

# Zehnder COMO Decken-Kühl- und -Heizsystem Planungsunterlage

**zehnder**



## Allgemeines

|   |    |                         |    |
|---|----|-------------------------|----|
| 1. Aktuelle Situation                                       | 05 |                         |    |
| 2. Zehnder COMO: eine Übersicht                             | 05 |                         |    |
| 3. Grundlagen und Funktionsweise<br>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 Einzelelementes   | 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]<br>= gemittelte Strahlungstemperatur<br>aller Umgebungsflächen [° C] | $\varnothing_{\text{Über}}$ Übertemperatur [K]<br>$\varnothing_{\text{Unter}}$ Untertemperatur [K] | Kubikmeter [m <sup>3</sup> ]<br>Meter [m] |
| $t_i = t_E$ Innentemperatur<br>= empfundene Temperatur [° C]   | Q Leistung [W]   | Millimeter [mm]                           |
| $t_a$ Außentemperatur [° C]  | q spezifische Leistung [W/m <sup>2</sup> ]   | Pascal [Pa]                               |
| $t_{HVL}$ Heizungsvorlauftemperatur [° C]  | c spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg · K)]   | Kilogramm [kg]                            |
| $t_{HRL}$ Heizungsrücklauftemperatur [° C]   | k Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m <sup>2</sup> · K)]  |   |
|  | $\varepsilon$ Emissionskoeffizient [-]   |   |
|  | A Fläche [m <sup>2</sup> ]   |   |



# Allgemeines

## 1. Aktuelle Situation

Die Wärmeschutzverordnungen bedingen immer besser isolierte Gebäude. Damit sinkt der Wärmebedarf zu ihrer Beheizung. Was die CO<sub>2</sub>-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 Einzelelementen. 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 Einzelelemente 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

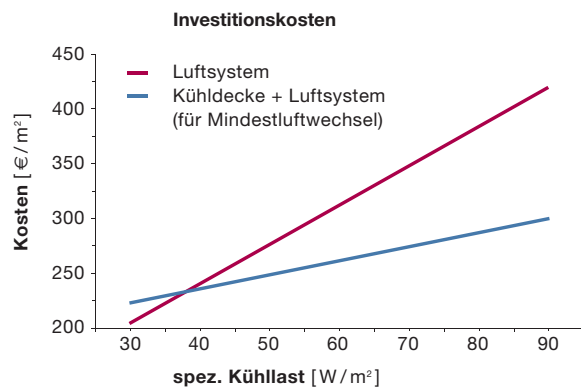
Ein wichtiges Kriterium für die Auswahl eines Systems bilden nicht zuletzt die Kosten, genauer: die Investitions- und die Energiekosten. Die Investitionskosten stellen in der ersten Phase eine wichtige Größe für den Bauherrn dar. Oftmals entscheidet dieser selbst, ob ein Projekt realisiert bzw. mit welchem 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

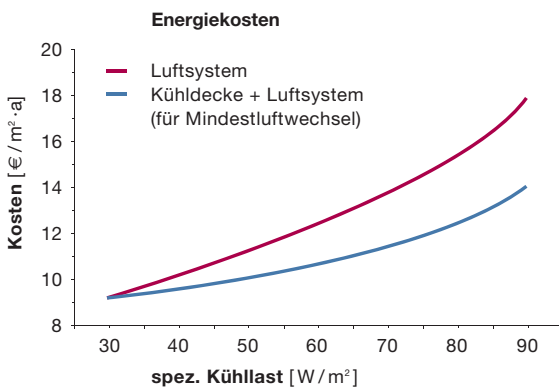
Die Energiekosten richten sich wesentlich nach der Art des Energiesystems und der Energieerzeugung. Die Energiesysteme unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Wärmeabgabe bzw. Wärmeaufnahme. Diese wiederum beeinflusst die Kosten für eine eventuell notwendige Antriebsenergie für einen Ventilator, 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<br>m³/h | Flächenbezogen<br>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                           |

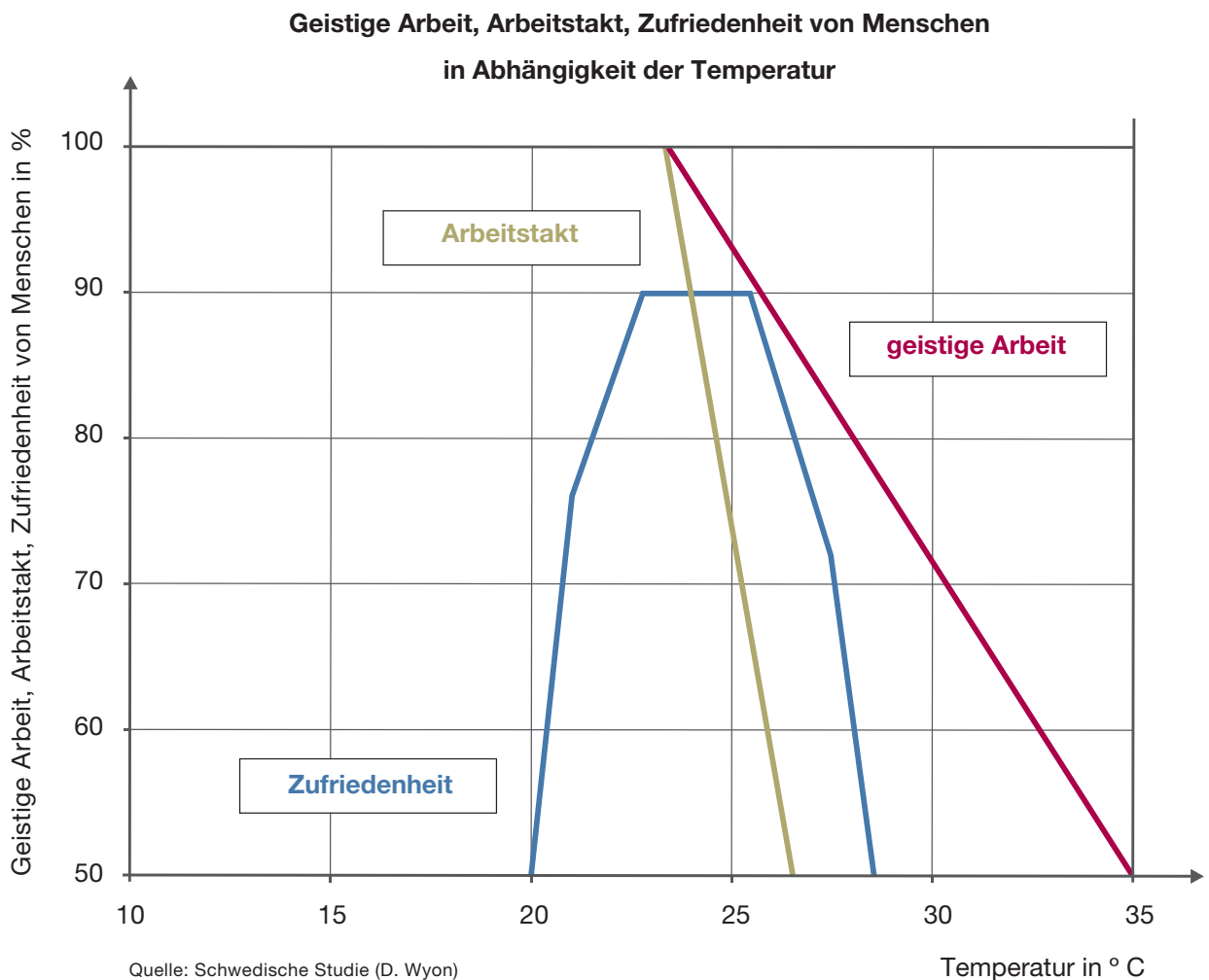
| Richtwerte für Luftwechselzahlen bei Fensterlüftung |                        |
|---|------------------------|
| Fenster, Türen geschlossen                          | 0 bis 0,5 pro Stunde   |
| Fenster gekippt                                     | 0,3 bis 1,5 pro Stunde |
| Fenster halb offen                                  | 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  $22^\circ\text{C}$  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.**

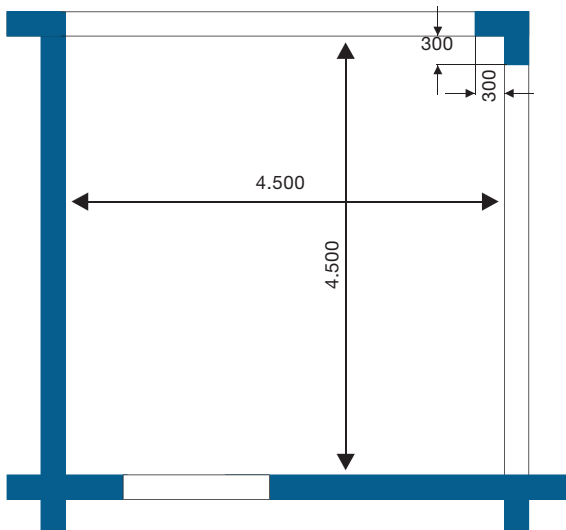
Wie bereits erwähnt, ist für die thermische Behaglichkeit die empfundene Temperatur maßgeblich. Und die tatsächlich empfundene Temperatur des Menschen ist der Mittelwert aus Lufttemperatur und mittlerer Umgebungstemperatur. Da durch den hohen Strahlungsanteil die Umgebungsflächen erwärmt bzw. gekühlt werden, kann die Lufttemperatur bei gleicher Empfindungstemperatur um bis zu  $3\text{K}$  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  $2\text{K je Meter Raumhöhe}$  betragen. Auch hier arbeitet Zehnder COMO optimal: Es kann  $2\text{K pro Meter Raumhöhe}$  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).

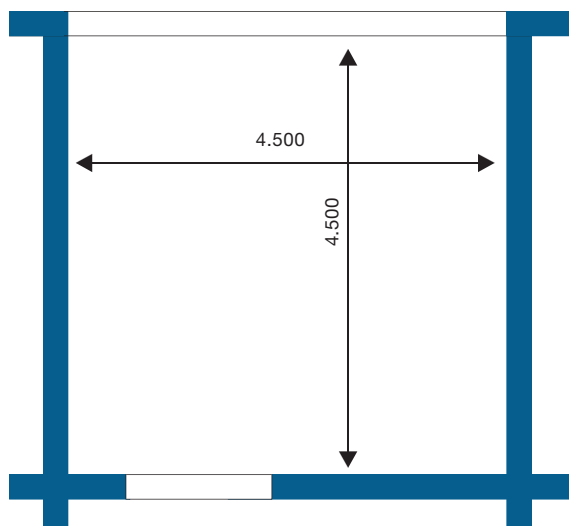
## 8. Decken-Heizsysteme und Behaglichkeit

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**



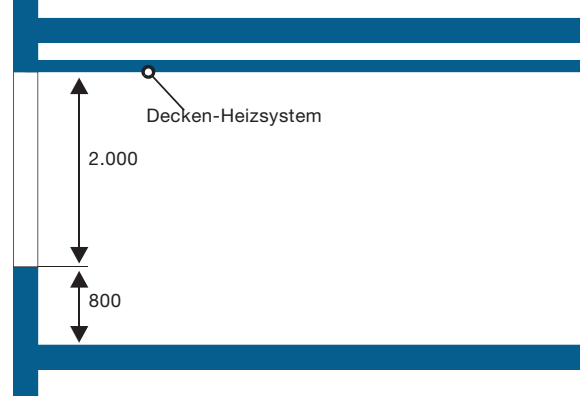
Welchen Randbedingungen (mittlerer k-Wert der Außenfassade) eine solche Beheizung genügen muss, untersuchte Prof. Dr. B. Glück mit einem wärmetechnischen und wärmephysiologischen Simulationsmodell auf der Grundlage von [1].

### Untersuchungsmethodik: kurze Erläuterung und Übersichten

Glück verglich zwei Büroräume des flächengleichen Grundrisses (20,25 m<sup>2</sup>) mit einer Volldeckenheizung. 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**:

|                     |   |
|---------------------|---|
| $\vartheta_U$       | maximaler Unterschied der Umgebungstemperaturen   |
| $\vartheta_E$       | maximaler Unterschied der Empfindungstemperaturen |
| $\vartheta_{S,max}$ | maximale Strahlungstemperatur-Asymmetrie          |
| $\vartheta_{S,min}$ | minimale Strahlungstemperatur-Asymmetrie          |
| $g_{Lt}$            | Lufttemperaturgradient                            |

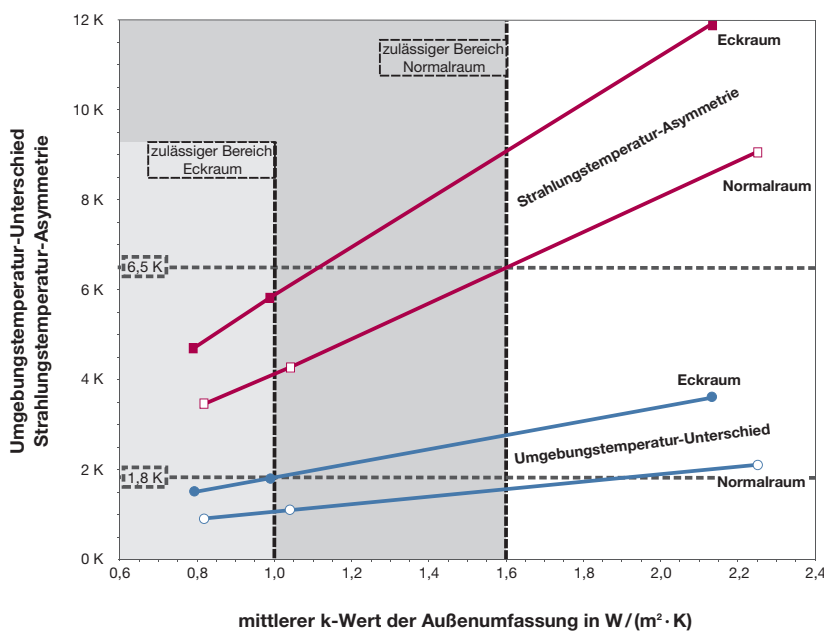
### Tabellarische Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse

| Raumart    | $k_F$<br>W/(m <sup>2</sup> · K) | $\vartheta_U$<br>K | $\vartheta_E$<br>K | $\vartheta_{S,max}$<br>K | $\vartheta_{S,min}$<br>K | $g_{Lt}$<br>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:

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

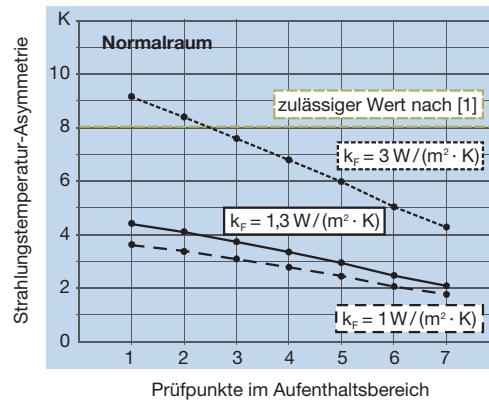
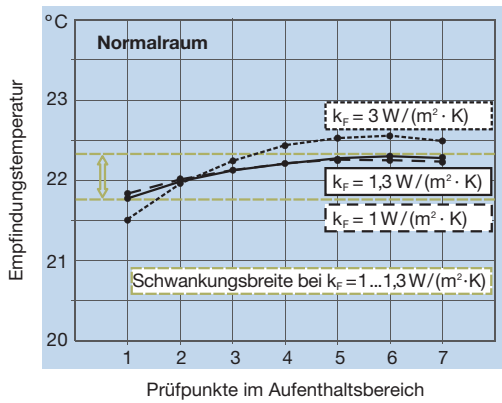
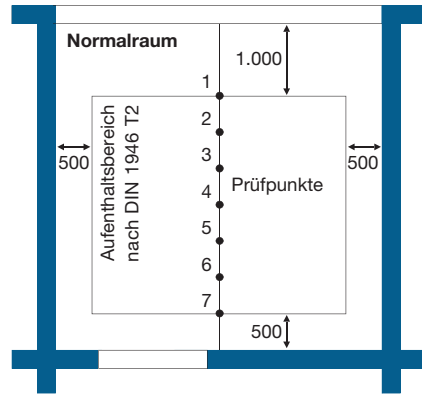
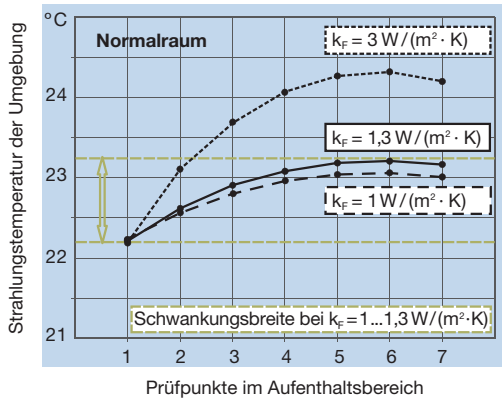


Strahlungstemperatur-Asymmetrie und Umgebungstemperatur-Unterschied in den untersuchten Räumen in Korrelation mit dem mittleren k-Wert der Außenwand (Wand plus Fenster) sowie zu erwartende Ergebnisse einer Verallgemeinerung für ähnliche Büroräume

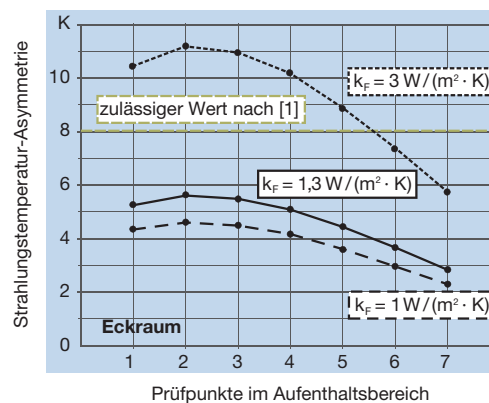
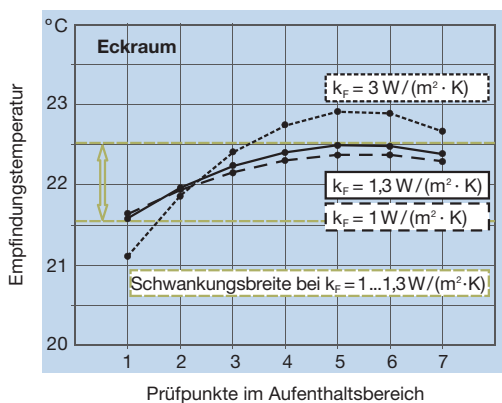
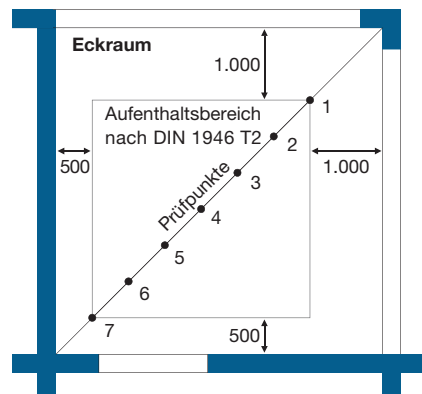
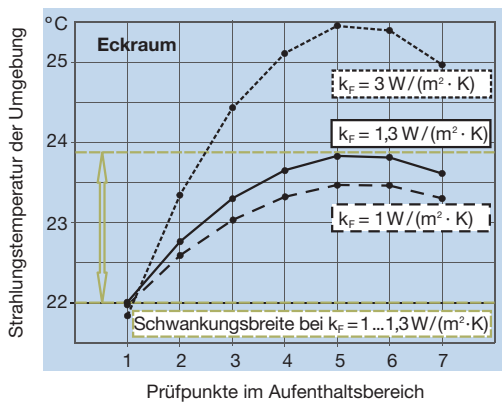
### Gesamtergebnis

Thermische Behaglichkeit ist bei einem Normalraum gegeben, wenn der mittlere k-Wert der Außenwand  $\leq 1,6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  und bei einem Eckraum  $\leq 1,0 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  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



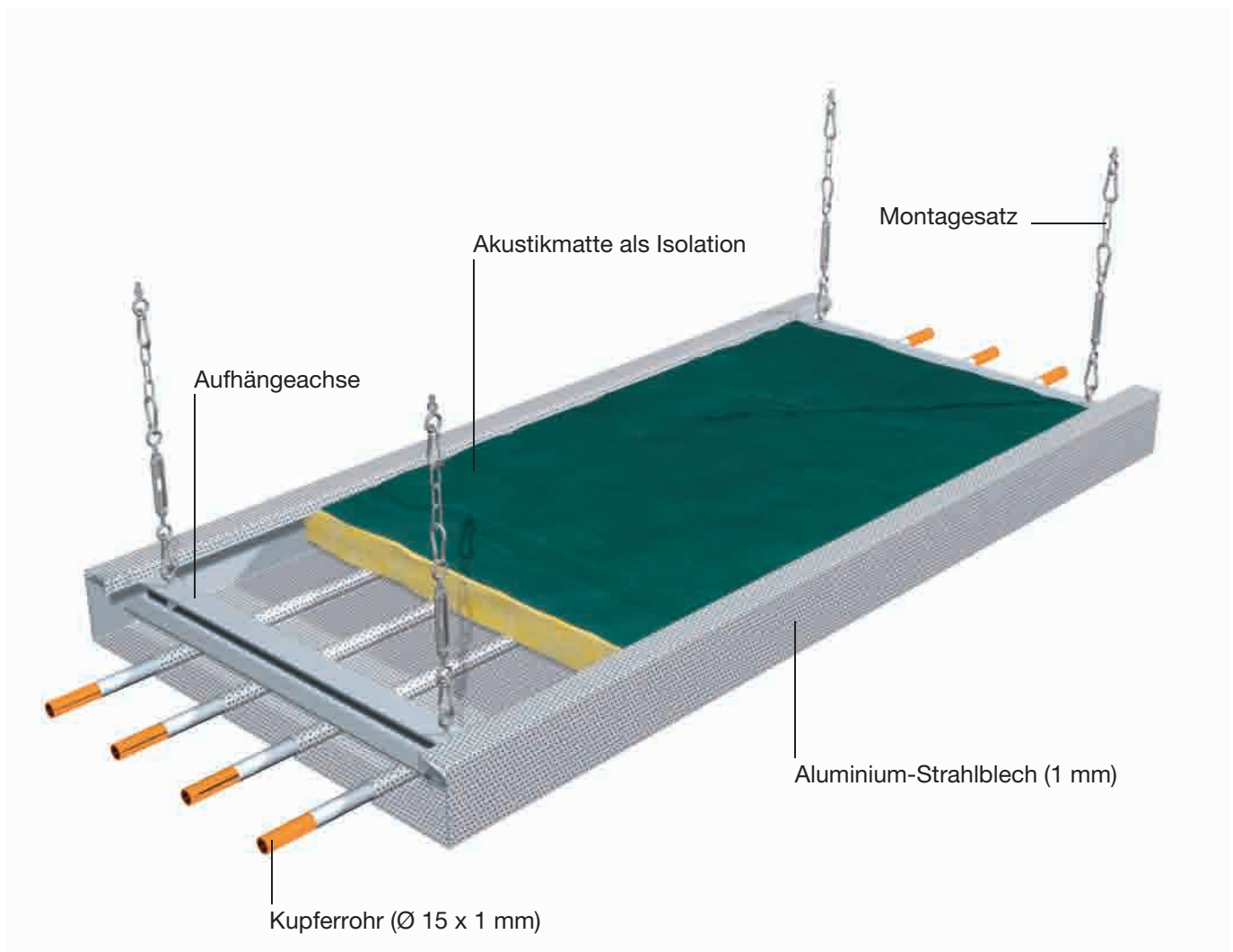


# Zehnder COMO: Produkt-Beschreibung

## 1. Aufbau des Einzelementes

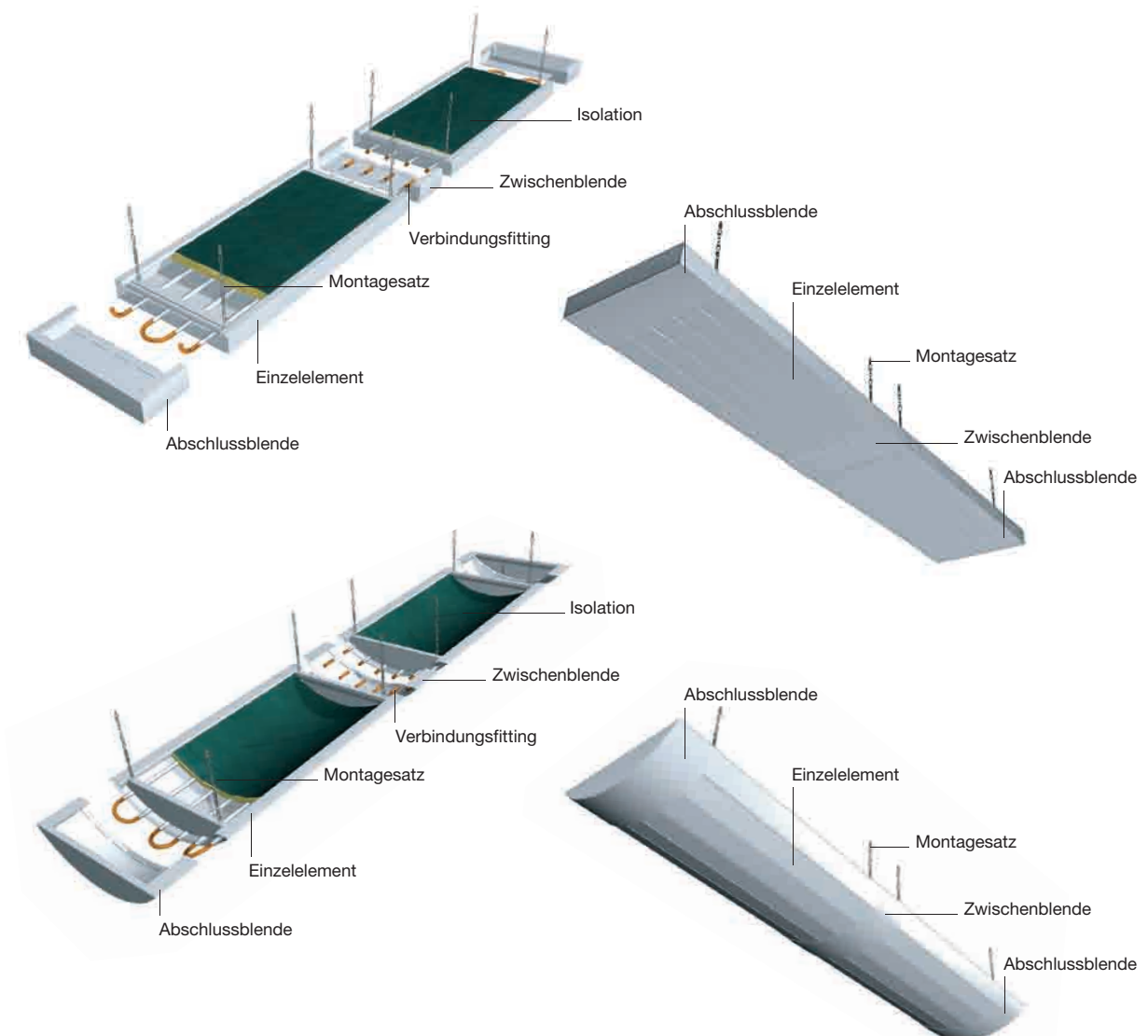
Die Zehnder COMO Decken-Kühl- und -Heizplatte besteht aus einem 1 mm dicken Aluminium-Strahlblech, in dem nahtlose Kupferrohre ( $\text{\O} 15 \times 1 \text{ mm}$ ) formschlüssig verpresst sind. Das Blech umschließt dadurch ca. 85% des Rohres und ermöglicht so einen idealen Wärmeübergang. Die Platten-Oberseite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



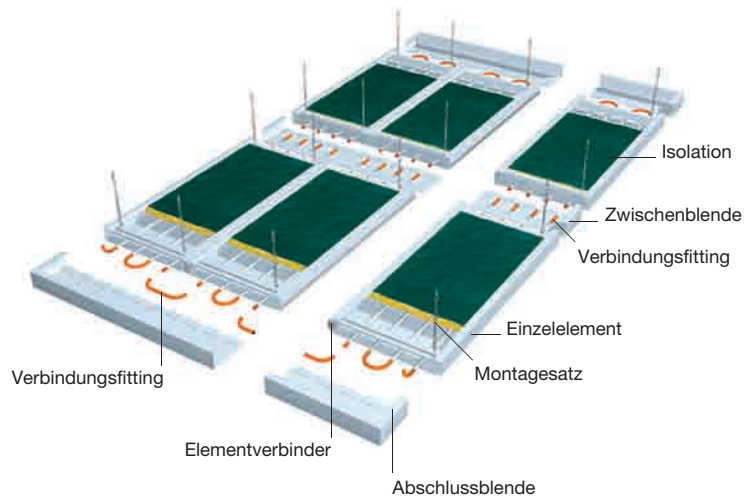
### 2.1. Zehnder COMO Band

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.

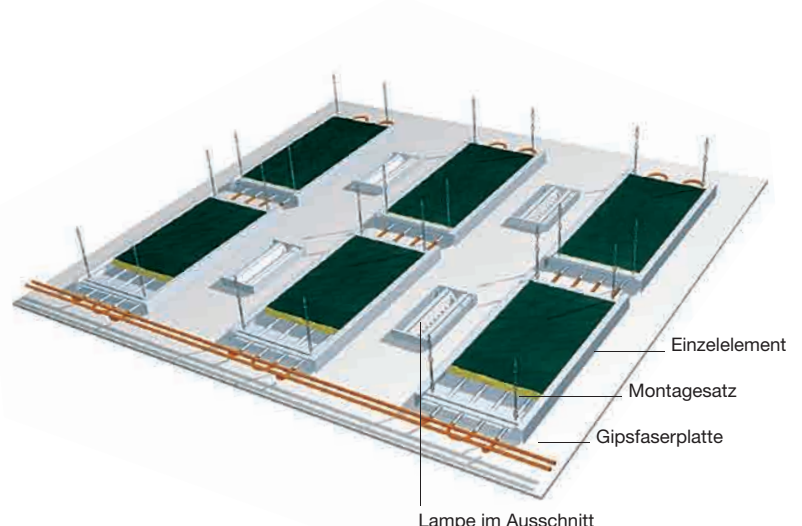
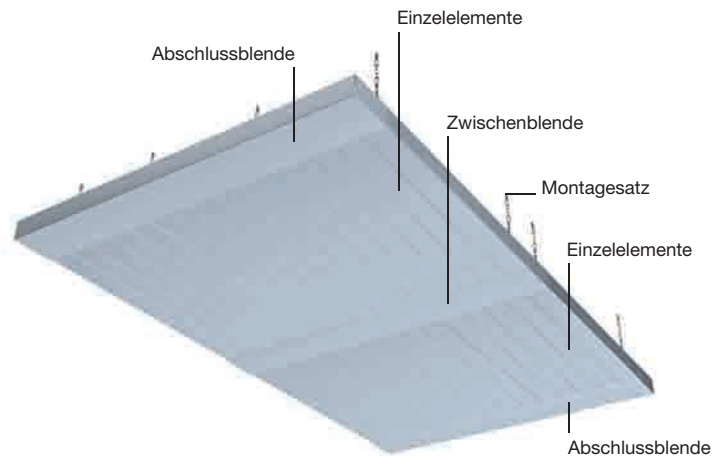
Die Einsatzbereiche erstrecken sich über die gesamte Nutzungsraum-Palette. Einige Beispiele: Büro- und Empfangsräume, Verkaufs-, Ausstellungs-, Veranstaltungsräume, Kantinen, Banken, Fitnessstudios, Konferenz-, Unterrichtsräume u. a.



## 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 Einzelemente 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

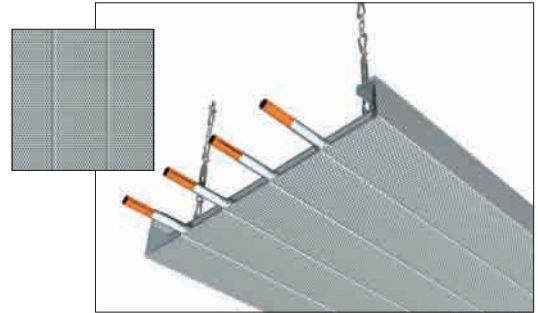
Die Zehnder COMO Platte kann mit **zwei verschiedenen Oberflächen-Beschaffenheiten** geliefert werden:

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

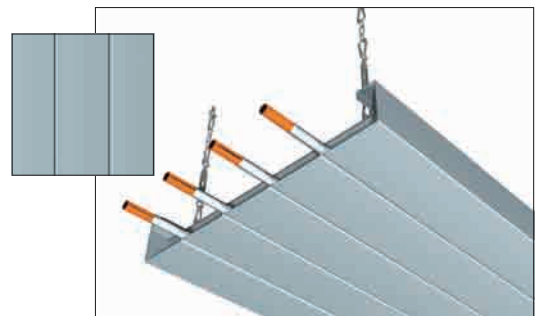
Die **Oberflächen-Beschichtung** gibt es ebenfalls **in zwei Ausführungen**:

- 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.

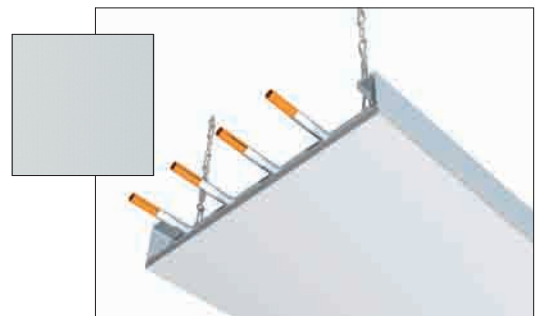
Zu beachten ist: Die Gipsfaserplatten sind spezielle Thermo-Gipsfaserplatten, und die Vorlauftemperatur darf max. 45° C betragen (z. B. Knauf Thermoplaten K 713). Relevant sind die jeweiligen Herstellerangaben.



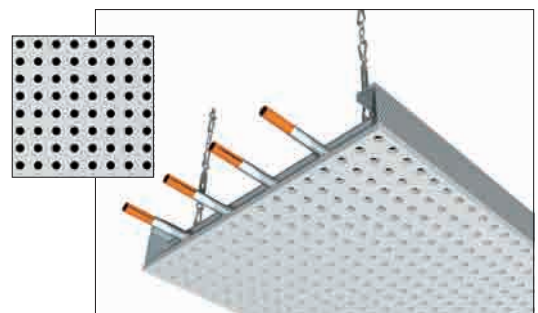
Zehnder COMO Deckenstrahlplatte: perforiertes, lackiertes Strahlblech



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.

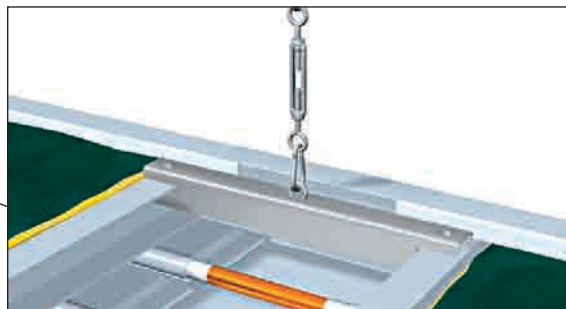
Jedes Einzelelement wird an vier Befestigungspunkten aufgehängt. Sollen mehrere hintereinander montiert werden, so ist es möglich, an den Platten-Verbindungsstellen ein **Aufhänge-Verbindungsprofil** zu befestigen. Mit diesem Profil lässt sich ein Befestigungspunkt pro Verbindungsstelle sparen.



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

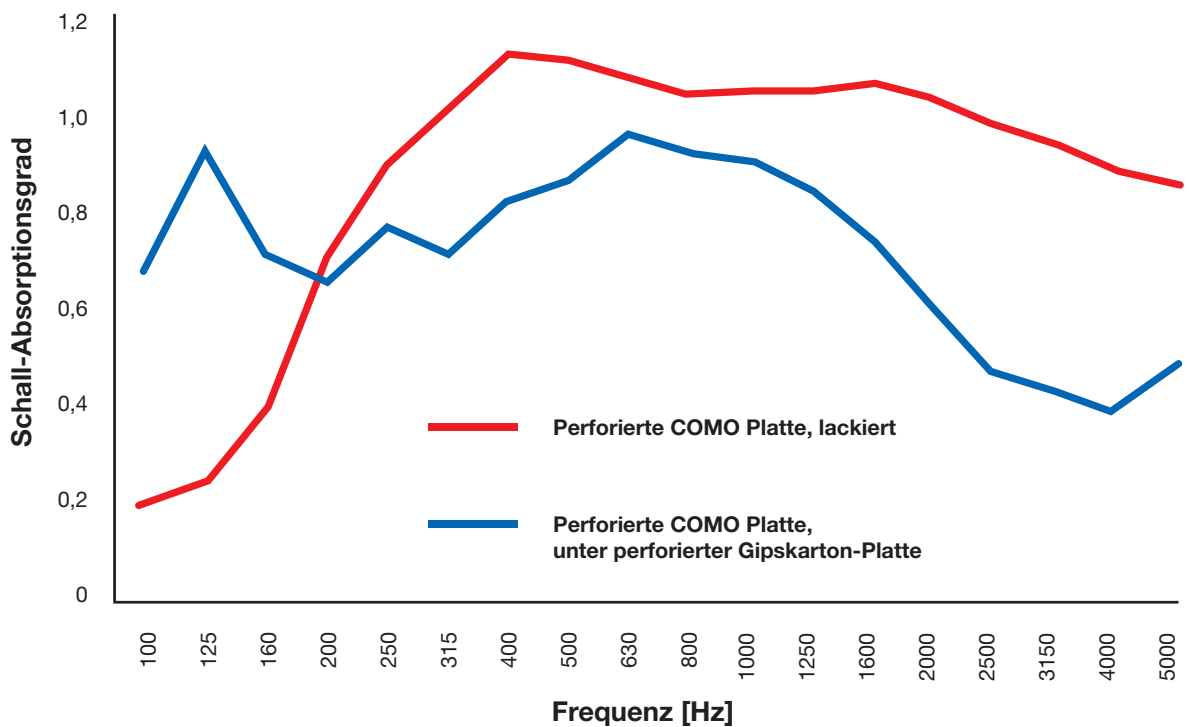


Montagesatz für Stahlträger

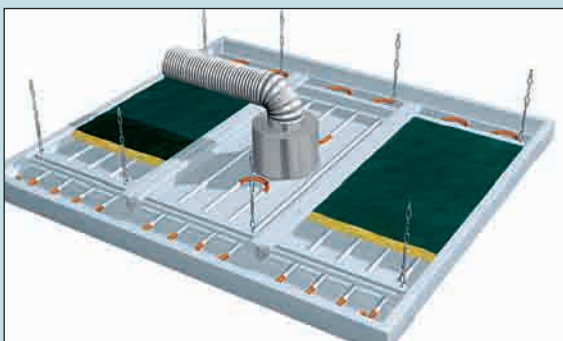
## 5. Schallabsorption

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.

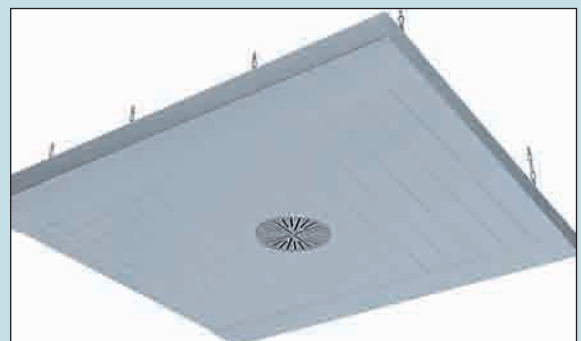
### Zehnder COMO Schall-Absorptionsgrad in Abhängigkeit von Frequenz und Oberfläche



### Beispiele für Deckenausschnitte



Runder Lüftungs-Ausschnitt, Ansicht von oben



Runder Lüftungs-Ausschnitt, Ansicht von unten

## 6. Sonderlösungen

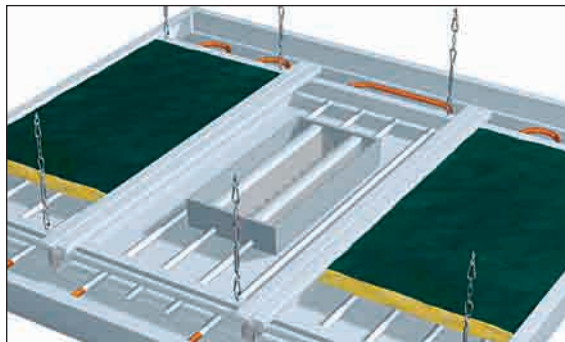
Damit jeder Kunde und jeder Raum seine individuell erforderliche Lösung erhält, sind Leuchten, Zuluftöffnungen sowie Abluftgitter in die Zehnder COMO Platten integrierbar. Gehrungsschnitte erlauben eine genaue Anpassung an die Raumarchitektur.

### 6.1. Deckenausschnitte

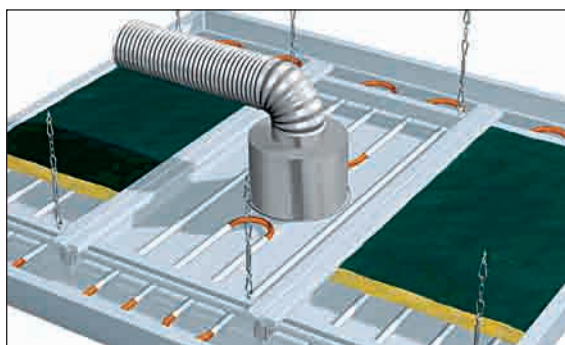
Exakt nach Angaben und Abmaßen des Kunden, spart Zehnder die Deckenausschnitte in den Einzelmodulen aus. Möglich sind runde, quadratische oder rechteckige Formen.

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

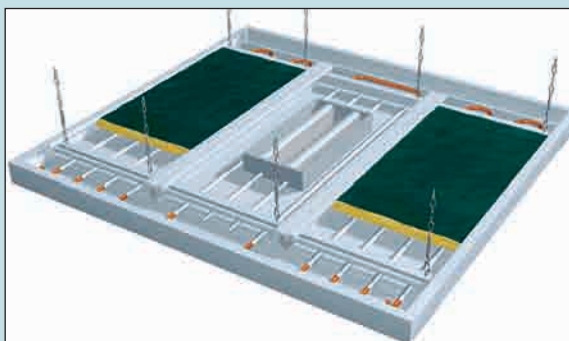
- **inaktive Rohre** werden nicht mehr mit Wasser durchströmt. Dies mindert die Leistung der Platte.
- **aktive Rohre** verbindet ein Bypass, das Wasser fließt weiter. Die Leistungsmin- derung bleibt gering.



Rohre nach Deckenausschnitt wassertechnisch inaktiv



Rohre nach Deckenausschnitt wassertechnisch aktiv



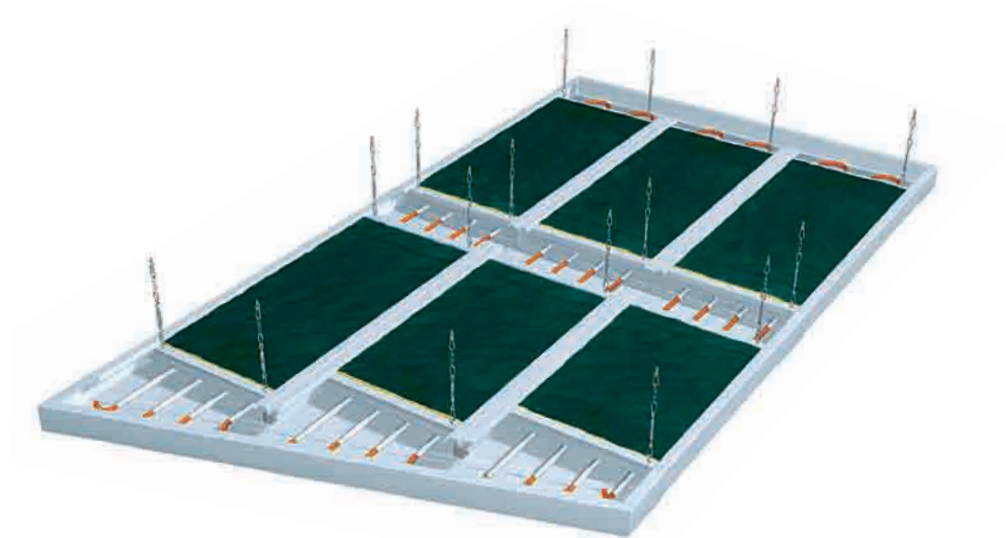
Rechteckiger Lampen-Ausschnitt, Ansicht von oben



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. Ballabweisende Haube

In Sporthallen empfiehlt sich eine Ballabweisende Haube. 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 <sub>KVL</sub> °C |                   | 14   | 15   | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | t <sub>KVL</sub> °C |                     |
|---------------------|-------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|---------------------|
| t <sub>KRL</sub> °C | t <sub>i</sub> °C |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | t <sub>i</sub> °C   | t <sub>KRL</sub> °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 <sub>KRL</sub> °C | t <sub>i</sub> °C |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | t <sub>i</sub> °C   | t <sub>KRL</sub> °C |
| t <sub>KVL</sub> °C |                   | 14   | 15   | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | t <sub>KVL</sub> °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:

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

| t <sub>HVL</sub> °C |                   | 40   | 38   | 36   | 34   | 32   | 30   | 28   | 26   | 24   | 22   | t <sub>HVL</sub> °C |                     |
|---------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|
| t <sub>HRL</sub> °C | t <sub>i</sub> °C |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | t <sub>i</sub> °C   | t <sub>HRL</sub> °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 <sub>HRL</sub> °C | t <sub>i</sub> °C |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | t <sub>i</sub> °C   | t <sub>HRL</sub> °C |
| t <sub>HVL</sub> °C |                   | 40   | 38   | 36   | 34   | 32   | 30   | 28   | 26   | 24   | 22   | t <sub>HVL</sub> °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 <b>mit</b> Isolation [W/m] |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Anzahl der Rohre (St.)   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   |     |
| Baubreite (mm)   | 900 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 300 |     |
| Über-<br>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 <b>ohne</b> Isolation [W/m] |      |     |     |     |     |     |     |     |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Anzahl der Rohre (St.)  | 8    | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   |     |
| Baubreite (mm)  | 900  | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 300 |     |
| Über-<br>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/m<sup>2</sup>]

| Ausführung                                |    | Kühlleistung     |                 | Heizleistung     |                 |
|---|----|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|   |    | lackierte Fläche | Gipsfaserplatte | lackierte Fläche | Gipsfaserplatte |
| Untertemperatur (K)<br>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/m<sup>2</sup>]

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

<sup>1)</sup> Höhere Betriebstemperatur nach Absprache möglich

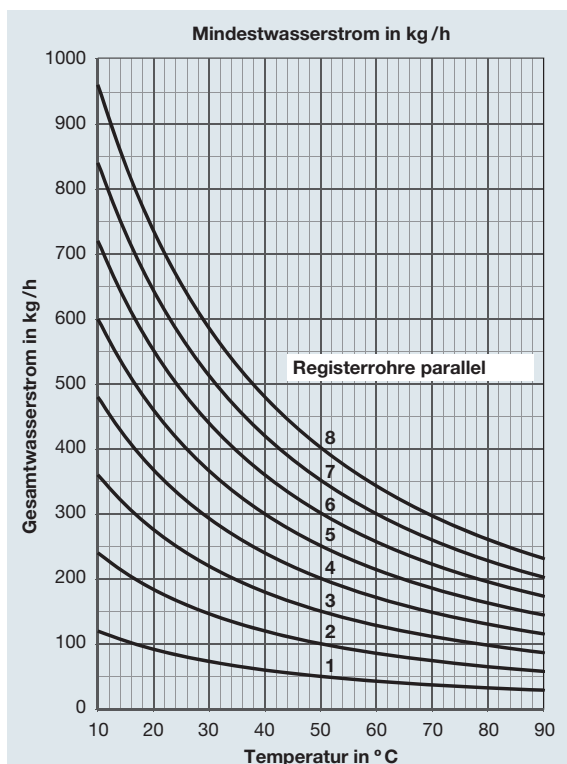
<sup>2)</sup> Höherer Betriebsdruck nach Absprache möglich

### 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.

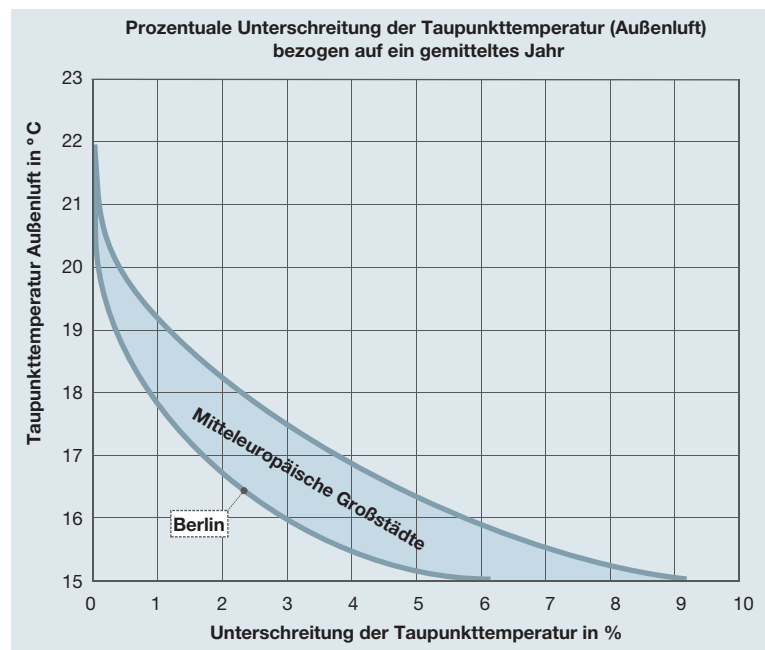
Beim Kühlen und Heizen mit Zehnder COMO muss die geringstmögliche Temperatur zur Auslegung des Mindestwasserstromes berücksichtigt werden. Im Kühlfall und im kombinierten Kühl-/Heizfall ist diese die Kaltwasser-Vorlauftemperatur.

**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.

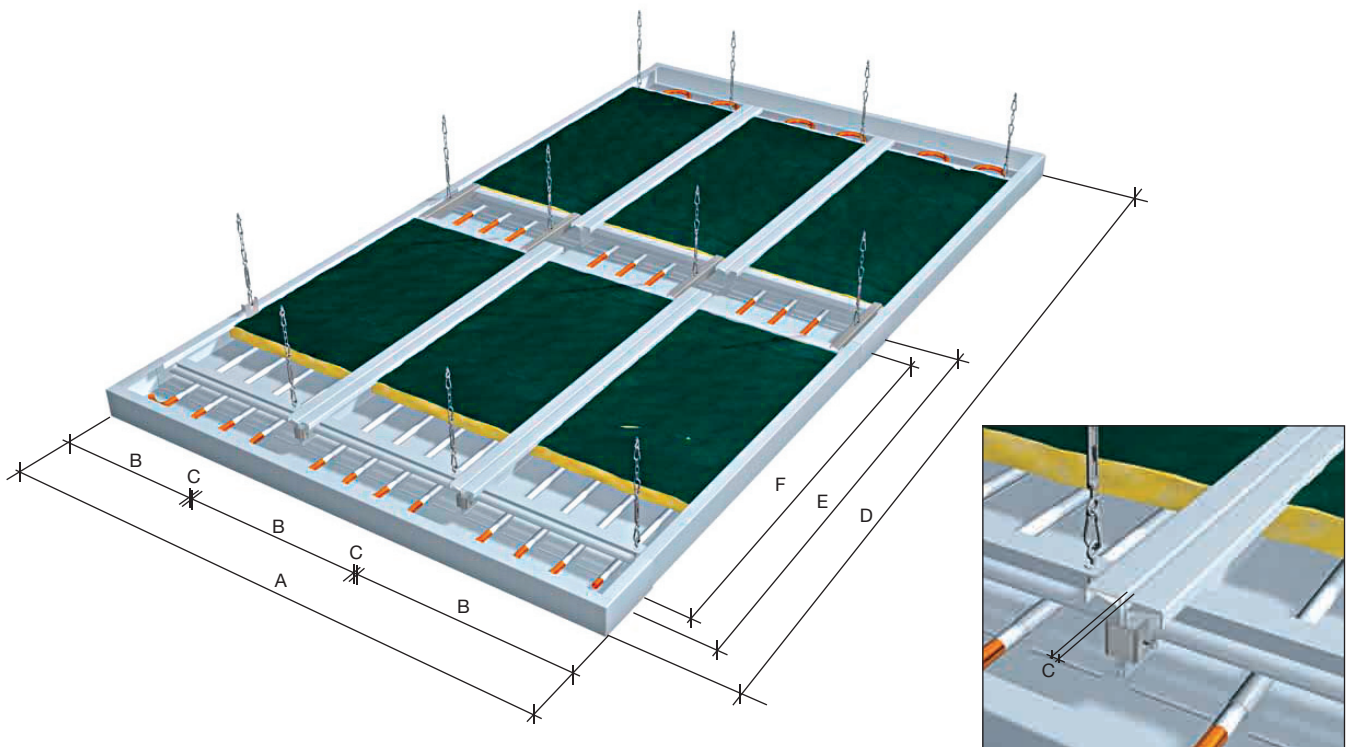
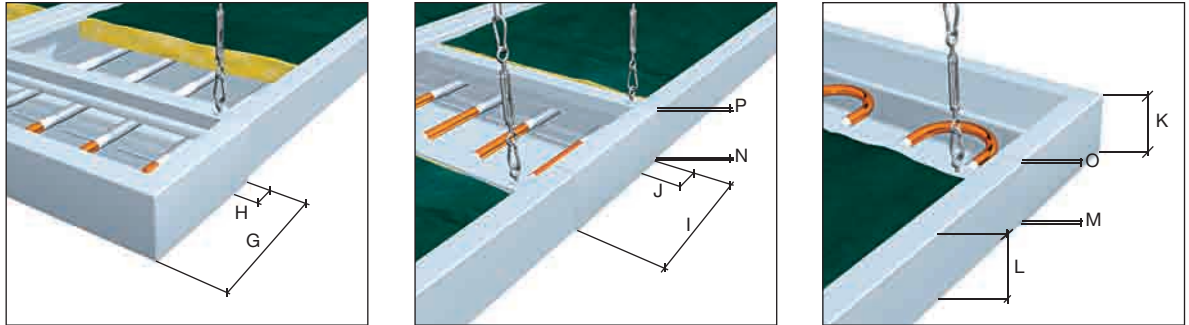


### 3.4. Ballwurfsicherheit

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

### 3.5. Abmaße

#### Modulmaße



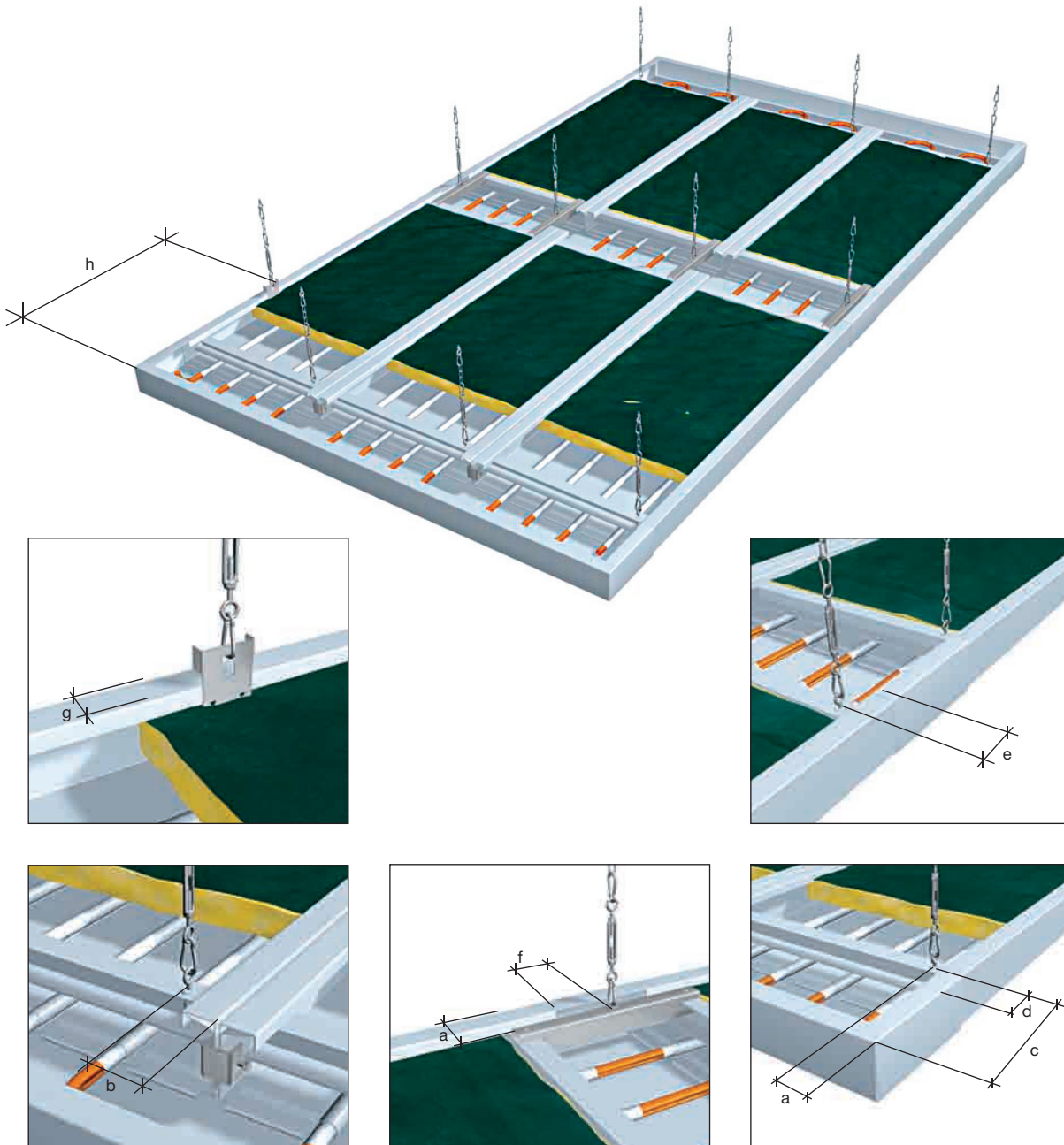
#### Modulmaße (mm)

| 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 Fugelleiste-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.

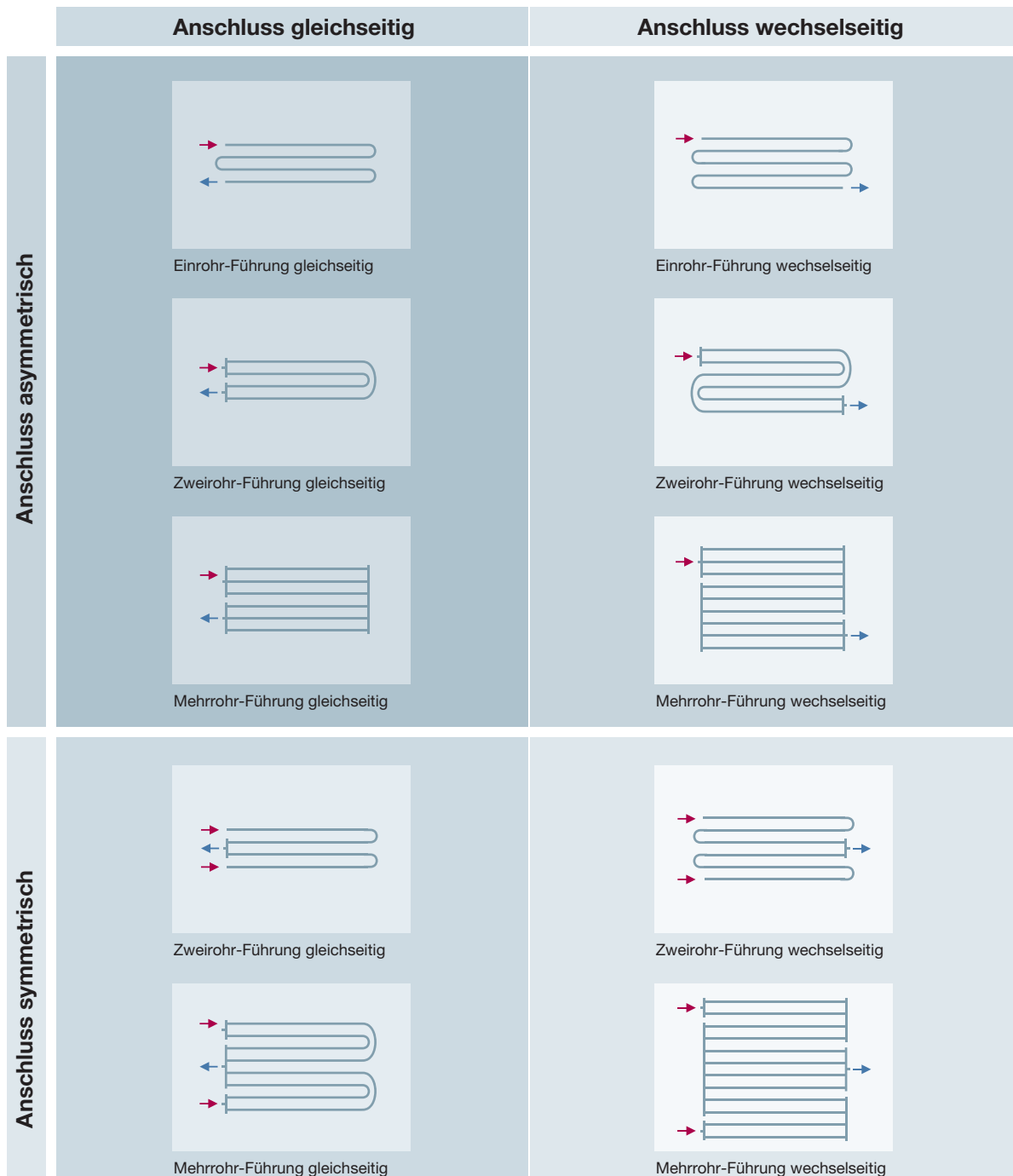
Bei langen Bändern empfiehlt sich ein symmetrischer Anschluss. Er gewährleistet eine gleichmäßige Längenausdehnung.

#### Gleich- und wechselseitiger Anschluss.

In der Regel bestimmen bauliche Gegebenheiten die Lage des Anschlusses.

#### Unterschiedliche Anzahl parallel geführter Rohre.

Die Rohrzahl 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:

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Aufgabenstellung:</b> | Büroraum soll gekühlt und beheizt werden.  |
| <b>Randbedingungen:</b>  | Raumfläche: 20 m <sup>2</sup><br>Kühllast: 1080 W<br>Wärmebedarf: 907 W<br>Raumtemperatur Kühlen: 26° C<br>Raumtemperatur Heizen: 20° C  |
| <b>Ziel:</b>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Segelgröße bestimmen</li> <li>2. Auslegungstemperaturen Kühlen bestimmen</li> <li>3. Massenstrom des Segels berechnen</li> <li>4. Auslegungstemperaturen Heizen bestimmen</li> <li>5. Segel in Einzelmodule aufteilen</li> <li>6. Anschlussmöglichkeiten des Segels aufzeigen</li> </ol> |

#### 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 Heizen bestimmen:

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

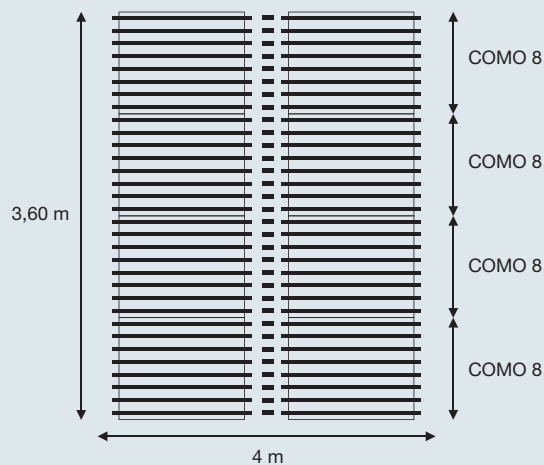
Übertemperatur bestimmen: Aus der Leistungstabelle folgt bei einer Heizleistung von  $q = 63 \text{ W/m}^2$  eine Untertemperatur von  $9,7 \text{ K}$ .

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

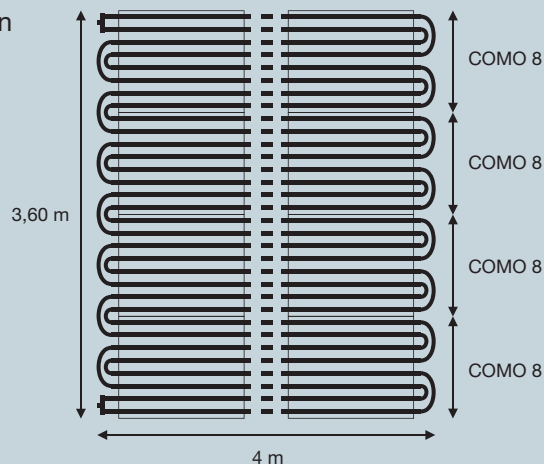
$$\Rightarrow t_{HVL} = t_i + \Delta t_{\text{Over}} + \frac{(t_{HVL} - t_{HRL})}{2} = 20^\circ \text{C} + 9,7 \text{ K} + \frac{2,5}{2} \text{ K} \approx 31^\circ \text{C}$$

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

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:

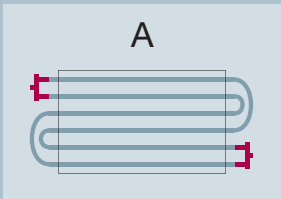
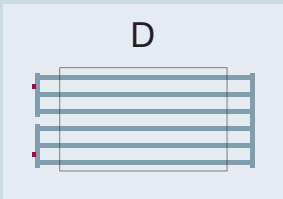
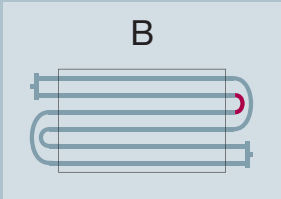
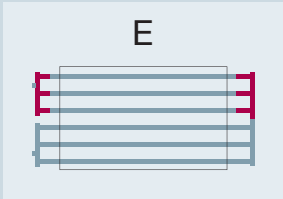
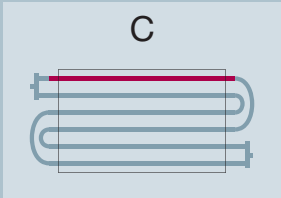
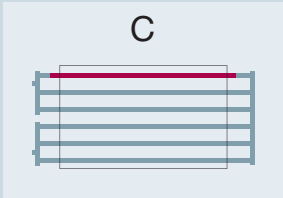
1. Wie viele Rohre sind parallel zu durchströmen? Aus dieser Anzahl ergibt sich die zu verwendende Spalte.
2. Der Druckverlust des Anschlusspaares ist nun aus Diagramm A oder D zu abzulesen.

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

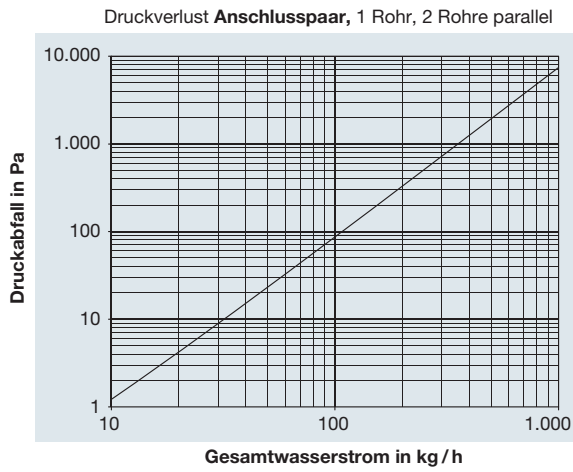
**Vorsicht:** Hier ist unbedingt zu beachten, dass dieser Druckverlust mit der Anzahl der in Reihe geschalteten Sammlerpaare oder Bögen multipliziert werden muss!

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!

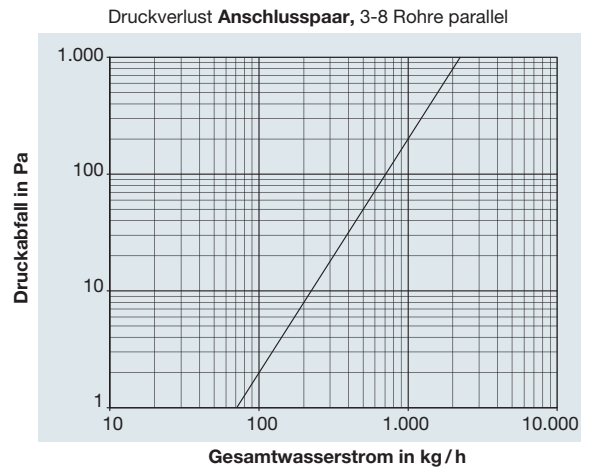
5. Der Gesamtdruckverlust des Decken-Kühl- und -Heizsystems ergibt sich nun einfach als Summe der zuvor berechneten Einzeldruckverluste.

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

A



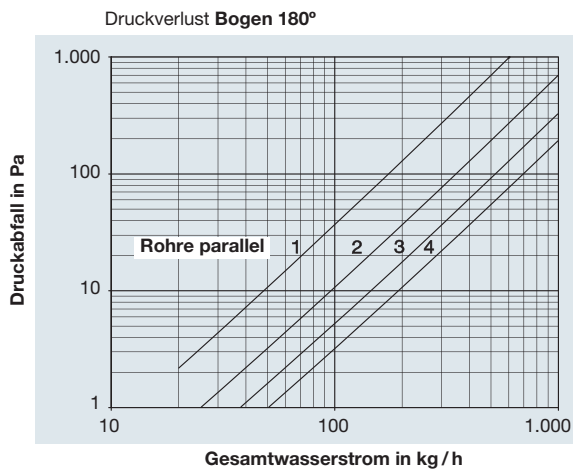
D



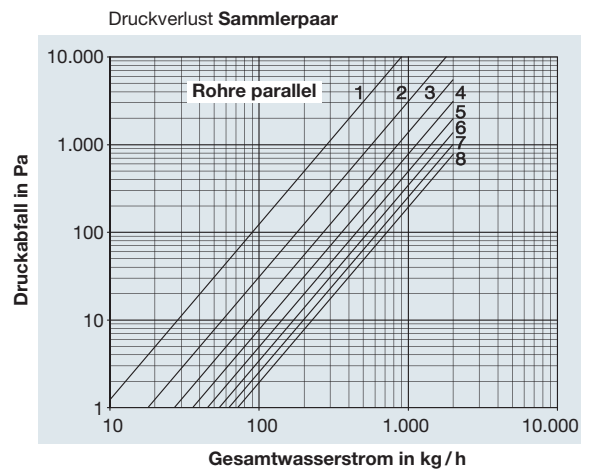
+

+

B



E

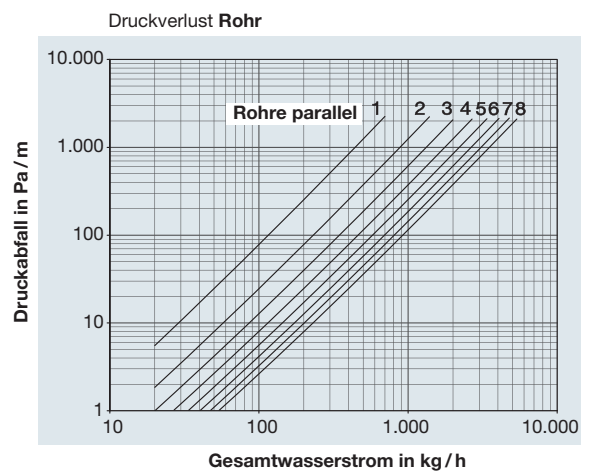
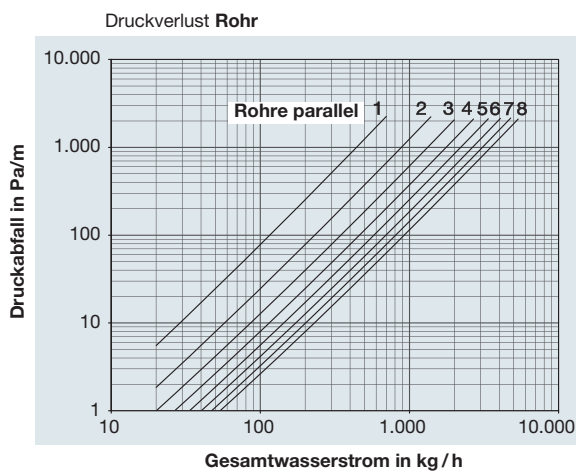


+

+

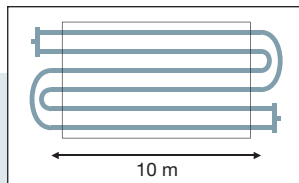
C

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:

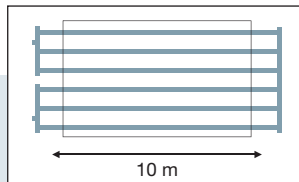
$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{Rohr}} &= 310 \text{ Pa/m (bei 450 kg/h, 2 Rohre parallel)} \\ \Delta p_{\text{Rohre}} &= \Delta p_{\text{Rohr}} \cdot \text{Länge der Rohre in Reihe} \\ &= 310 \text{ Pa/m} \cdot 3 \cdot 10 \text{ m} = 9300 \text{ Pa}\end{aligned}$$

#### 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/m<sup>3</sup>. 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

m<sup>2</sup> Fabrikat: Zehnder  
Typ: COMO  
Ausführung: Segel  
Abmaße: Baubreite  mm, Baulänge  mm,  Teillängen  
Modul: aktiv

Kühlleistung:  W/m<sup>2</sup> bei  $t_{KVL} =$   ° C,  $t_{KRL} =$   ° C,  $t_i =$   ° C

Heizleistung:  W/m<sup>2</sup> bei  $t_{HVL} =$   ° C,  $t_{HRL} =$   ° C,  $t_i =$   ° C

Material: EUR/m<sup>2</sup> ,  EUR ,

### • Zehnder COMO Geschlossene Decke

m<sup>2</sup> Fabrikat: Zehnder  
Typ: COMO  
Ausführung: Geschlossene Decke  
Modul: aktiv

Kühlleistung:  W/m<sup>2</sup> bei  $t_{KVL} =$   ° C,  $t_{KRL} =$   ° C,  $t_i =$   ° C

Heizleistung:  W/m<sup>2</sup> bei  $t_{HVL} =$   ° C,  $t_{HRL} =$   ° C,  $t_i =$   ° C

Material: EUR/m<sup>2</sup> ,  EUR ,

