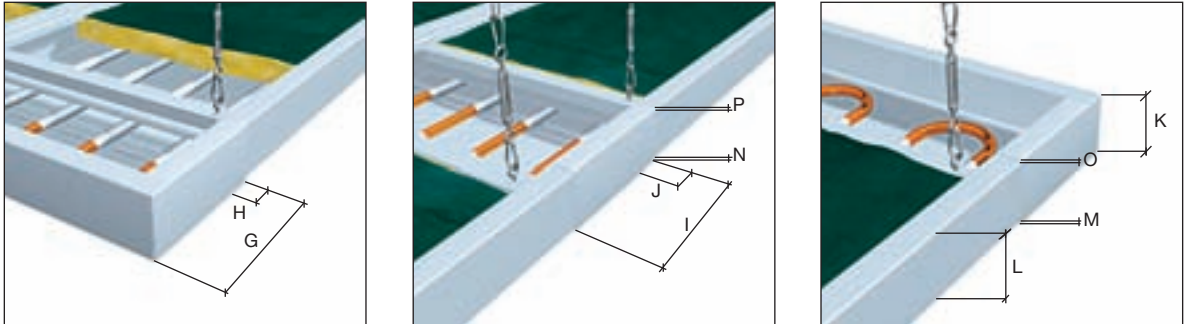


3.4. Ballwurfsicherheit

Zehnder COMO bietet nachgewiesene Ballwurfsicherheit nach DIN 18032 Teil 3, FMFA- Prüfnummer 46 / 29419.

3.5. Abmaße

Modulmaße



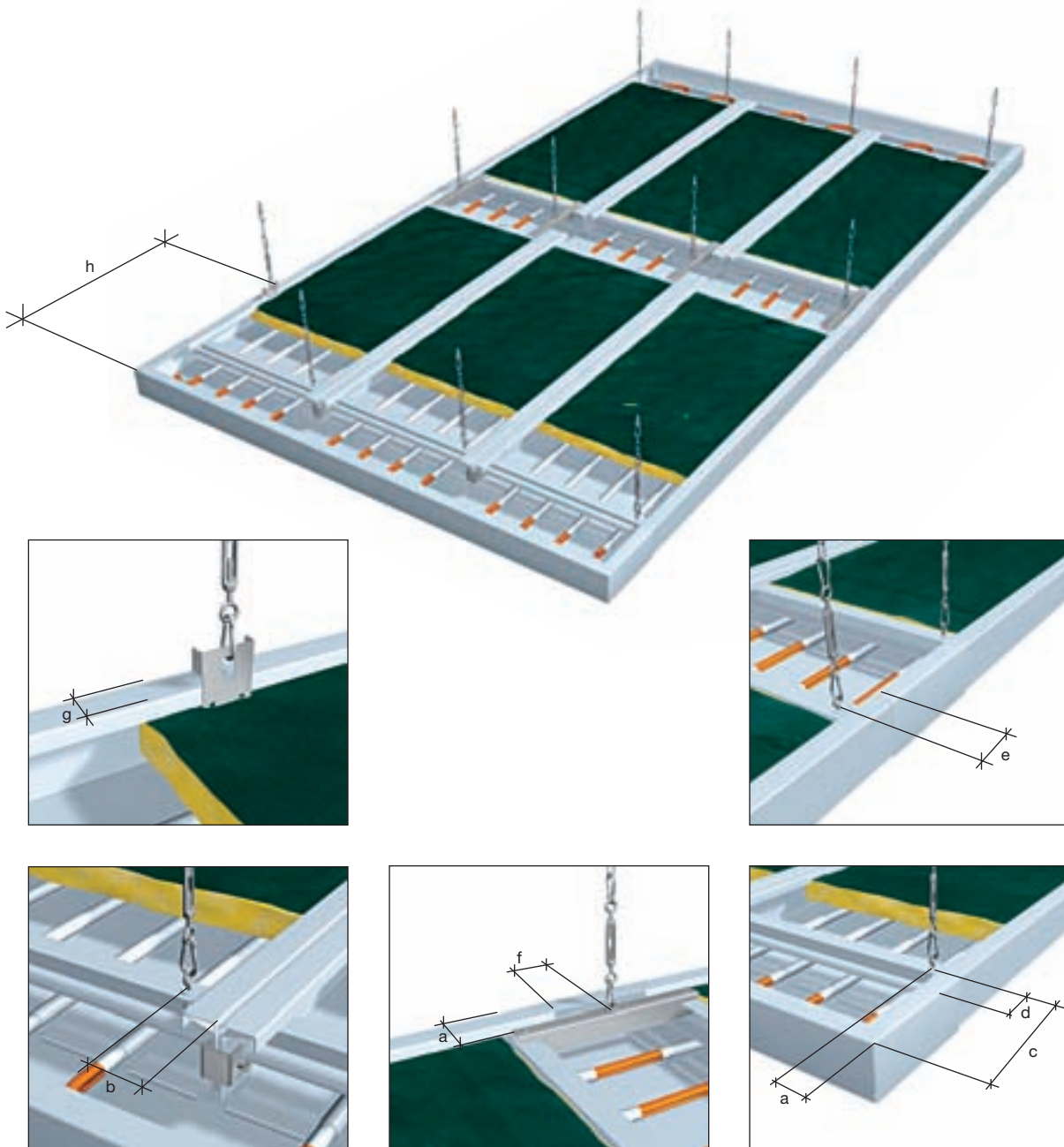
Modulmaße (mm)

Pos.	Beschreibung	Maß	min. Maß	max. Maß	Bemerkungen
A	Breite gesamt	variabel	300	variabel	Rasterbreite 100
B	Breite Einzelmodul	variabel	296	896	Rasterbreite 100
C	Breite Fugenleiste	4	-	-	
D	Länge gesamt	variabel	360	variabel	
E	Länge Einzelmodul	variabel	140	3080	
F	Länge Einzelmodulblech	variabel	60	3000	
G	Länge Abschlussblende	180	-	-	
H	Überstand Abschlussblende-Einzelmodulblech	30	-	-	
I	Länge Zwischenblende	180	-	-	
J	Überlappung Zwischenblende-Einzelmodulblech	15	-	-	
K	Höhe gesamt	81	-	-	
L	Höhe Einzelmodul	76	-	-	
M	Überstand Abschlussblende-Einzelmodulblech	4	-	-	
N	Überstand Zwischenblende-Einzelmodulblech	4	-	-	
O	Überstand Abschlussblende-Einzelmodulblech	1	-	-	
P	Überstand Zwischenblende-Einzelmodulblech	1	-	-	

Befestigungsmaße

Befestigungsmaße (mm)

Pos.	Beschreibung	Maß	min. Maß	max. Maß
a	Außenkante Einzelmodulblech-Mitte Aufhängepunkt (fest)	98	-	-
b	Mitte Fugenleiste-Mitte Aufhängepunkt (fest)	100	-	-
c	Außenkante Abschlussblende-Mitte Aufhängepunkt (fest)	200	-	-
d	Außenkante Einzelmodulblech-Mitte Aufhängepunkt (fest)	50	-	-
e	Außenkante Einzelmodulblech-Mitte Aufhängeverbindungsprofil	50	-	-
f	Außenkante Einzelmodulblech-Mitte Aufhängeverbindungsprofil	75	-	-
g	Außenkante Einzelmodulblech-Mitte Aufhängepunkt (variabel)	35	-	-
h	Außenkante Abschlussblende-Mitte Aufhängepunkt (variabel)	variabel	-	-



3.6. Anschluss-Möglichkeiten

Zehnder COMO verfügt über eine Vielzahl Anschluss-Möglichkeiten. Zu unterscheiden sind:

Asymmetrischer und symmetrischer Anschluss.

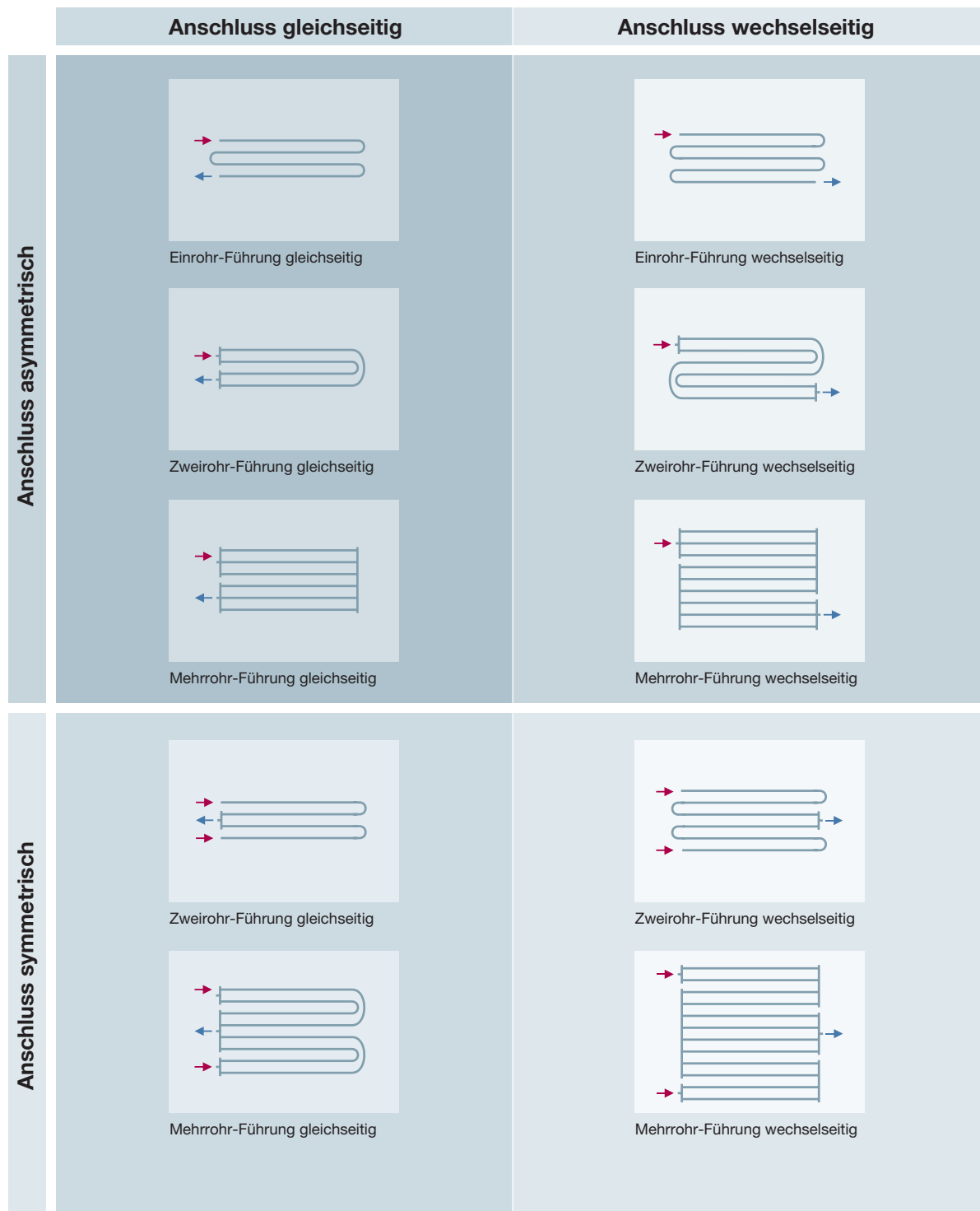
Bei langen Bändern empfiehlt sich ein symmetrischer Anschluss. Er gewährleistet eine gleichmäßige Längenausdehnung.

Gleich- und wechselseitiger Anschluss.

In der Regel bestimmen bauliche Gegebenheiten die Lage des Anschlusses.

Unterschiedliche Anzahl parallel geführter Rohre.

Die Rohranzahl ergibt sich aus dem für das Segel erforderlichen Massenstrom.



3.7. Auslegungs-Beispiel

Die Auslegung der Zehnder COMO Platten hängt von vielen Parametern ab und richtet sich nach den individuellen Bedingungen. Ein speziell geschultes Zehnder Team übernimmt

auf Wunsch gerne die Auslegung der Platten und erstellt individuelle Angebote. Ein Beispiel zeigt an dieser Stelle die Vorgehensweise zur Auslegung von Zehnder COMO Platten:

Aufgabenstellung:	Bürraum soll gekühlt und beheizt werden.
Randbedingungen:	Raumfläche: 20 m ² Kühllast: 1080 W Wärmebedarf: 907 W Raumtemperatur Kühlen: 26° C Raumtemperatur Heizen: 20° C
Ziel:	<ol style="list-style-type: none">1. Segelgröße bestimmen2. Auslegungstemperaturen Kühlen bestimmen3. Massenstrom des Segels berechnen4. Auslegungstemperaturen Heizen bestimmen5. Segel in Einzelmodule aufteilen6. Anschlussmöglichkeiten des Segels aufzeigen

Lösungsweg:

1. Segelgröße bestimmen:

Gewünscht: ein Segel mit 4 m Länge und 3,6 m Breite. Die Oberfläche ist lackiert und die Plattenoberseite gedämmt.

2. Auslegungstemperaturen Kühlen bestimmen:

$$q_{\text{cooling output sail}} = \frac{Q_{\text{cooling load}}}{A_{\text{sail}}} = \frac{1080 \text{ W}}{14,4 \text{ m}^2} = 75 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Untertemperatur bestimmen: Aus der Leistungstabelle folgt bei einer Kühlleistung von $q = 75 \text{ W/m}^2$ eine Untertemperatur von 8,5 K. Gewünscht: $t_{\text{KVL}} = 16^\circ \text{C}$

$$\Delta t_{\text{Under}} = t_i - \left(\frac{t_{\text{KVL}} + t_{\text{KRL}}}{2} \right)$$

$$t_{\text{KRL}} = (t_i - \Delta t_{\text{Under}}) \cdot 2 - t_{\text{KVL}} = (26^\circ \text{C} - 8,5 \text{ K}) \cdot 2 - 16^\circ \text{C} = 19^\circ \text{C}$$

3. Massenstrom des Segels berechnen:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{KRL} - t_{KVL})$$

$$m = \frac{Q_{\text{cooling load}}}{c \cdot (t_{KRL} - t_{KVL})} = \frac{1,080 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (19^\circ \text{C} - 16^\circ \text{C})} = 0,086 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 310 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

4. Auslegungstemperaturen Heizten bestimmen:

$$q_{\text{heating output sail}} = \frac{Q_{\text{required heat}}}{A_{\text{sail}}} = \frac{907 \text{ W}}{14,4 \text{ m}^2} = 63 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

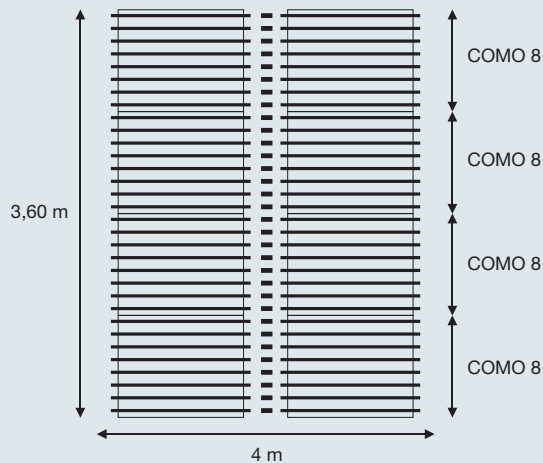
Übertemperatur bestimmen: Aus der Leistungstabelle folgt bei einer Heizleistung von $q = 63 \text{ W/m}^2$ eine Untertemperatur von 9,7 K.

$$Q_{\text{heating output sail}} = m \cdot c \cdot (t_{HVL} - t_{HRL}) \Rightarrow (t_{HVL} - t_{HRL}) = \frac{Q_{\text{heating output sail}}}{c \cdot m} = \frac{0,907 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,086 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 2,5 \text{ K}$$

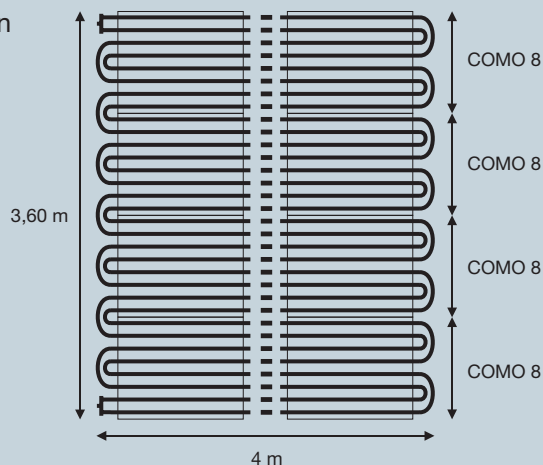
$$\Rightarrow t_{HVL} = t_i + \Delta t_{\text{Over}} + \frac{(t_{HVL} - t_{HRL})}{2} = 20^\circ \text{C} + 9,7 \text{ K} + \frac{2,5}{2} \text{ K} \approx 31^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow t_{HRL} = t_i + \Delta t_{\text{Over}} - \frac{(t_{HVL} - t_{HRL})}{2} = 20^\circ \text{C} + 9,7 \text{ K} - \frac{2,5}{2} \text{ K} \approx 28,5^\circ \text{C}$$

5. Segel in Einzelmodule aufteilen:



6. Anschluss-Möglichkeiten des Segels aufzeigen:



3.8. Druckverlust-Berechnung

Der Gesamtdruckverlust setzt sich zusammen aus den drei einzelnen Druckverlusten der verschiedenen Bauteile. Nachfolgend die Vorgehensweise, um den Druckverlust über das Decken-Kühl- und -Heizsystem bestimmen zu können:

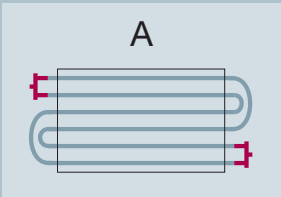
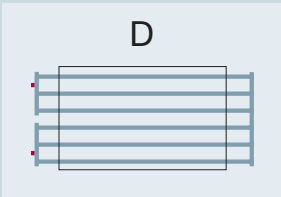
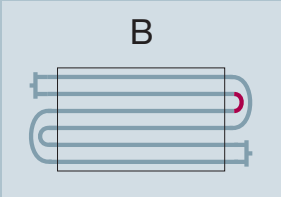
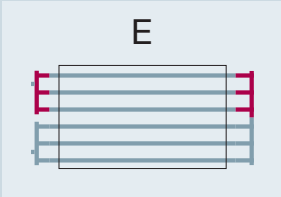
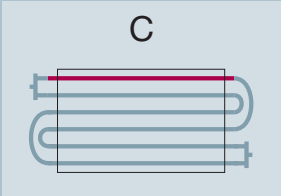
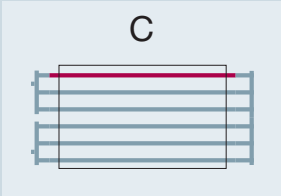
1. Wie viele Rohre sind parallel zu durchströmen? Aus dieser Anzahl ergibt sich die zu verwendende Spalte.
2. Der Druckverlust des Anschlusspaares ist nun aus Diagramm A oder D zu abzulesen.

3. Der Druckverlust des Sammlerpaares oder Bogens ergibt sich aus Diagramm B oder E.

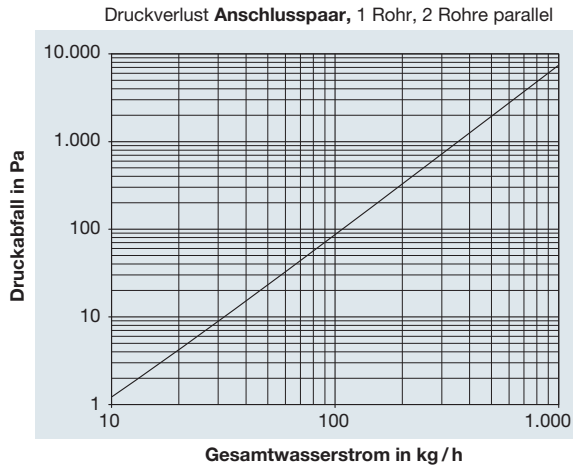
Vorsicht: Hier ist unbedingt zu beachten, dass dieser Druckverlust mit der Anzahl der in Reihe geschalteten Sammlerpaare oder Bögen multipliziert werden muss!

4. Jetzt ist der Druckverlust des Rohres aus Diagramm C zu entnehmen. **Vorsicht auch hier:** Dieser Druckverlust muss mit der Länge der in Reihe geschalteten Rohre multipliziert werden!

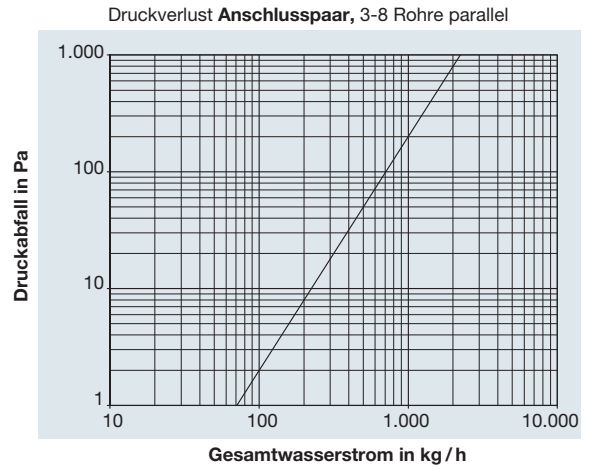
5. Der Gesamtdruckverlust des Decken-Kühl- und -Heizsystems ergibt sich nun einfach als Summe der zuvor berechneten Einzeldruckverluste.

	1 Rohr, 2 Rohre parallel	3-8 Rohre parallel
Anschlusspaar	 <p>A</p>	 <p>D</p>
	+	+
180°-Bogen/ Sammlerpaar	 <p>B</p>	 <p>E</p>
	+	+
Rohre	 <p>C</p>	 <p>C</p>
	=	=
	Gesamtdruckverlust	Gesamtdruckverlust

A



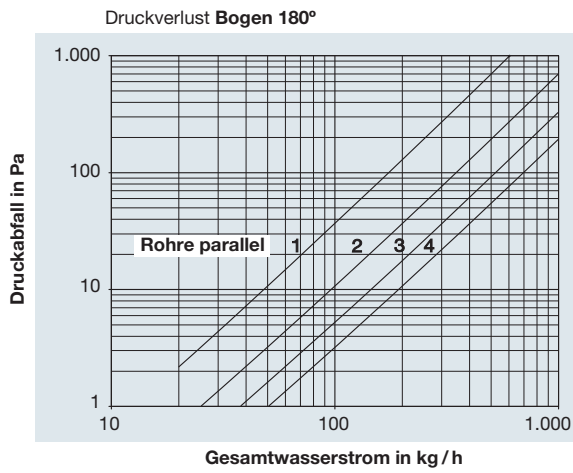
D



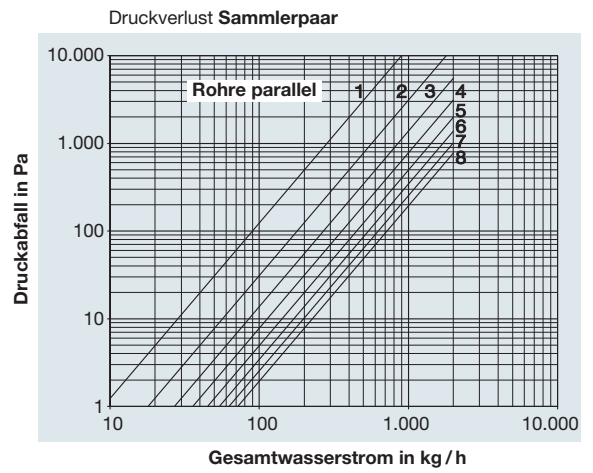
+

+

B



E

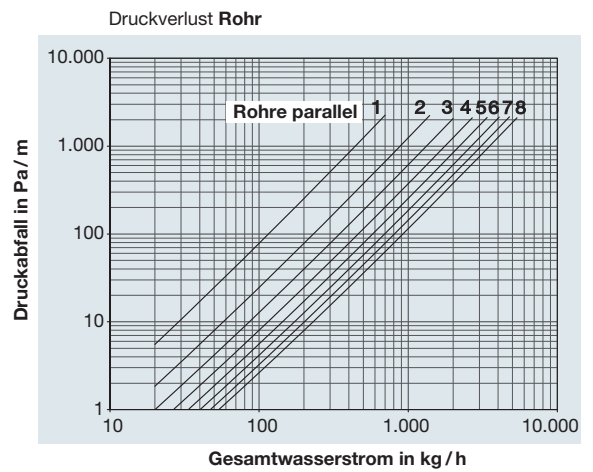
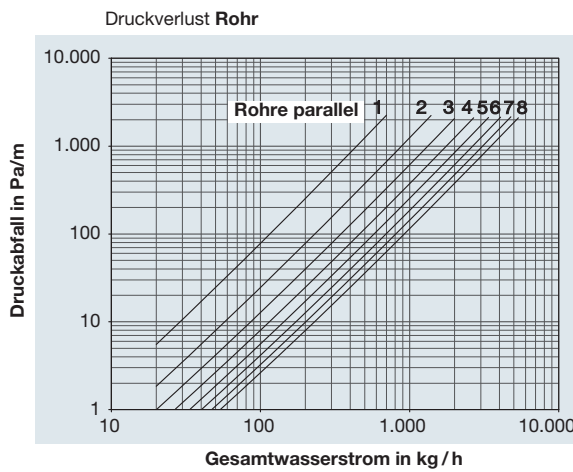


+

+

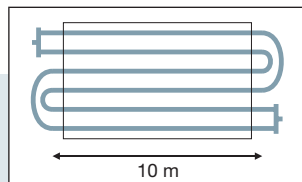
C

C



Beispiel 1: zwei Rohre parallel

Gesamtmassenstrom = 450 kg/h



1. Druckverlust Anschlusspaar

Aus Diagramm A folgt:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Anschlusspaar}} &= 1570 \text{ Pa/Anschlusspaar (bei 450 kg/h)} \\ \Delta p_{\text{Anschlusspaare}} &= \Delta p_{\text{Anschlusspaar}} \cdot \text{Anzahl der Anschlusspaare} \\ &= 1570 \text{ Pa/Anschlusspaar} \cdot 1 \text{ Anschlusspaar} = 1570 \text{ Pa}\end{aligned}$$

2. Druckverlust 180°-Bögen

Aus Diagramm B folgt:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Bogen}} &= 160 \text{ Pa/Bogen (bei 450 kg/h, 2 Rohre parallel)} \\ \Delta p_{\text{Bögen}} &= \Delta p_{\text{Bogen}} \cdot \text{Anzahl der Bögen in Reihe} \\ &= 160 \text{ Pa} \cdot 2 = 320 \text{ Pa}\end{aligned}$$

3. Druckverlust Rohre

Aus Diagramm C folgt:

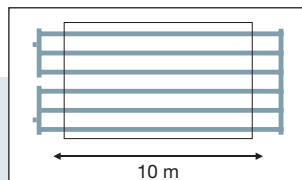
$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Rohr}} &= 310 \text{ Pa/m (bei 450 kg/h, 2 Rohre parallel)} \\ \Delta p_{\text{Rohre}} &= \Delta p_{\text{Rohr}} \cdot \text{Länge der Rohre in Reihe} \\ &= 310 \text{ Pa/m} \cdot 3 \cdot 10 \text{ m} = 9300 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4. Gesamtdruckverlust

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Gesamt}} &= \Delta p_{\text{Anschlusspaare}} + \Delta p_{\text{Bögen}} + \Delta p_{\text{Rohre}} \\ &= 1570 \text{ Pa} + 320 \text{ Pa} + 9300 \text{ Pa} = 11190 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Beispiel 2: drei Rohre parallel

Gesamtmassenstrom = 450 kg/h



1. Druckverlust Anschlusspaar

Aus Diagramm D folgt:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Anschlusspaar}} &= 40 \text{ Pa/Anschlusspaar (bei 450 kg/h)} \\ \Delta p_{\text{Anschlusspaare}} &= \Delta p_{\text{Anschlusspaar}} \cdot \text{Anzahl Anschlusspaare} \\ &= 40 \text{ Pa/Anschlusspaar} \cdot 1 \text{ Anschlusspaar} = 40 \text{ Pa}\end{aligned}$$

2. Druckverlust Sammlerpaar

Aus Diagramm E folgt:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Sammlerpaar}} &= 280 \text{ Pa/Sammlerpaar (bei 450 kg/h, 3 Rohre parallel)} \\ \Delta p_{\text{Sammlerpaare}} &= \Delta p_{\text{Sammlerpaar}} \cdot \text{Anzahl der Sammlerpaare} \\ &= 280 \text{ Pa} \cdot 2 = 560 \text{ Pa}\end{aligned}$$

3. Druckverlust Rohre

Aus Diagramm C folgt:

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Rohr}} &= 160 \text{ Pa/m (bei 450 kg/h, 3 Rohre parallel)} \\ \Delta p_{\text{Rohre}} &= \Delta p_{\text{Rohr}} \cdot \text{Länge der Rohre in Reihe} \\ &= 160 \text{ Pa/m} \cdot 2 \cdot 10 \text{ m} = 3200 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4. Gesamtdruckverlust

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Gesamt}} &= \Delta p_{\text{Anschlusspaare}} + \Delta p_{\text{Sammlerpaare}} + \Delta p_{\text{Rohre}} \\ &= 40 \text{ Pa} + 560 \text{ Pa} + 3200 \text{ Pa} = 3800 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4. Ausschreibungstext Zehnder COMO

Zehnder COMO (Cooling Module) Decken-Kühl- und -Heizsystem. Strahlungsmodul zur Kühlung und Beheizung von Gebäuden. Wärmeaufnahme bzw. -abgabe: zu ca. 60-70% Strahlung und zu 40-30% Konvektion. Drei mögliche Ausführungen: Zehnder COMO Band, Zehnder COMO Segel, Zehnder COMO Geschlossene Decke. Alle drei Ausführungen setzen sich aus mehreren Einzelmodulen zusammen.

Das Einzelmodul besteht aus Kupferrohr, Ø 15 x 1 mm, in patentiertem Verfahren formschlüssig eingepresst in das 1 mm starke Aluminium-Strahlblech für höchsten Wärmeübergang; Rohrabstand 100 mm; Umschließungsfläche der Rohre 85%. Seitliche Aufkantungen 76 mm zur Aussteifung des Moduls über die Modullänge; Aussteifung über die Baubreite durch U-Aluminiumprofile, die stoffschlüssig mit Rohren und seitlichen Aufkantungen verbunden sind; Gewindebuchsen in den U-Aluminiumprofilen nehmen gleichzeitig die Befestigungssätze auf; das Strahlungsmodul ist statisch selbsttragend.

Wasserführung in Reihen- oder Parallelschaltung; die Kupferrohre eines Modules sind soweit möglich werkseitig mit Kupferrohrbögen verbunden. Verbindung mehrerer Module auf gleicher Höhe wie die Modulrohre, dadurch keine Entlüftung notwendig. Bauseitige Verbindung mehrerer Einzelmodule durch Muffen 15 mm.

Sichtseite glatt mit 4 mm breiten Fugen; Fugentiefe 4 mm; Fugenabstand 100 mm. Modulstrahlblech wahlweise glatt oder perforiert (schalldämmend); Lochdurchmesser 2 mm.

Kühlleistung in Anlehnung an DIN 4715, Heizleistung in Anlehnung an EN 14037.

Isolation als Schalldämmung werkseitig eingelegt: Akustikmatte 40 mm mit beidseitigem Faservlies, Wärmeleitfähigkeitsklasse 040, Rohdichte min. 30 kg / m³. Höhenverstellbare (0,1-1,0 m) Montagesätze mit Stahldübel in verzinkter Ausführung. Andere Befestigungsarten auf Anfrage. Inklusive Abschluss- und Zwischenblende bei den Ausführungen Band und Segel, bei der Geschlossenen Decke inklusive Wandanschluss- und Zwischenblende. Oberfläche wahlweise in drei Varianten:

1. oberflächenbehandelt zur bauseitigen Befestigung von speziellen Thermo-Gipsfaserplatten,
2. mit schadstofffreier Pulverlackierung in dem Standard-Farbton ähnlich RAL 9016,
3. mit schadstofffreier Pulverlackierung in RAL-Farbton nach Wunsch.

Weitere Ausschreibungs-Details gemäß der einzelnen Ausführungen:

• Zehnder COMO Band

St. Fabrikat: Zehnder
Typ: COMO
Ausführung: Band
Abmaße: Baubreite mm, Baulänge mm, Teillängen
Modul: aktiv

Kühlleistung: W/m bei $t_{KVL} =$ ° C, $t_{KRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Heizleistung: W/m bei $t_{HVL} =$ ° C, $t_{HRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Material: EUR/St. , EUR ,

• Zehnder COMO Segel

m² Fabrikat: Zehnder
Typ: COMO
Ausführung: Segel
Abmaße: Baubreite mm, Baulänge mm, Teillängen
Modul: aktiv

Kühlleistung: W/m² bei $t_{KVL} =$ ° C, $t_{KRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Heizleistung: W/m² bei $t_{HVL} =$ ° C, $t_{HRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Material: EUR/m² , EUR ,

• Zehnder COMO Geschlossene Decke

m² Fabrikat: Zehnder
Typ: COMO
Ausführung: Geschlossene Decke
Modul: aktiv

Kühlleistung: W/m² bei $t_{KVL} =$ ° C, $t_{KRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Heizleistung: W/m² bei $t_{HVL} =$ ° C, $t_{HRL} =$ ° C, $t_i =$ ° C

Material: EUR/m² , EUR ,

