

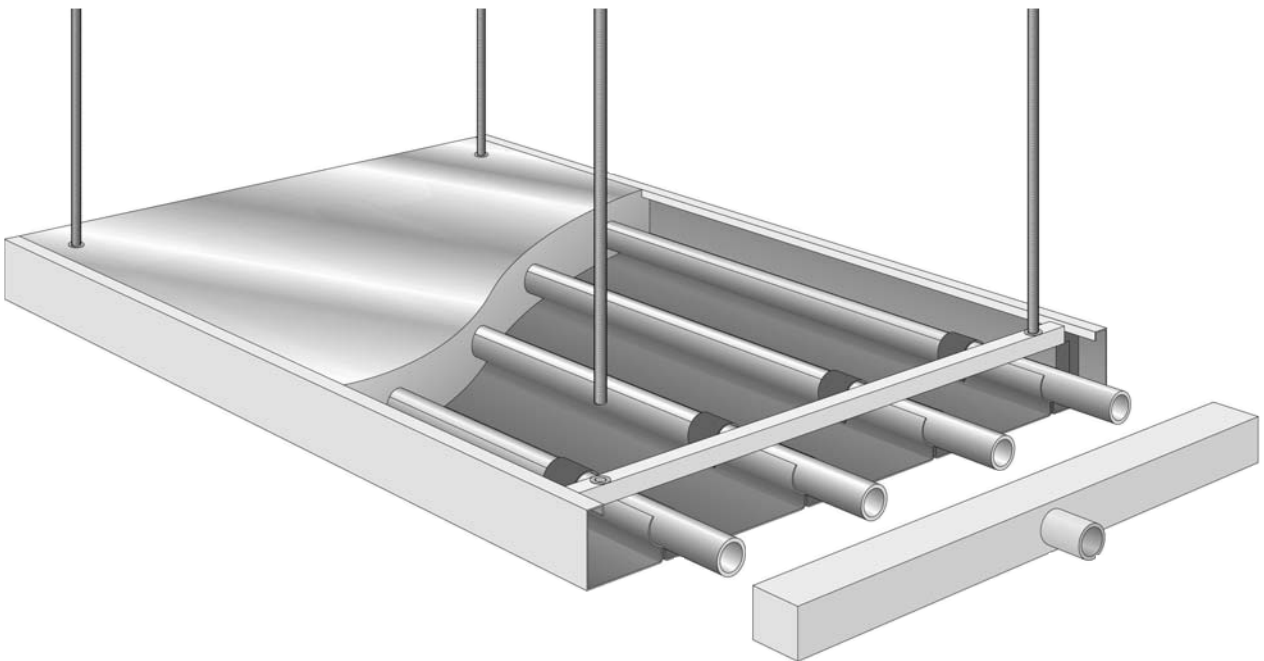


radiaTec[®]
Strahlungsheizungssysteme GmbH

radia *PU-2000*

**Technische
Information**

**Die neue Generation Deckenstrahlplatten –
solide Eleganz, kompakt, leicht und leistungsstark**



Mit ihrer glatten und ebenen Oberfläche wird die **radia PU-2000** allen optischen Ansprüchen gerecht. Diese solide Eleganz vereint die neue Generation Deckenstrahlplatten mit allen gewohnten Leistungsmerkmalen.

Darüber hinaus bietet sie enorme Optimierungen in Gewicht auf unter die Hälfte des bislang Üblichen und verfügt über weitere Handling-Vorzüge.

Die PU-Hartschaumdämmung mit glasfaserverstärkter Aluminiumfolie verleiht der **radia PU-2000** dabei nicht nur eine kompakte Stabilität. Der hohe Wärmedämmwert der FCKW-freien Schäumung [$k=1\text{W/m} \cdot \text{K}$] verringert die Wärmeabgabe nach oben und optimiert die Wärmeleistung in die Aufenthaltszone.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Grundlagen

- 1.1 Funktionsprinzip der Strahlungsheizung
- 1.2 Systembedingte Vorteile

- 1.3 Einsatzbereiche der Deckenstrahlungsheizung
- 1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

2. Produktbeschreibung

- 2.1 Produktkomponenten und Materialien
- 2.2 Modellübersicht: Baureihen – Leistungen – Gewicht

- 2.3 Heizmedien – Betriebsdruck – Einsatztemperaturen
- 2.4 Sonderlösungen der **radia** PU-2000

3. Technische Daten

- 3.1 DIN V 4706 – Normierte **radiaTec**® Leistungsdaten als Leistungs- und Qualitätsgarantie
- 3.2 Ballwurfsicherheit gemäß DIN 18032 Teil 3
- 3.3 Tabelle zur Ermittlung der Übertemperatur
- 3.4 Leistungsermittlung
- 3.5 Leistungskorrekturfaktoren

- 3.6 Kühlleistungen in graphischer und tabellarischer Darstellung
- 3.7 Druckverlustkurven mit Hinweisen zur Druckverlustberechnung
- 3.8 Übersicht über Einsatzgrenzen und zugehörige Grenztemperaturen

4. Hinweise zur Planung

- 4.1 Auslegungsgrundlagen für Deckenstrahlflächen
- 4.2 Grundlagenermittlung: Wärmebedarf – Anlagenkonzept – Systemtemperaturen
- 4.3 Die Anordnung des Strahlungsheizungssystemes im Großraum

- 4.4 Hydraulische Einbindung und Abgleich der Deckenstrahlflächen
- 4.5 Regelungstechnische Konzepte für Deckenstrahlheizungen
- 4.6 Zusammenfassung der Planungsgrundlagen anhand eines Beispielprojektes

5. **radiaTec**® Zubehörprogramm

- 5.1 **radiaTec**® Befestigungsprogramm und Standard – Montagesätze
- 5.2 Montageablauf der **radiaTec**® Deckenstrahlfläche

- 5.3 **radiaTec**® Zubehör zur hydraulischen Einbindung

6. **radiaTec**® – Projektabwicklung

- 6.1 Planungsunterstützung durch **radiaTec**®

- 6.2 **radiaTec**® Datenservice

1. Allgemeine Grundlagen

Die physikalischen Grundlagen der Wirkungsweise einer Strahlungsheizung besitzen für das Verständnis der Energiebetrachtung bzw. die Wirtschaftlichkeit des Systems hohe Bedeutung. Die Kenntnis um die Wirkungsweise einer Deckenstrahlfläche ist der Schlüssel zum grundsätzlichen Verständnis für die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen, sowie die Stärken und Schwächen des Systems.

Die grundsätzliche Wirkungsweise soll in diesem Kapitel erläutert werden. Diese Betrachtungen sind rein physikalisch und "fabrikatsneutral". Die technischen Zusammenhänge und Formelabhängigkeiten sind auf den zum technischen Verständnis der Thematik notwendigen Umfang reduziert. Die vollständigen Abhängigkeiten sind durch die einschlägige Fachliteratur jederzeit nachvollziehbar.

1.1 Funktionsprinzip der Strahlungsheizung

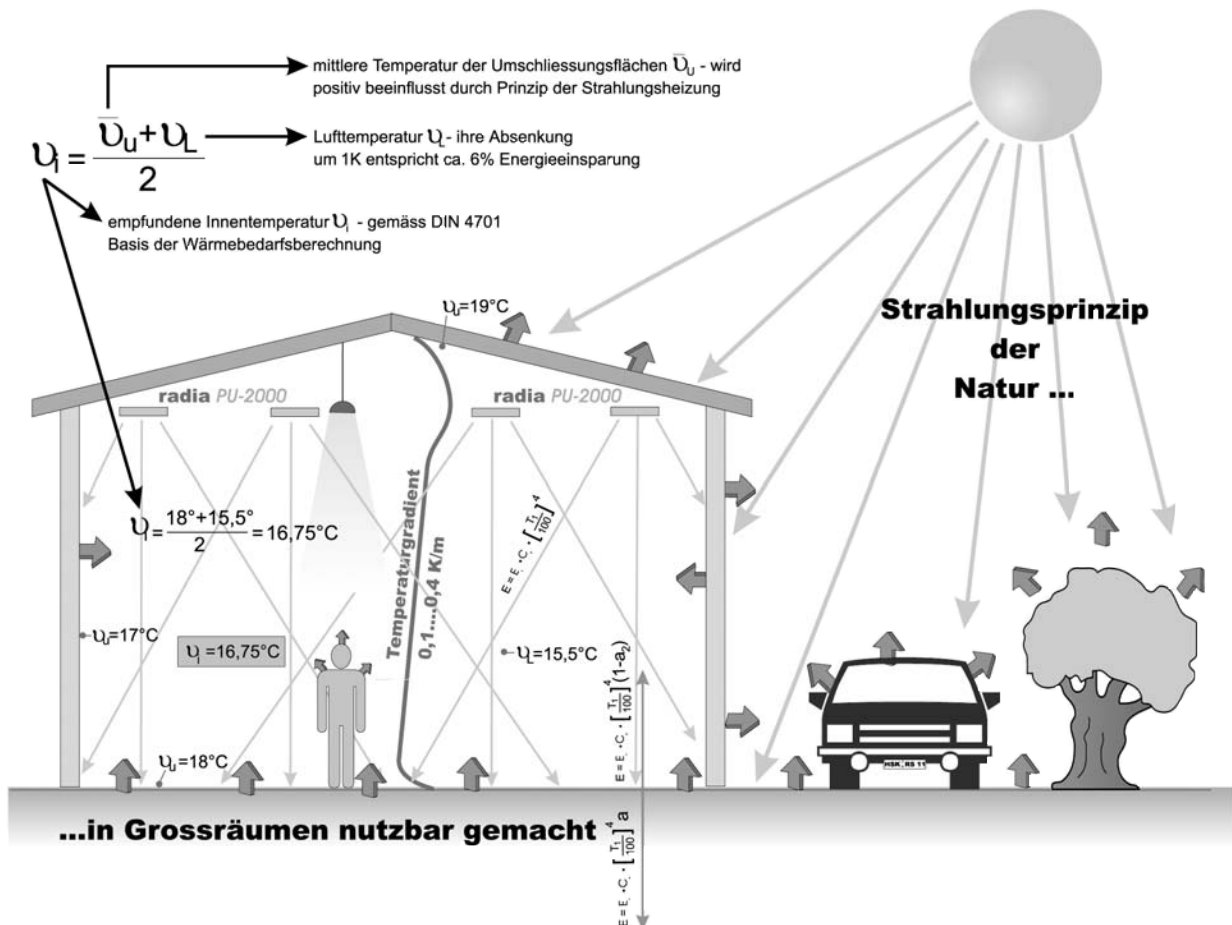
Die Wärmeübertragung ist der gemeinsame Sammelbegriff für den Transport von Wärme. Dieser

Transport erfolgt auf der Basis dreier unterschiedlicher, physikalischer Grundprinzipien.

- Berührung
- Konvektion
- Strahlung

In den thermischen Prozessen gibt es nahezu keinen Vorgang, bei dem einer der drei Wärmeübertragungsformen isoliert auftritt. Die Prozesse überlagern sich in vielfältiger Form. Die unterschiedlichen

Prinzipien sowie deren Einflüsse auf den Wärmeübertragungsprozess werden zunächst kurz skizziert, um die systembedingten Vorteile der Strahlungsheizung zu verdeutlichen.



1.1.1 Wärmeübertragung durch Leitung

Bei der Wärmeübertragung durch Leitung, d.h. in erster Linie Berührung wird der Hauptsatz der Thermodynamik hinsichtlich des Bestrebens nach Temperaturengleich aufgrund des physischen Kontaktes umgesetzt. Hierbei wird die Wärme durch intermolekulare Wechselwirkungen innerhalb eines Körpers bzw. zweier sich berührender Körper weitergeleitet. Einflussgrößen für die Effektivität dieser Art der Wärmeübertragung sind insbesondere die Art und Größe der Kontaktflächen, sowie die Beschaffenheit und Stoffeigenschaften der sich berührenden Medien. Hier ist insbesondere der Wärmedurchlasskoeffizient

(Δ [W/m²K]) als individuelle Stoffeigenschaft jedes Materials zu benennen. Die Wärmeübertragung durch Leitung spielt in der Heizungstechnik z.B. im Bereich der Wärmebedarfermittlung, hinsichtlich der Wärmeleitung von Bauteilen eine große Rolle. Ebenso häufig bei der Wärmeübertragung von Medien z.B. über Wärmetauscher. Bei der Deckenstrahlflächenheizung ist der Wärmeübergang vom Strahlflächenrohr an das Strahlungsblech eine Wärmeübertragung überwiegend durch Wärmeleitung (vgl. 3.5.3).

1.1.2 Wärmeübertragung durch Konvektion

Konvektion überträgt die Wärme durch Mitführung. Die Wärme fließt von einem festen Körper zu einem bewegten Medium (Flüssigkeit oder Gas) bzw. auch umgekehrt. Hierbei wird insbesondere zwischen freier und erzwungener Strömung unterschieden. Neben der Temperaturdifferenz zwischen Fluid und festem Körper sowie die zugehörige Fläche (z.B. Wände oder Heizflächen) ist insbesondere der Wärmeübergangskoeffizient (α [W/m²K]) als Einflußgröße für den Wärmestrom bzw. die Wärmestromdichte durch Konvektion zu benennen.

Die sog. freie Strömung bzw. Konvektion nutzt den Dichteunterschied bei unterschiedlichem Temperaturenniveau. Das leichtere, weil wärmere Gas steigt nach oben und verdrängt das entsprechend kühlere und damit schwerere Gas. So entsteht ein Wärmeübergang und somit eine gewisse Thermik, die in geschlossenen Räumen als sog. "Raumwalze" wirkt. Diese wird in der Heizungstechnik bei der Wohnraumheizung durch gezielte Anordnung von Heizflächen genutzt. Die erzwungene Strömung insbesondere bei der Wärmeübertragung von Flüssigkei-

ten an feste Körper z.B. Heizungswasser an das wasserführende Rohr ist von weiteren zusätzlichen Parametern abhängig. Hier spielen die diversen physikalischen Kennzahlen eine wesentliche Rolle, die insbesondere das Strömungsverhalten des Fluids bzw. die Oberflächenbeschaffenheit des Körpers kennzeichnen. Für den Wärmeübergang vom Heizungswasser an das Rohr ist eine sog. turbulente Strömung maßgeblich für die Effizienz der Wärmeübertragung verantwortlich. Kenngrößen für die Beurteilung sind z.B. die NUSSELT-Zahl (Nu[-]) die neben dem Wärmeübergangskoeffizienten (s.o.) auch die stoffspezifische Wärmeleitfähigkeit (λ [W/mK]) sowie die charakteristische Länge (l) als Kenngröße mit einbezieht ($Nu = \alpha_k \cdot l/\lambda$). Weitere Kenngrößen sind die REYNOLDS-Zahl (Re[-]), die sich aus dem Quotienten von Fluidgeschwindigkeit (w [m/s]) je charakteristischer Länge (l [m]) mit der kinematischen Viskosität des Fluids (ν [m²/s]) als stoffspezifische Größe ergibt ($Re = w \cdot l/\nu$). Hierbei ist z.B. $Re > 2320$ die Kenngröße, die den Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung anzeigt (vgl. Kap. 3.5.3.).

1.1.3 Wärmeübertragung durch Strahlung

Wärmestrahlung ist eine spezifische Eigenschaft aller Körper. Die Wärmestrahlung (Temperatur- bzw. Infrarotstrahlung) ist eine kurzwellige Energiestrahlung (Wellenlänge 0,8...800 (m), die ähnlich dem Licht (Wellenlänge 0,4...0,8 (m) ein Teilbereich des elektromagnetischen Wellenspektrums darstellt. Die Wärmeübertragung und die daraus resultierende Wärmestromdichte ist abhängig von der Temperatur des strahlenden Körpers.

Die Energieabgabe eines Körpers durch Strahlung wird als Emission bezeichnet. Die auf einen Körper (z.B. Wand) auftreffende Strahlung kann entweder aufgenommen d.h. absorbiert (Absorptionsgrad a eines Körpers), reflektiert (Reflektionsgrad r) oder durchgelassen (Durchlassgrad d) werden. Die Gesamtstrahlung, die auf einen Körper auftrifft, teilt sich in die drei genannten Effekte auf (s. Abb. 1.1.3.a).

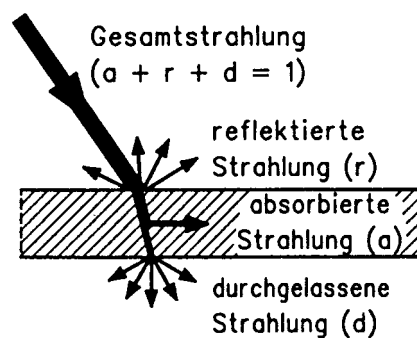


Abb. 1.1.3.a Mögliche Aufteilung der auftreffenden Strahlung

Der Vorteil des Heizenergietransports durch Strahlung ist, daß die Wärmewirkung erst unmittelbar am Körper eintritt und die Wärmeübertragung von einem Körper zum anderen ohne materielle Träger erfolgt. Beim Auftreffen dieser Energie wird aus der kurzwelligen Energiestrahlung die langwellige Wärmestrahlung. Für diese Umwandlung der Strahlung in Wärme ist hierbei vorrangig der Reflektionsgrad r (s.o.) verantwortlich.

Als klassische Beispiele für das unterschiedliche Durchlass- bzw. Absorptionsverhalten verschiedener Stoffe sind z.B. Glas bzw. transparente Baustoffe zu nennen. Die Energiestrahlen durchdringen das Glas nahezu verlustfrei und werden beim Auftreffen am Boden oder der Wand fast vollständig in langwellige Wärmestrahlung umgesetzt. Diese Strahlung ist jedoch aufgrund des veränderten Wellenspektrums nicht mehr in der Lage durch das Glas auszutreten. Hier ist die Wärmeübertragung nur noch per Leitung bzw. Konvektion möglich. Dieser Effekt wird in der Technik als sog. "Wärmefalle" bezeichnet und insbesondere im Zusammenhang mit der passiven So-

larenergienutzung energiesparend eingesetzt. Aber auch die transparente Wärmedämmung von Gebäuden nutzt diese physikalische Grundeigenschaft.

Zur Ermittlung der Strahlungsenergie sind neben der absoluten Temperatur, insbesondere die jeweiligen stoffspezifischen Eigenschaften, sowie in gewissen Umfang Oberflächenbeschaffenheiten in Form und Farbe sowohl der Strahlungsquelle als auch des angestrahlten Körpers notwendig. Diese Einflussgrößen werden durch Parameter wie z.B. dem Emissionsgrad (ϵ [-]) und dem o.g. Absorptionsgrad (a [-]) in den Berechnungen berücksichtigt. Beide Werte sind stoffspezifische Kenndaten und bei gleichen Temperaturen für die Emission sowie Absorption gleich anzusetzen. Die Ermittlung des Wärmestroms durch Strahlung ergibt sich demnach aus der Gleichung:

$$\dot{Q}_1 = C_{1,2} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot A_1$$

\dot{Q}_1 = Wärmestromdichte von Körper 1

$C_{1,2}$ = Strahlungskoeffizient

T_1 / T_2 = Absoluttemperatur von Körper 1 bzw. 2

A_1 = Fläche von Körper 1

Deckenstrahlungsheizungen nutzen die systembedingten Vorteile der Wärmeübertragung durch Strahlung konsequent aus. Hierbei arbeitet eine Deckenstrahlfläche nicht ausschließlich durch Strahlung. Vielmehr liegt auch bei diesem Heizsystem die bereits im Vorfeld erwähnte Mischung der drei Wärmeübertragungsformen vor. Die Wirkungsweise der Wärmeübertragung durch Deckenstrahlflächen ergibt sich aus ca. 65 % bis 70 % durch Strahlung. Der Rest der Wärme wird durch Berührung bzw. Konvektion an die umgebende Luft übertragen.

Ein weiterer Vorteil der Wärmeübertragung durch Strahlung ist, dass der Transport der Energie hierbei höhenunabhängig erfolgt. Dabei wird die umge-

bende Luft in ihrer Temperatur nicht nennenswert verändert.

Auf Basis der zuvor genannten Zusammenhänge ist verständlich, wie die Sonne unseren Planeten über etliche Millionen Kilometer mit kurzwelliger Energiestrahlung versorgt, die erst beim Auftreffen auf die Erde ihre Energie zu langwelliger Wärmestrahlung entfaltet. Die Wärme entsteht dort, wo der Mensch sie benötigt. Dieses Funktionsprinzip ist identisch mit dem der Strahlungsheizung, im Prinzip der Natur abgeschaut. Bei mit Deckenstrahlflächen beheizten Großräumen befindet sich die Wärme dort, wo sie gebraucht wird, im Arbeitsbereich und nicht unter dem Dach.

1.1.4 Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit ist keine Größe, die sich exakt messen läßt, sondern ist eher ein sich nach den menschlichen Bedürfnissen orientierter Erfahrungswert. Der Fachplaner eines Heizungssystems ist daher gehalten, alle für die thermische Behaglichkeit verantwortlichen Parameter so zu beeinflussen bzw. zu fixieren, dass ca. 90% der betroffenen Menschen die thermischen Verhältnisse als behaglich empfinden. Diese 90% sollten angestrebt werden, damit die Planungsaufgabe als gelöst gelten kann. Die individuellen Einflüsse und Beurteilungen geben kaum die Chance, 100% Akzeptanz zu erhalten. Hierbei sind folgende Faktoren zu benennen, die die Behaglichkeit beeinflussen:

- Körperliche Aktivität des Menschen
- Bekleidung des Menschen
- Raumlufttemperatur
- Raumluftfeuchte
- Temperatur der Raumumschließungsflächen
- Luftgeschwindigkeit

Die vorgenannte Aufstellung verdeutlicht, dass die vom Menschen empfundene Temperatur nicht nur von der reinen Lufttemperatur abhängt. Das Temperaturempfinden des Menschen wird durch den Wärmeaustausch der im Körper erzeugten Wärme mit seiner Umgebung bestimmt. Hierbei ist bei unzureichend erwärmten Räumen der Wärmeentzug des Körpers so hoch, dass die Temperatur des Raumes als zu niedrig empfunden wird. Die Wärmebilanz kann sowohl durch Anhebung der Lufttemperatur, als auch durch Zustrahlung von Wärmeenergie ausgeglichen werden. Hier ist der Fachplaner einer Heizungsanlage gefordert, die Wärmeübertragungsarten bzw. die jeweiligen Anteile der in Frage kommenden Heizsysteme technisch und energetisch zu beurteilen.

Zusammenfassung der Funktionsweise

Für das Behaglichkeitsempfinden ist es zunächst unerheblich, wie der Ausgleich der Wärmebilanz herbeigeführt wird. Häufig ist die Anhebung der Lufttemperatur jedoch mit negativen Begleiterscheinungen verbunden wie Luftbewegung bis hin zu Zuglufterscheinungen, Staubaufwirbelungen und ggf. Geräuschentwicklungen etc.. Bei Strahlungsheizungen wird der Ausgleich durch erhöhte Strahlungstemperatur des Raumes bei niedrigerer Lufttemperatur erzielt. Die zu bewertende Strahlungstemperatur (s. Kap. 1.1.3) entspricht dabei der Umgebungstemperatur. Das hat zur Folge, dass die Temperatur der Raumumschließungsflächen einschließlich der Rauminhalte wie z.B. Möbel, Maschinen, Werkzeuge etc. durch die Wirkungsweise der Strahlungsheizung im Temperaturniveau aufgrund der Absorption gegenüber einem überwiegend konvektiv arbeitendem System wie z.B. einer Luftheizung deutlich angehoben wird. Als Faustformel kann hierbei gesagt werden:

$$\vartheta_e = \vartheta_i = \frac{\vartheta_L + \overline{\vartheta_U}}{2}$$

ϑ_e = empfundene Temperatur

ϑ_i = Innentemperatur gem. DIN 4701

ϑ_L = Lufttemperatur

ϑ_U = Mittlere Temperatur der Umschließungsfläche

Dies bedeutet, dass die empfundene Temperatur (ϑ_e) und damit die Innentemperatur (ϑ_i) gem. DIN 4701 dem Mittelwert der Umschließungsflächentemperatur (ϑ_U) und der Lufttemperatur (ϑ_L) entspricht. Diese Temperatur wird auch "Globe - Temperatur" genannt. Mit dieser Einbeziehung der Umschließungsflächentemperatur, die maßgeblich vom Strahlungsanteil des Heizsystems beeinflusst wird, trägt die DIN der Wirkungsart der Strahlungsheizung Rechnung.

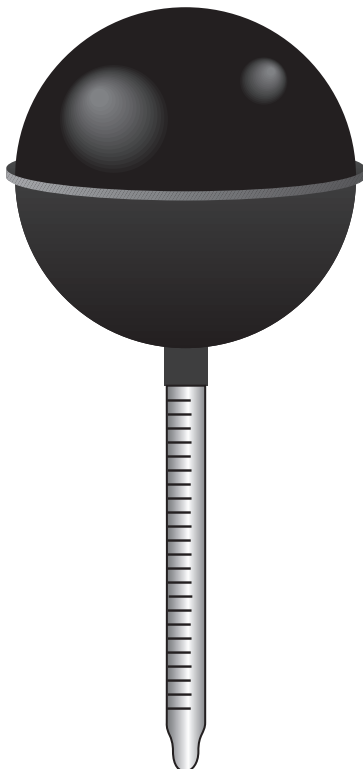


Abb. 1.1.4.a Globe Thermometer

Zur Regelung eingesetzte Raumfühler müssen bei der Einstellung des Sollwertes die um 2-3° C niedrigere Lufttemperatur bei Einsatz von Deckenstrahlflächen berücksichtigen.

Bei der Temperaturmessung mit einem Globe-Thermometer wird die Innentemperatur wie oben beschrieben gemäß der DIN 4701 gemessen. Hierbei wird durch die im inneren der Kugel befindliche Temperaturmessung die Strahlungswärme und deren Einfluß auf die Norminnentemperatur einbezogen.

1.2 Systembedingte Vorteile

Die Deckenstrahlungsheizung **radia PU-2000** verfügt aufgrund ihres hohen Strahlungsanteiles hinsichtlich der Wärmeübertragung systembedingt über eine große Anzahl von Vorteilen:

- Einsetzbar für Räume mit Höhen von 3 m bis 30 m
- Heizsystem mit hohem Strahlungsanteil (große Behaglichkeit)
- geringer Energieverbrauch durch niedrige Lufttemperatur bei höchster Behaglichkeit (wirtschaftlicher Heizbetrieb)
- gleichmäßige Wärmeverteilung im Aufenthaltsbereich (vertikal und horizontal), gleichmäßiges Einstrahlverhältnis
- Zugfreiheit, keine Luftbewegung somit keine Staub- bzw. Keimaufwirbelung (Arbeitsplatzhygiene)
- kurze Aufheizzeiten
- gute Regelbarkeit, gleitend regelbar für jede Zone
- kein erhöhter Transmissionsverlust durch Wärmestau im Dachbereich
- Einsatz verschiedener Heizmedien (Dampf (bedingt), Heisswasser, Warmwasser Wärmeträger, Öle, Glykol-/Wassergemische etc.)
- Ausführungsmöglichkeit als schalldämmendes Element in Verbindung mit gelochten Lamellen
- Nutzungsänderung jederzeit möglich (Heizen oder Kühlen)
- hohe Lebensdauer, da keine Verschleißteile und keine beweglichen Teile
- keine Wartungskosten
- komplettes Heizsystem jederzeit zugänglich und kontrollierbar
- mit beliebig niedrigen Betriebstemperaturen (Brennwerttechnik)
- geringer Montageaufwand
- geringer Aufwand für Rohrleitungen, dadurch niedrige Systemkosten
- physiologisch angenehme Fußbodentemperatur

1.2.1 Einsatzgrenzen des Systems

Wärmeübertragung durch Strahlung hat neben den eben genannten Vorteilen auch Einsatzgrenzen. Diese sind insbesondere im Zusammenhang mit hohen Luftwechselzahlen bzw. daraus resultierenden erhöhten Luftbewegungen und bei Querlüftung erreicht. Diese Randbedingungen sind häufig in Großräumen mit behördlichen Auflagen hinsichtlich der notwendigen Frischluftanteile vorhanden. Dies gilt auch bei Arbeitsstätten, bei denen MAK-Listen (maximale Arbeitsplatz Konzentration) zu berücksichtigen sind. Insbesondere die Arbeitsstättenrichtlinien

sowie Verkaufsstätten- und Versammlungsstätten-Verordnungen, die gegebenenfalls auch erhöhte, flächenbezogene Mindestaussenluftströme fordern, schaffen gleiche Einsatzgrenzen.

Bei Anlagen, auf die vorgenannte Beschreibungen zutreffen, sind zusätzlich Lüftungstechnische Anlagen erforderlich. Um hier die Vorteile des Strahlungsheizungssystem trotzdem zu nutzen, sind Kombinationsanlagen sinnvoll.

1.3 Einsatzbereiche der Deckenstrahlungsheizung

Haupteinsatzgebiete

- Produktionshallen in den Bereichen
Maschinenbau, Elektronik, Holz und Keramik
- Lager- und Logistikhallen
- Hochregallager
- Bau- und Verkaufsmärkte
- Ausstellungs-, Verkaufs-, Unterrichtsräume
- Betriebshöfe
- Feuerwachen
- Garagen
- Explosionsgefährdete Räume
- Sport-, Tennis- und Mehrzweckhallen
- Schreinereien, Tischlereien

1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Die zuvor dargelegten allgemeinen technischen Grundlagen haben die grundsätzlichen Vorzüge der Wärmeübertragung mittels Strahlung dargelegt (vgl. Kap. 1.1). Insbesondere die dort erläuterte Tatsache, dass Strahlungsheizungen systembedingt mit niedrigeren Lufttemperaturen im Raum die gleichen Behaglichkeitszustände erreichen können, wie konvektive Systeme ist ein Grund für die Wirtschaftlichkeit des Heizsystems Deckenstrahlflächen. Aus den Abhängigkeiten der Gleichung zur Ermittlung von ϑ_i und den Aspekten hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit, lässt sich eine Minderung der Lufttemperatur gegenüber überwiegend konvektiv arbeitenden Heizsystemen von ca. 3K aufgrund der systembedingten erhöhten Umschließungsflächen-Temperatur realisieren. Hinsichtlich der zugehörigen Energiebetrachtungen lässt sich aus der Literatur eine ca. 6%-tige Energieersparnis je Kelvin geringerer Lufttemperatur ermitteln. Allein nur durch diesen Effekt ergibt sich ein Wirtschaftlichkeitsvorteil von ca. 18%. Dieser Energiespareffekt lässt sich aus den Berechnungsansätzen der VDI 2067 auch zweifelsfrei auf Basis eines anerkannten Berechnungsverfahrens prüffähig darstellen (vgl. Kap. 4.6).

Über diesen systembedingten Vorteil hinaus ergeben sich weitere Aspekte zur Energiebetrachtung, die das Strahlungsheizungssystem als wirtschaftlich ausweisen. Hier ist zunächst die sich einstellende Temperaturschichtung in strahlflächenbeheizten Räumen anzuführen, die sich einstellenden günstigeren Temperaturgradienten, d.h. der geringere Anstieg der Lufttemperatur mit der Raumhöhe, bewirken die energetisch vorteilhafte Temperaturschichtung im betroffenen, zu beheizenden Raum. Der sich so einstellende Energiespareffekt kann je nach geforderter Raumtemperatur und Gebäudekonstruktion den vorgenannten Energiespareffekt übertreffen. Anhand der VDI 2067 lässt sich mittels der dort definierten Parameter auch diese energetische Betrachtung nachvollziehbar in Zahlen fassen (vgl. Kap. 4.6).

Die beiden vorgenannten Zusammenhänge werden in den nachfolgenden Grafiken dargestellt. Neben den energetischen Vorteilen der Strahlungsheizung ergeben sich somit auch raumklimatischen Vorzüge aufgrund der vertikalen Temperaturverteilung.

Weitere Aspekte bei der Beurteilung der systembedingten Wirtschaftlichkeit sind die Folgewirkungen der zuvor erläuterten, möglichen Temperaturabsenkungen. Hierbei ist die entsprechende geringere Kesselleistung mit der zugehörigen Brennstoffeinsparung ebenso zu beurteilen wie die geringeren Investitionen durch kleinere Dimensionierung der Verteilung, Pumpen, Armaturen und Rohrnetze. Neben diesen Investitionskosten sind selbstverständlich auch die zugehörigen Verbrauchs- und Wartungsaufwendungen betroffen wie z.B. die Antriebsenergie der Umwälzpumpen.

Im direkten Wirtschaftlichkeitsvergleich mit überwiegend konvektiven Systemen wie z.B. dezentralen Luftherzern sind die zugehörigen elektrischen Antriebskosten ein erheblicher Faktor. Die systembedingt notwendigen, zusätzlichen Antriebsenergien sind bei diesem überwiegend durch erzwungene Konvektion arbeitenden Heizsystem auch im rech-

nerischen Nachweis gemäß VDI-2067 problemlos nachvollziehbar.

Die nachfolgenden Bilder zeigen typische Temperaturgradienten einer Deckenstrahlflächenheizung (Abb. 1.4.a) und einer Luftheizungsanlage (Abb. 1.4.b) in einer Halle. Die auch eingetragene Globe-Temperatur (= empfundene Temperatur) liegt im Fall der Strahlungsheizung deutlich über der Lufttemperatur. Im Fall der Luftheizung liegt diese dagegen unter der Lufttemperatur. Ein weiteres, wichtiges Merkmal der Deckenstrahlflächenheizung, ist die im Temperaturprofil erkennbar höhere Fußbodentemperatur als bei dem Konvektivsystem "Luftheritzer". Dies ist in der eingangs bereits vorgestellten Absorption der Strahlung und der damit verbundenen Temperaturerhöhung des Fußbodens begründet. Diese Temperaturerhöhung des Fußbodens führt dazu, dass die Deckenstrahlfläche auch als "indirekte Fußbodenheizung" bezeichnet wird.

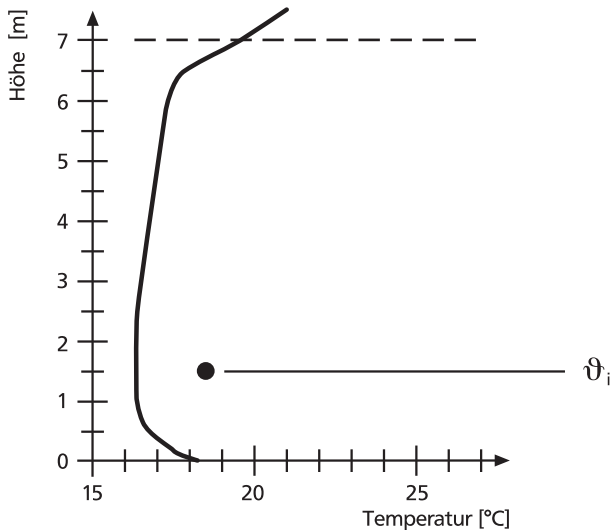


Abb. 1.4.a

Globe-Temperatur in 1,5 m Höhe mit Temperaturprofil der Luft, in einer Halle mit **radiaTec**[®]-Deckenstrahlflächen

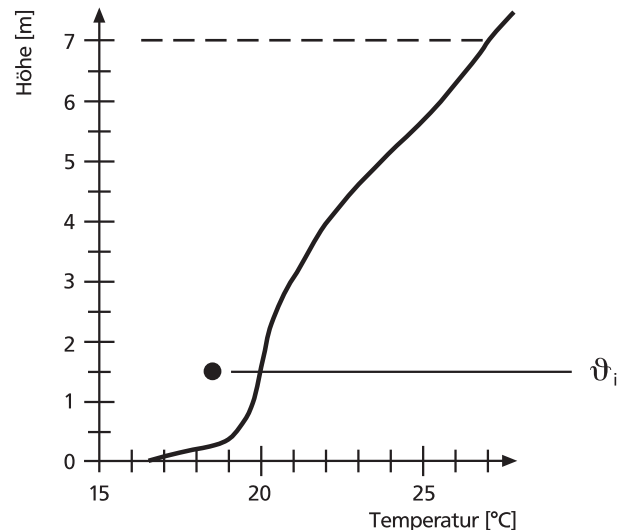
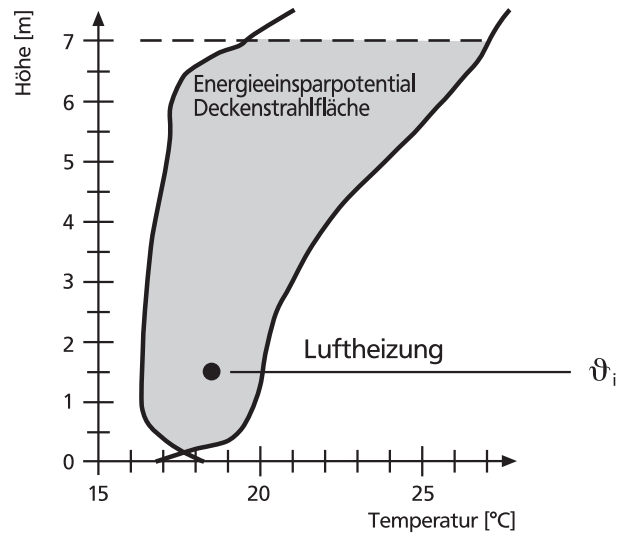


Abb. 1.4.b

Globe-Temperatur in 1,5 m Höhe mit Temperaturprofil der Luft, in einer Halle mit Luftheizung

Abb. 1.4.c

Der Unterschied zwischen der Lüftungswärme einer Deckenstrahlflächenheizung und einem überwiegend konvektiv arbeitenden Heizsystem (Luftheizung) bei gleicher Innentemperatur. Die empfundene sog. Globe-Temperatur ist die grau hinterlegte Fläche. Sie stellt das Energieeinsparpotential des Strahlungsheizungssystem dar.



Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Deckenstrahlungsheizung lassen sich die vorgenannten Aspekte und Vorteile wie folgt zusammenfassen:

- Niedriger Energieverbrauch aufgrund der systembedingten, ca. 3K niedrigeren Lufttemperaturen bei gleicher Norminnentemperatur ϑ_i .
- Geringere Transmissionswärmeverluste aufgrund der systembedingten Temperaturgradienten, dadurch z.B. deutlich geringerer Wärmestau im Dachbereich.
- Kurze Aufheizzeiten der Heizungsanlage sowie rasche Temperierung der Raumumschließungsflächen und Speichermassen (Geräte, Boden, Lagergut etc.).
- Keine zusätzlichen Energieverbräuche für Antriebstechnik bzw. Lüftermotoren, Brenner etc..
- Keine zusätzlichen Luftwechsel zum Ausgleich von Verbrennungsvorgängen wie z.B. bei direkt geheizten Systemen.
- Keine Wartungsaufwendungen oder Verschleißteile, daher sehr hohe Standzeit der Anlage.
- Sehr gute Regelbarkeit und somit optimale Ausnutzung von Fremdwärme durch interne bzw. externe Wärmegewinne z.B. durch Maschinen- bzw. Personenabwärme oder auch passiver Solarenergienutzung.
- Aufgrund der flexiblen Wahl der Systemtemperaturen (vgl. Kap. 2.3) entsteht eine sehr hohe Wirtschaftlichkeit z.B. durch Einbindung von Prozesswärme, Brennwertechnik oder alternative/reGENERATIVE Energieformen.
- Durch optimierte Anordnung des Heizsystems (vgl. Kap. 4.4) ergeben sich kurze Rohrtrassen. Neben geringen Investitionskosten ergeben sich auch optimierte Betriebs- und Wartungskosten.
- Aufgrund des systembedingten, geringeren Wärmebedarfs ergeben sich für Kessel, Verteiler, Pumpen und Armaturen sowie das zugehörige Rohrnetz geringere Dimensionen und somit geringere Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten.

2. Produktbeschreibung

2.1 Produktkomponenten und Materialien

Die **radia** PU-2000 Deckenstrahlfläche besteht aus Aluminiumpaneelen, Stahlrohren und PU Hartschaum. Die Stahlrohre in der Ausführung DN 20 (3/4") gem. DIN 2440 transportieren das Heizmedium. Die Rohre sind in einem Abstand von 150 mm parallel zueinander angeordnet. Im Zwischenraum dieser Rohrregister sind die 0,8 mm starken Aluminiumpaneele angebracht. Die das Heizmedium transportierenden Rohre werden durch das Aluminiumpaneel zu mehr als 80 % umschlossen. Die Paneele sind durch spezielle Klemmspannen an den Rohren fixiert. Der thermische Kontakt zwischen Paneele und Rohren wird zusätzlich durch die Expansion der speziellen PU-Hartschaummischung bei der Fertigung unterstützt. Hierbei werden die Bauteile mit einem hohem An-

pressdruck verbunden und eine optimale Wärmeübertragung von dem Rohrregister zur Aluminiumstrahlfläche gewährleistet (vgl. Kap. 1.1. "Wärmeübertragung durch Berührung"). Die eingesetzte PU-Hartschaummischung verleiht der Deckenstrahlfläche neben einer sehr hohen Steifigkeit auch gleichzeitig eine optimale Wärmedämmung nach oben. Die sehr gute Dämmeigenschaft des Hartschaums mit einem k-Wert von $1\text{W/m}^2\text{K}$ minimiert die Leistungsabgabe nach oben und optimiert gleichermaßen die Leistungsabgabe in den Raum. Die FCKW freie Hartschaumschicht entspricht der Feuerschutzklasse DIN 4102-B2. Auf Wunsch können andere Brandklassen geliefert werden.

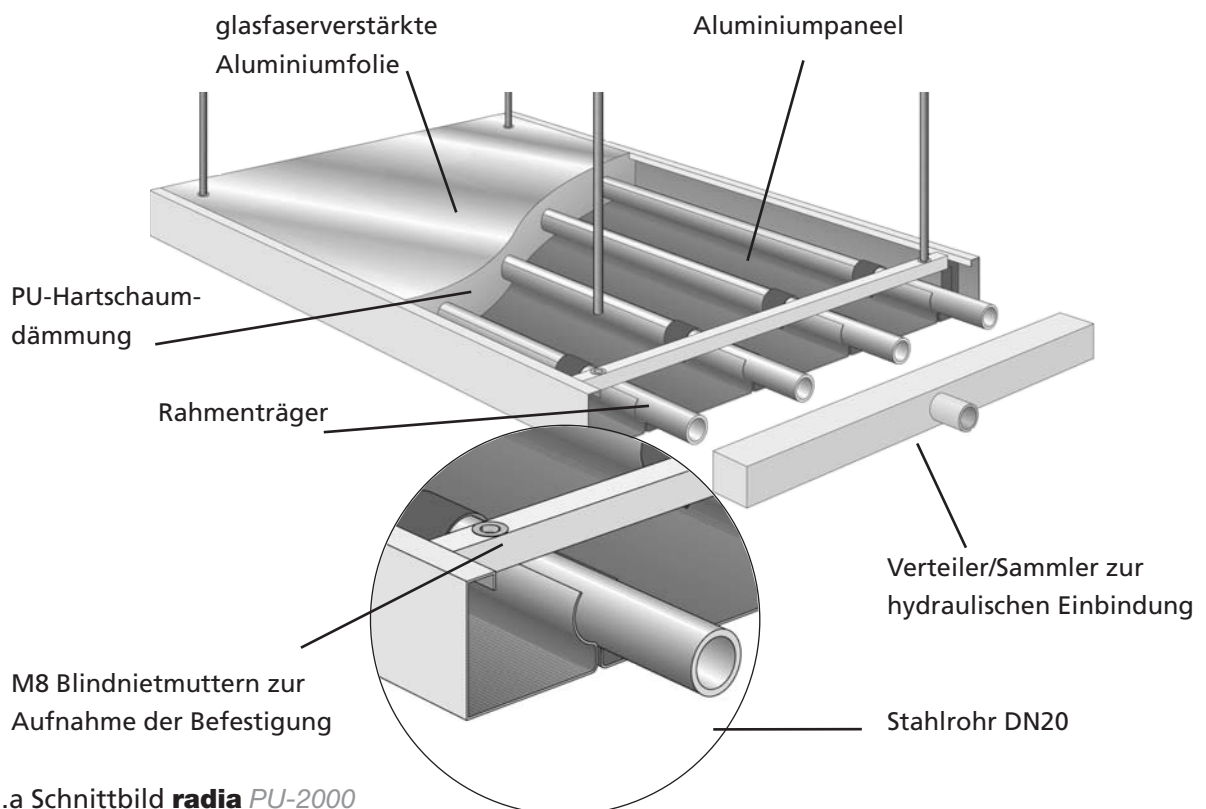


Abb. 2.1.a Schnittbild **radia** PU-2000

Den Abschluss der Dämmschicht bildet eine glasfaserverstärkte Aluminiumfolie. Diese formstabile Materialzusammensetzung bildet einen kompakten, strapazierfähigen Abschluss der Deckenstrahlfläche nach oben und erübrigt so den Einsatz von Staub-

schutzblechen, wie dies bei herkömmlicher Mineralfaserdämmung notwendig ist. Ebenfalls sind aufwendige Konstruktionen zur Niederhaltung der Wärmedämmung auf Grund der eigenstabilen PU-Hartschaumkonstruktionen nicht erforderlich.

Ein an den Stahlrohren verschweißter Rahmenträger dient zur Aufhängung des Heizbandes. M 8 Blindnietmuttern sind zur Aufnahme der Befestigungstechnik in das Trägerprofil eingelassen (Abb. 2.1.b und Abb. 2.1.c). Die Anordnung der Befestigungspunkte werden individuell, auftragspezifisch fixiert. Auf Wunsch werden die Befestigungspunkte auch variabel gestaltet (siehe Kapitel 5.1 beziehungsweise Kapitel 6).

Für die Wärmeübertragung an den Raum ist das Strahlblech der Deckenstrahlfläche entscheidend. Aus diesem Grunde wird hochwertiges, speziell behandeltes Aluminium für das Strahlblech bei der **radia PU-2000** verwendet. Neben der hohen Wärmeleitfähigkeit des Materials ist das geringe Gewicht ein Hauptargument für den Einsatz von Aluminium.

Die Strahlflächenunterseite ist durch seine glatte und ebene Oberfläche optisch anspruchsvoll gestaltet. Die **radia PU-2000** wird standardmäßig im Farbton RAL 9010 ausgeliefert. Andere RAL-Farben sind auf Anfrage lieferbar.

Die Qualität der von **radiaTec**® verwendeten Materialien als auch die sich daraus ergebenden Wärmeleistung unterliegen der Prüfung gemäß DIN 4706 Teil 1/2 (vgl. Kap. 3.1).

Den Abschluss eines Strahlflächenbandes bilden die so genannten "Kopfstücke", die als Verteiler bzw. Sammler die hydraulische Einbindung des Bandes gewährleisten. Diese Kopfstücke bestehen aus Vierkantrohr mit den Maßen 40 mm x 40 mm (Abb. 2.1.c). Alle erforderlichen Anschlussmuffen, Entleerungen und Entlüftungen, als auch die notwendigen Blindscheiben zur Wasserführung werden auftragspezifisch festgelegt und je Strahlplattenband individuell gefertigt (siehe Kapitel 6). Die Kopfstücke der **radia PU-2000** sind standardmäßig als so genannte "integrierte Kopfstücke" (Abb. 2.1.c) gefertigt. Hieraus resultiert nicht nur ein entsprechender optischer Vorteil, sondern auch die Möglichkeit der Integration der Deckenstrahlflächen in geschlossene Decken. Die Verteiler bzw. Sammler der **radia PU-2000** befinden sich hierbei in einer Ebene mit den Heizmedium führenden Rohren. Ein Hochziehen der Kopfstücke und die damit verbundenen technischen Probleme (z. B. Luftsäcke etc.) so wie die dadurch entstehenden höheren Kosten entfallen bei der **radia PU-2000**.

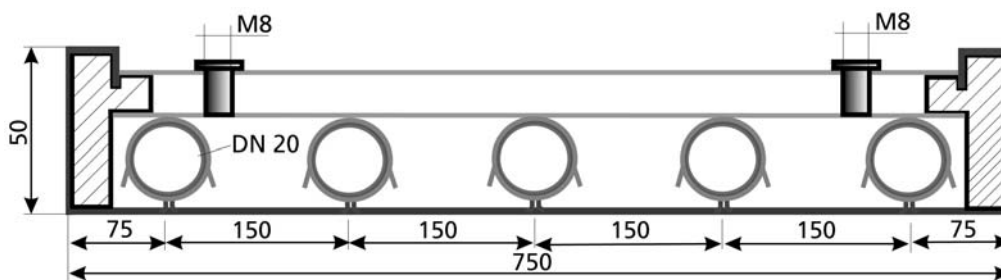


Abb. 2.1.b **radia PU-2000**, Typ PU-750/5

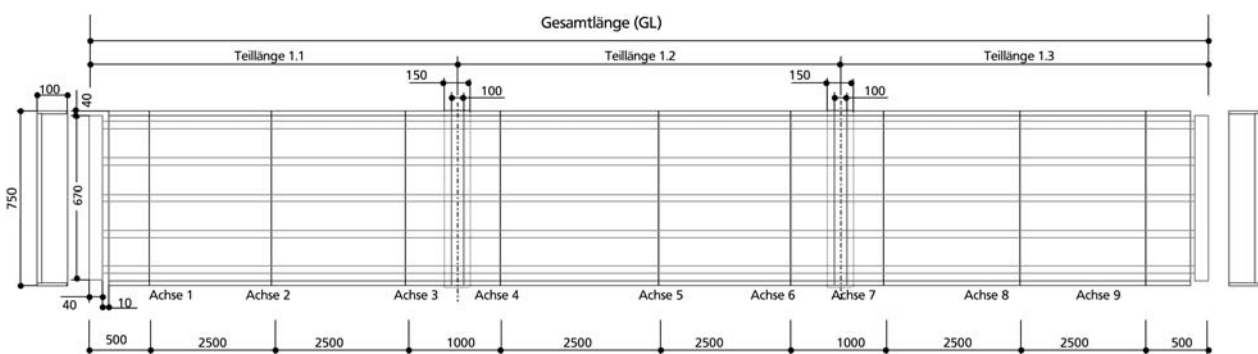


Abb. 2.1.c **radia PU-2000**, Typ PU-750/5

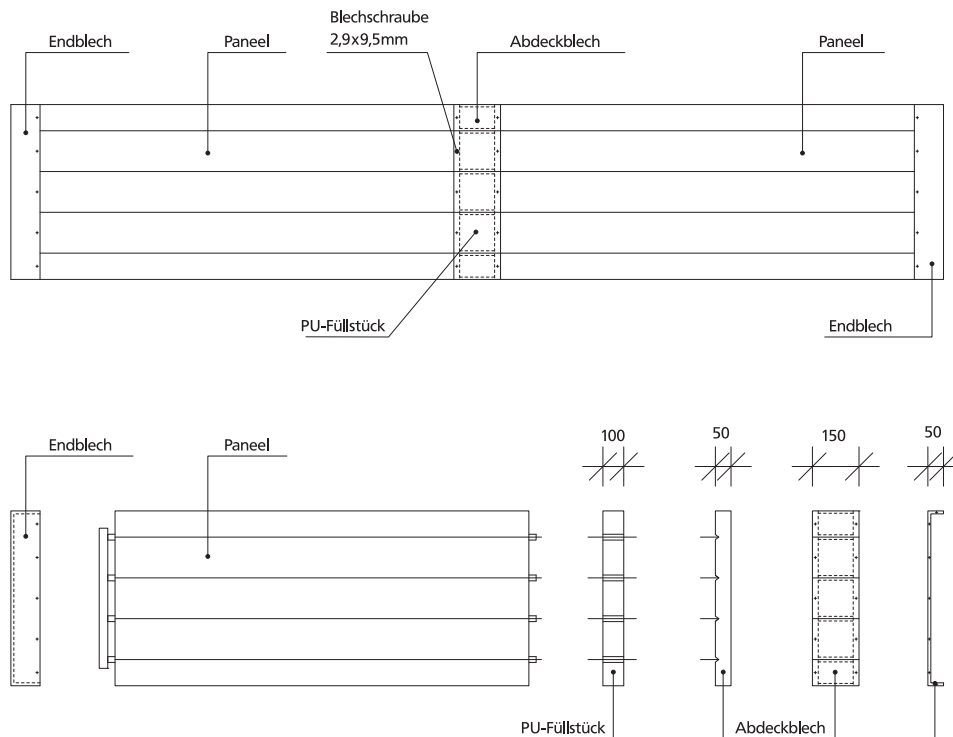
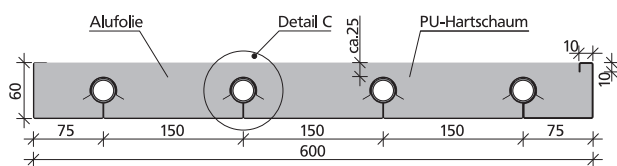


Abb. 2.1.d Strahlflächenpaneel mit Abdeckblechen

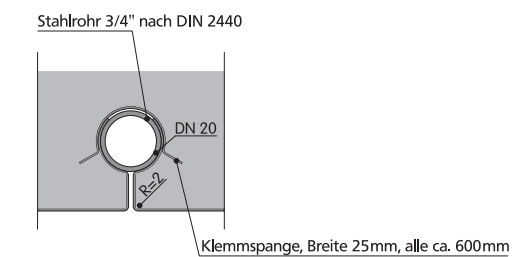
2.1.1 Das Zusammenspiel Aluminium-Stahl

radiaTec® nutzt die langjährige Erfahrung, um die unterschiedlichen thermischen Expansionskoeffizienten von Stahl und Aluminium zu kompensieren. Hierbei ist das Aluminiumpaneel gegenüber Stahlrohr um eine individuell definierte Länge verkürzt angeordnet, so dass die Längenausdehnung des Materials Aluminium gegenüber Stahl in jeder Be-

triebsituation kompensiert wird. Der als Wärmedämmung eingesetzte PU-Hartschaum nimmt auf Grund seiner Produkteigenschaft, nicht nur die so entstehende unterschiedliche Längenausdehnung auf, sondern verhindert auch jegliche Geräuschentwicklung bei diesem Vorgang.



Schnitt A-A



Detail C

Abb. 2.1.e Übergang PU-Hartschaum/Rohr

2.2 Modellübersicht: Baureihen - Leistungen - Gewicht

Zur optimalen Auslegung eines mit Deckenstrahlflächen beheizten Großraumes ist es wichtig, die ermittelte Heizleistung möglichst optimal einzubringen. Um alle Auswahlkriterien und sinnvolle Anordnungen realisieren zu können bietet das **radiaTec**® Sortiment ein breites Spektrum an Standardtypen der **radia PU-2000**. Die verfügbaren Baubreiten sind in einem Raster von 150 mm aufgebaut (Abb. 2.1.b). Sonderanfertigungen können individuell und projektspezifisch geliefert werden.

Die Deckenstrahlflächen werden bei Baulängen über 6000 mm in Teillängen geliefert (Abb. 2.1.c und 2.1.d). Die einzelnen Teillängen werden vor Ort miteinander

verschweißt (siehe Kapitel 6). Eine entsprechende Schweißschablone liefert **radiaTec**® kostenlos mit. Grundsätzlich gibt es zunächst keine festzulegende Grenze für die Gesamtlänge eines Deckenstrahlflächenbandes. In der Projektierung sind jedoch die Parameter Druckverlust, Temperaturspreizung und hydraulische Anbindung in Abhängigkeit der Gesamtlänge zu beachten und zu bewerten (siehe hier zu Kapitel 4 "Hinweise zur Planung").

Hinsichtlich der Baubreiten stehen die nachfolgend benannten Baureihen der **radia PU-2000** zur Verfügung. (siehe Abb. 2.2.a).

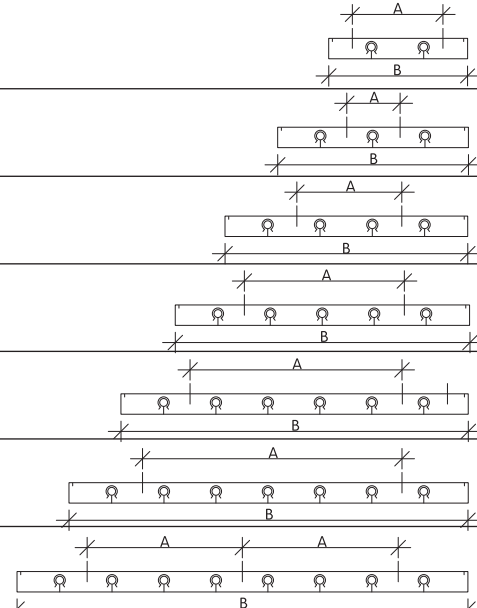
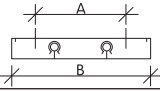
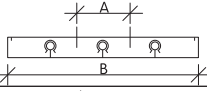
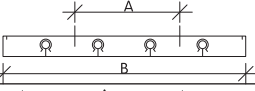
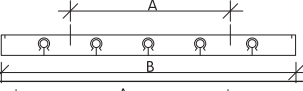
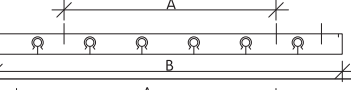

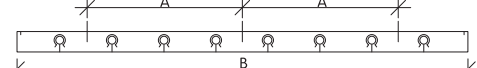
Typ radia PU-2000		Breite		Gewicht (leer)		Gewicht (befüllt)		Mittenabstand A (mm)
		B (mm)	Heizband (kg/m)	Sammler (kg/m)	Heizband (kg/m)	Sammler (kg/m)		
PU-300/2		300	4,8	0,9	5,8	1,0	200	
PU-450/3		450	6,5	1,4	7,7	2,0	200	
PU-600/4		600	9,5	1,9	11,1	3,0	300	
PU-750/5		750	11,5	2,4	13,6	4,0	450	
PU-900/6		900	13,5	3,0	16,0	5,0	600	
PU-1050/7		1050	16,0	3,4	18,9	6,0	750	
PU-1200/8		1200	19,0	3,9	22,3	7,0	450 (2x)	

Abb. 2.2.a Baureihen der **radia PU-2000**

2.3 Heizmedien - Betriebsdruck - Einsatztemperaturen

2.3.1 Heizmedien

Deckenstrahlflächen vom Typ **radia PU-2000** sind für den Betrieb in Pumpen-Warmwasserheizung vorgesehen. Der Einsatz anderer Medien wie Wasser z. B. Wärmeträgeröl, ist möglich (Leistungsangaben auf Anfrage). Die Verwendung von Glykol-Wassergemischen ist

ebenso problemlos möglich wie auch die direkte Einspeisung durch eine Fernwärmeversorgung. Die Verwendung von Dampf als Heizmedium ist zwar grundsätzlich möglich, sollte doch auf Grund der vielfältigen technischen problemstellung nicht projektiert werden.

2.3.2 Betriebsdruck

Die **radia PU-2000** wird standardmäßig mit einem zulässigen Betriebsüberdruck von 12 bar (Prüfdruck 16

bar) ausgeliefert. Höhere Betriebsüberdrücke sind projektbezogen auf Anfrage lieferbar.

2.3.3 Einsatztemperaturen

Die **radia PU-2000** ist sowohl im Niedertemperaturbereich, wie auch in Warmwasser- bzw. Heißwasseranlagen mit Vorlauftemperaturen bis zu 140° C einsetzbar. Somit sind die **radia PU-2000** Deckenstrahlflächen

im Bereich der regenerativen Energien der Brennwertechnik bis hin zur Nutzung von Prozesswärme nahezu universell einsetzbar.

2.4 Sonderlösungen der radia PU-2000

Die **radia PU-2000** zeichnet sich durch ihren modularen Aufbau aus, dies gilt sowohl im Hinblick auf die Baulänge als auch bezüglich der Baubreite. Auf Grund dieser Tatsachen ist eine Vielzahl individueller Projektlösungen und technischer Sonderlösungen durch **radiaTec®** realisierbar.

Eine Auswahl der gängigen Variationen der **radia PU-2000** ist aufgrund der häufigen Anwendungen in die Standard-Produktpalette aufgenommen

worden und unter den nachfolgend genannten bzw. technisch erläuterten Produktnamen abrufbar.

Hinweis für Planer:

Wenden Sie sich mit ihrem Projekt oder Ihrem Sonderwunsch an **radiaTec®**, wir arbeiten gerne eine individuelle Projektlösung auch abweichend zu den nachfolgend dargestellten Lösungen für Sie aus.

2.4.1 radia MW-2000

Die **radia MW-2000** ist die konventionelle Strahlungsheizung in **radiaTec**® Qualität, die anstelle der hochwertigen PU-Hartschaumdämmung eine herkömmliche Dämmung aus hochdichter Mineralwolle besitzt. **radiaTec**® bietet diese Projekt-Sonderlösung für Objekte im Vergleich mit herkömmlichen Deckenstrahlflächen an. Die Dämmung mit einer Dichte von 25 kg/m³ auf Gitternetz verstärkter Alukaschierung entspricht den Vorgaben der DIN V 4706. Bei dieser vergleichbar konventionellen Lösung bleiben die Vorteile der leichtgewichtigen Aluminiumkonstruktion, sowie der hohen Leistungsabgabe des Systems erhalten. Die Vorteile der optimierten Kompaktlösung mittels PU-Hartschaum, als auch die Leistungsoptimierung in den Raum durch die sich die neue Generation Deckenstrahlflächen **radia PU-2000** auszeichnet, gehen hierbei jedoch verloren.

Der Einsatz der **radia MW-2000** kann ggf. notwendig werden, um eine zusätzliche Schallabsorption in dem zu beheizenden Raum zu erreichen. Hierzu wird an Stelle der zuvor genannten werksseitig eingelegten Mineralwolle eine spezielle Schallabsorptionsdäm-

mung mit entsprechendem Flies verwendet. Durch diese Maßnahme lässt sich die Raumakustik, hier insbesondere die Nachhallzeit, beeinflussen ohne die Heizleistung zu beeinträchtigen.

Eine weitergehende Beeinflussung der Raumakustik lässt sich realisieren, wenn das üblicherweise geschlossene Deckenstrahlflächenpaneel als Sondermodell in gelochter Form geliefert wird. Im Gegensatz zur zuvor beschriebenen Lösung mit Standardpaneel ist bei dieser Lösung zu beachten, dass die Verwendung von gelochten Strahlplattenpaneelen aufgrund der verringerten Gesamtfläche zu einer Minderleistung führt. Diese Minderleistung ist abhängig von Umfang der Lochung und kann auf Anfrage mitgeteilt werden.

Neben den akustischen Abhängigkeiten werden gelochte Strahlflächenpaneele häufig aus optisch-architektonischen Aspekten eingesetzt, insbesondere bei Integration des Systems in abgehängte bzw. geschlossene Deckensysteme.

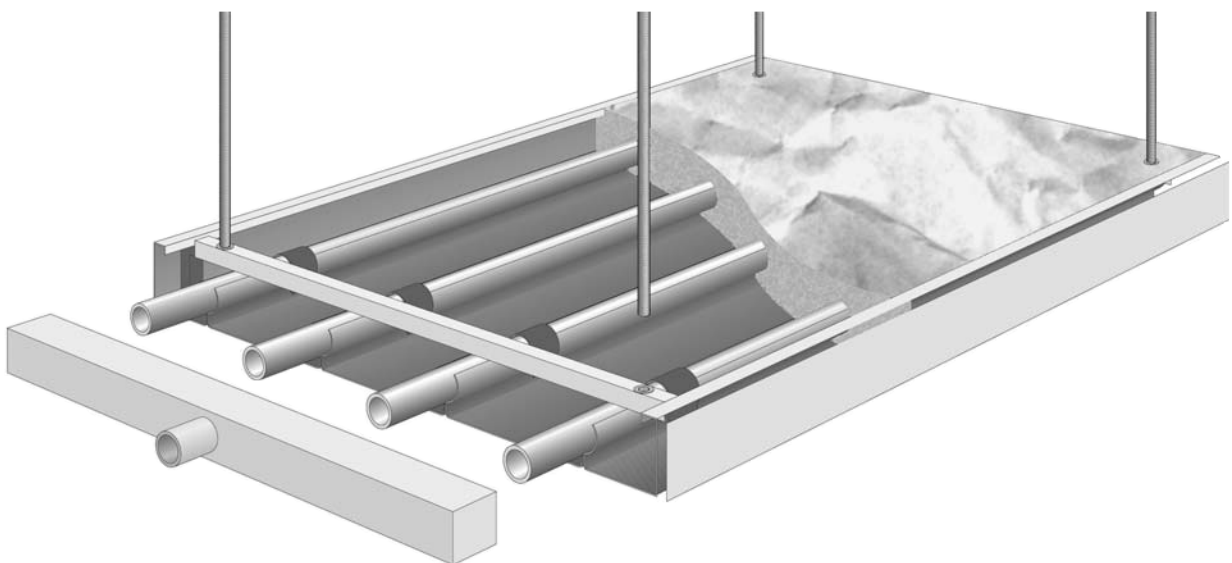


Abb. 2.4.1.a Schnittbild **radia MW-2000**

2.4.3 Strahlungsheizung mit integrierter Beleuchtungslösung

Die wirtschaftliche Beheizung von Großräumen mit Anspruch auf eine möglichst optimale Temperaturschichtung im Raum, ist durch eine entsprechend optimierte Anordnung der Deckenstrahlflächen im Bezug auf die Grundfläche erreichbar (vgl. Kap. 4.2). Die Verwandtschaft der Energiestrahlung zum Licht ist in den allgemeinen Grundlagen bereits dargestellt worden (vgl. Kap. 1). Aus dem hieraus abzuleitenden analogen Strahlungsverhalten ergibt sich in der Praxis sehr häufig die Situation, dass die Strahlflächen-

bänder über weite Strecken parallel zur Beleuchtung laufen. Um die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu optimieren und Synergie-Effekte innerhalb einer integrierten Planung realisieren zu können, hat die Firma **radiaTec**[®] diese Sonderlösung entwickelt. Die Deckenstrahlfläche integriert die Hallenbeleuchtung auf Wunsch in die Strahlflächenpanelle bzw. schließt an das Panel an. Durch eine gemeinsame Montage lässt sich somit ein nennenswerter wirtschaftlicher Vorteil für das Gesamtobjekt erzielen.

2.4.4 Weitere Sonderlösung

Ballabweisbleche bzw. Gitter

Beim Einsatz der **radia PU-2000** in Sportstätten kann auf Wunsch ein entsprechendes Ballabweisblech bzw. Gitter mit geliefert werden. Durch diese Lösung können keine Bälle und andere Gegenstände oberhalb der Deckenstrahlfläche liegenbleiben.

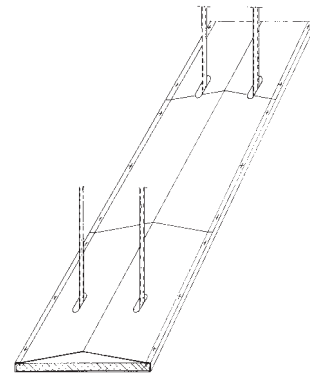


Abb. 2.4.4.a **radiaTec**[®] Ballabweisblech

Die **radiaTec**[®] Deckenstrahlflächen lassen sich individuell auf das jeweilige Projekt anpassen, zum Beispiel: mittels Aussparungen von Strahlflächenpaneelen zur Überbrückung von Lichtbändern, RWA-Anlagen oder

anderer baulichen Gegebenheiten (Abb. 2.4.4.b.). Hierbei laufen lediglich die wasserführenden Rohre weiter. Die entsprechende Festlegung erfolgt im Rahmen der Auftragspezifikation (vgl. Kap. 6).

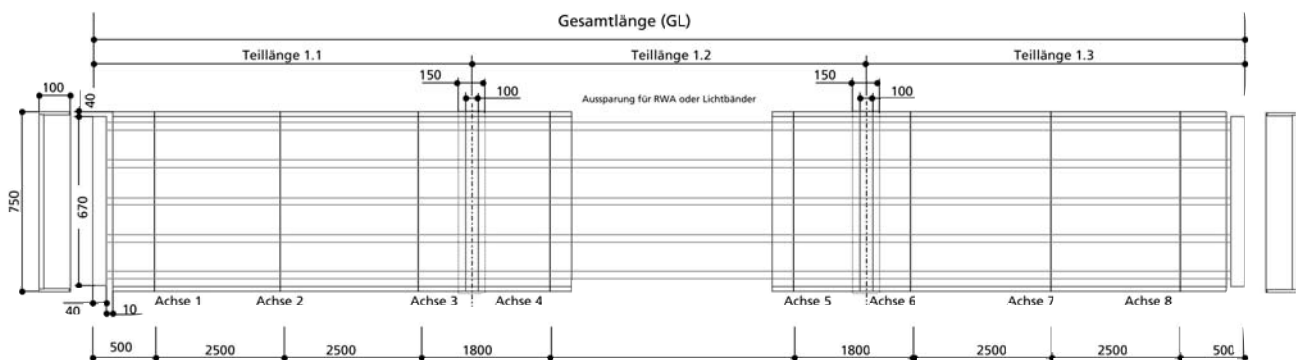


Abb. 2.4.4.b Aussparung von Strahlflächenpaneelen

3. Technische Daten

3.1 DIN V 4706 - Normierte **radiaTec**[®]-Leistungsdaten als Leistungs- und Qualitätsgarantie

Die im Kapitel 1 erläuterten Grundlagen zur Strahlungsheizung sind zunächst allgemeine physikalische Grundlagen, die für alle im Markt befindlichen Strahlungsheizungssysteme gleichermaßen gelten. Für die Umsetzung der sich daraus ergebenden systembedingten Vorteile, zur wirtschaftlichen Beheizung von Großräumen aller Art, sind verschiedene Strahlungsheizungssysteme mit unterschiedlichen Konstruktionsmerkmalen und technischen Lösungsansätzen am Markt vertreten.

Um den verantwortlichen Projektanten ein Höchstmaß an Planungssicherheit zu geben, ist die DIN V 4706 für die seriösen Anbieter die gemeinschaftliche Grundlage für die Qualitäts- und Leistungsgewähr.

Diese aus zwei Teilen bestehende Norm gewährleistet durch ihre Zertifizierung die entsprechenden Normwärmeleistungen, sowie die normierten Qualitätsmerkmale des Produktes. Während der Teil 1 der DIN V 4706 die technischen Anforderungen an die

Deckenstrahlflächen fixiert, sowie das zugehörige Leistungsprüfungsverfahren beschreibt, enthält der Teil 2 die zugehörigen Berechnungshinweise sowie die Vorgehensweise zur Ermittlung der praxisrelevanten Leistungsdaten. Weiter werden die anerkannten Prüfstellen aufgeführt, sowie die Bedingungen unter denen das DIN-Registrierzeichen erteilt wird.

Die Qualität und Wärmeleistungen der **radia PU-2000** sind nach den Prüfkriterien der DIN V 4706, Teil 1 und Teil 2 geprüft und bei der DIN CERTCO Berlin unter der Registriernummer 6D014/99, sowie der Universität Stuttgart, registriert.

Neben den Qualitätsansprüchen an die Druckfestigkeit, die Ausführung der Oberflächen, die Stabilität der Platten, der Aufhängung als auch der einzuhaltenden Maßtoleranzen ist hier insbesondere die Ermittlung der in Kapitel 2.2 benannten Wärmeleistungen aufzuführen.

3.2 Ballwurfsicherheit gemäß DIN 18 032 Teil 3

Alle Baureihen der **radia PU-2000** sind Ballwurfsicher gemäß DIN 18 032 Teil 3. Die systembedingten Vorteile bei der Strahlungsheizung sind somit auch in Sportstätten unter Verwendung der **radia PU-2000** zu realisieren.

Hinweis:

radiaTec[®] bietet durch die **radia CB** ein Spezial-System zu Beheizung von Sportstätten an. Die geschlossene Paneeldecke **radia CB** ist ein Strahlungsheizungssystem, welches technische, optische und architektonische Vorzüge bietet und sich daher als optimales Beheizungssystem für Sportstätten darstellt. (siehe Technische Informationen **radia CB**).

3.3 Tabelle zur Ermittlung der Übertemperatur

Wie unter Punkt 1.1 bzw. 3.5.3 aufgeführt, setzt die Leistungsermittlung eine turbulente Strömung in den wasserdurchflossenen Rohren voraus. Die zur Basis gesetzte Innentemperatur entspricht selbstverständlich der im Kapitel 1 definierten Globetemperatur und wird mit dem dort abgebildeten Globe- bzw. Schwarzkugelthermometer gemessen. Die in den nach-

folgenden Tabellen angegebenen Wärmeleistungen sind abhängig vom Parameter Übertemperatur $\Delta\vartheta_{\text{üb}}$. Die Übertemperatur kann nach zwei unterschiedlichen Berechnungsansätzen errechnet werden. Der Unterschied dieser beiden Ansätze liegt in der Genauigkeit des Ergebnisses, wobei die logarithmische Übertemperatur den genaueren Wert liefert.

arithmetische Übertemperatur

$$\Delta\vartheta, \text{arith} = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{2} - \vartheta_i$$

Bezogen auf die Auslegung von Deckenstrahlplatten liefert der arithmetische Berechnungsansatz die Übertemperatur mit ausreichender Genauigkeit.

logarithmische Übertemperatur

$$\Delta\vartheta, \text{log} = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{L_n - \vartheta_V - \vartheta_i} \cdot \frac{\vartheta_R - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i}$$

Hilfsweise sind in Tabelle 3.3 in Abhängigkeit der entsprechenden Vor- und Rücklauftemperatur, sowie der zugehörigen Innentemperatur übliche Übertemperaturen tabellarisch aufgeführt.

3.3 Tabellarische Wärmeleistung nach DIN V 4706 T. 1 in W/m

K - Wert Δt	Typ 300-2 [W/m]	Typ 450-3 [W/m]	Typ 600-4 [W/m]	Typ 750-5 [W/m]	Typ 900-6 [W/m]	Typ 1050-7 [W/m]	Typ 1200-8 [W/m]
35	100	150	188	223	256	293	329
37	108	160	200	238	273	312	350
39	116	170	212	253	291	332	372
40	120	175	219	260	300	342	383
41	124	180	225	268	309	351	394
42	127	185	231	275	318	361	405
43	131	190	238	283	327	371	416
44	136	196	244	290	336	382	427
45	140	201	250	298	345	392	438
46	144	206	257	306	354	402	449
47	148	211	263	313	363	412	460
48	152	216	270	321	373	422	472
49	156	222	276	329	382	433	483
50	160	227	283	336	391	443	494
51	164	232	289	344	401	453	506
52	168	238	296	352	410	464	517
53	172	243	302	360	419	474	529
54	176	248	309	368	429	485	540
55	181	255	316	377	439	495	553
56	185	259	322	384	448	506	564
57	189	265	329	392	457	516	575
58	193	270	335	400	467	527	587
59	197	275	342	408	476	538	599
60	201	281	349	416	486	548	611
61	206	286	356	424	496	559	623
62	210	292	362	432	505	570	635
63	214	297	369	440	515	581	647
64	218	303	376	448	524	591	659
65	222	308	383	456	534	602	671
66	226	314	390	465	544	613	683
67	231	320	397	473	554	624	695
68	235	325	403	481	563	635	707
69	239	331	410	489	573	656	719
70	243	336	417	498	583	657	731
75	264	365	452	540	632	712	793
80	285	393	487	582	682	767	855
85	305	422	523	625	731	823	918
90	326	451	559	668	782	880	981
95	347	480	596	712	832	937	1045
100	367	509	632	757	883	994	1110
105	388	538	670	801	934	1052	1174
110	409	568	707	847	986	1110	1239
115	431	597	745	892	1039	1169	1305
120	453	627	784	938	1093	1228	1370
125	476	656	824	985	1148	1288	1436
130	500	686	862	1032	1203	1348	1502

3.4 Leistungsermittlung

Mit Hilfe der so ermittelten Übertemperatur $\Delta\vartheta$ lässt sich aus dem nachfolgenden Diagramm (Abb. 3.4.a) bzw. der Tabelle (Abb. 3.4.b) die auf die jeweilige Betriebssituation abgestimmte Wärmeleistung pro Laufmeter des gewählten Deckenstrahlflächentyps bestimmen. Hierbei lassen sich Zwischenwerte mit

hinreichender Genauigkeit linear interpolieren.

Die angegebenen Daten entsprechen der Standardausführung der **radia** PU-2000. Sonderausführungen (s. Kap. 2.4) sind leistungsmäßig nach Rückfrage mit **radiaTec**® zu ermitteln.

3.4.1 Graphische Wärmeleistungsermittlung

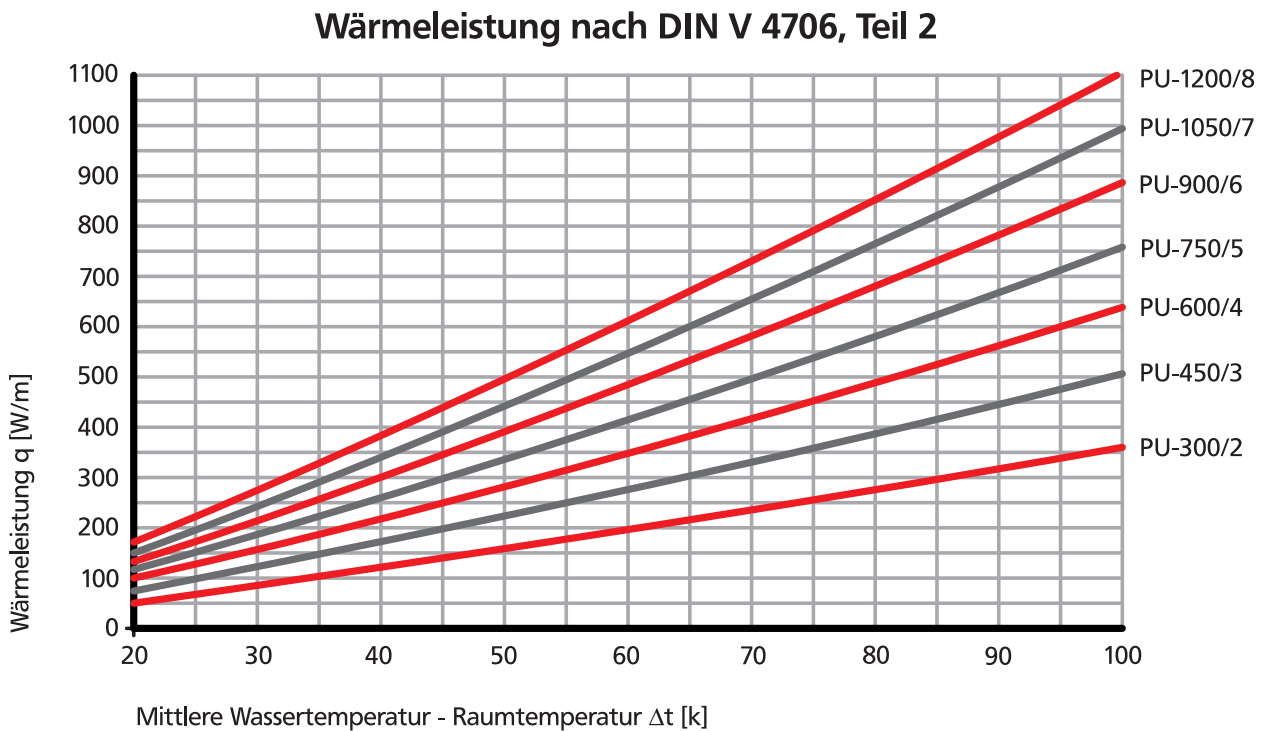


Abb. 3.4.a

3.4.2 Tabelle zur Ermittlung der Übertemperatur Δt nach DIN 4703

t_v °C	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	
t_r °C	t_i °C																					
	10	94	92	90	88	86	83	81	79	78	75	73	70	68								
	12	92	90	88	86	83	81	79	77	76	73	71	68	66								
75	15	89	87	85	82	80	78	76	74	73	70	68	65	63								
	18	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	62	60								
	20	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	60	58								
	10	91	89	87	85	82	80	78	76	74	73	70	68	65	63							
	12	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	63	61							
70	15	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	60	58							
	18	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	57	55							
	20	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	55	53							
	10	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	60	58						
	12	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	58	56						
65	15	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	55	53						
	18	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	55	52	50						
	20	76	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	54	53	50	48						
	10	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	55	53					
	12	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56	53	51					
60	15	78	76	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	54	53	50	48					
	18	75	73	71	70	68	66	64	62	60	58	56	54	51	50	47	45					
	20	73	71	69	67	65	64	62	60	58	56	54	51	49	48	45	43					
	10	80	78	76	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	54	53	50	48				
	12	78	76	74	72	71	69	67	65	63	61	59	57	55	52	51	48	46				
55	15	75	73	71	69	67	65	64	62	60	58	56	54	51	49	48	45	43				
	18	71	69	68	66	64	62	58	58	57	55	53	51	48	46	45	42	40				
	20	69	67	65	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	43	40	38				
	10	76	75	73	71	69	67	65	64	62	60	58	56	54	51	49	48	45	43			
	12	74	72	71	69	67	65	63	61	60	58	56	54	52	49	47	46	43	41			
50	15	71	69	67	65	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	43	40	38			
	18	67	66	64	62	60	59	57	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35			
	20	65	63	62	60	58	56	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33			
	10	72	71	69	67	65	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	43	40	38		
	12	70	68	67	65	63	61	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36		
45	15	67	65	63	62	60	58	56	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33		
	18	63	61	60	58	56	55	53	51	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30		
	20	61	59	57	56	54	52	51	49	47	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28		
	10	68	67	65	63	62	60	58	56	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33	
	12	66	64	63	61	59	58	56	54	52	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33	31	
40	15	62	61	59	57	56	54	52	51	49	47	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28	
	18	58	57	55	54	52	51	49	47	46	44	42	40	39	37	35	33	31	29	27	25	
	20	56	54	53	51	50	48	47	45	43	42	40	38	36	35	33	31	29	27	25	23	
	10	64	62	61	59	57	56	54	52	51	49	47	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
	12	61	60	58	57	55	53	52	50	48	47	45	43	42	40	38	36	34	32	30	28	26
35	15	57	56	54	53	51	50	48	47	45	43	42	40	38	36	35	33	31	29	27	25	23
	18	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	38	36	35	33	31	30	28	26	24	22	20
	20	50	49	48	46	45	43	42	40	39	37	36	34	32	31	29	27	25	24	22	20	18
	10	59	56	56	54	53	51	50	48	47	45	43	42	40	38	36	35	33	31	29	27	25
	12	56	53	53	52	50	49	47	46	44	43	41	39	38	36	34	32	31	29	27	25	23
30	15	52	49	49	48	46	45	43	42	40	39	37	36	34	32	31	29	27	25	24	22	20
	18	47	45	45	43	42	41	39	38	36	35	33	32	30	29	27	26	24	22	20	18	16
	20	44	42	42	40	39	38	36	35	34	32	31	29	28	26	25	23	22	20	18	16	14

3.5 Leistungskorrekturfaktoren

3.5.1 Leistungskorrektur für andere

Rauminnentemperaturen gem. DIN V 4706:

Bei Raumtemperaturen, die von der Bezugstemperatur von 20° C und deren Kennlinie abweichen, ist gemäß DIN V 4706 Teil 2 ein Korrekturfaktor f_A eingeführt worden.

Die Korrektur greift gemäß DIN erst bei einer Abweichung von mehr als +/- 2 K. Die zugehörigen Korrekturfaktoren f_A sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

$$\dot{Q}_{korr} = \frac{\dot{Q}_m}{f_A}$$

ti/°C	24	22	20	18	16	14	12	10	8
fA	1,03	1,01	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93

3.5.2 Leistungskorrektur aufgrund Schrägstellung der Deckenstrahlfläche

Hinsichtlich der räumlichen Anordnung von Deckenstrahlflächen gibt es zunächst neben den genannten sonstigen Einsatzgrenzen keinerlei Einschränkungen. Häufig sind die optischen Belange eines Objektes oder die Notwendigkeit des Platzsparens Grund dafür, Deckenstrahlflächen abweichend von der Waagerechten zu plazieren. Die Wärmeübertragungseigenschaften der Strahlfläche durch eine Schräganordnung ändern sich hierbei hinsichtlich der Wärmeabgabe durch Strahlung (s. Kap. 1.1) nur unwesentlich im Rahmen der Gesamtbilanz. Die Gesamtwärmeabgabe des Systems steigt jedoch. Dies begründet sich in der zusätzlichen Wärmeübertra-

gung durch Konvektion (s. Kap. 1.1.2), die sich aus einer Schrägstellung ergibt. Hierbei ist eine Schrägstellung über die Längs- (Abb. 3.5.2.a) bzw. Querachse (Abb. 3.5.2.b) möglich.

Die Zunahme der Wärmeleistung lässt sich aus der Tabelle (Abb. 3.5.2.c) entnehmen. Der aus den genannten Diagrammen zu entnehmende Korrekturfaktor "s" ist mit der jeweils aus der Leistungstabelle ermittelten Gesamtwärmeleistung des Heizbandes zu multiplizieren. Hierbei entspricht der Wert 1 der waagerechten Montage ($\alpha = 0$).

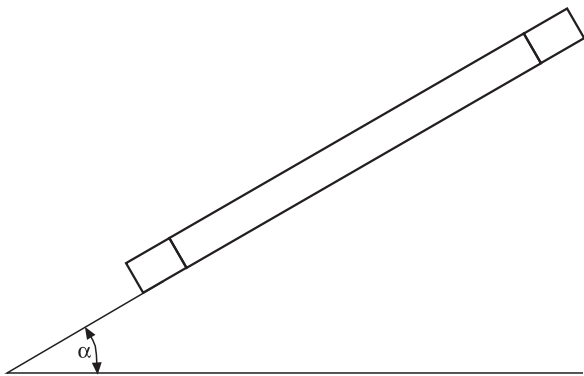


Abb.3.5.2.a Schrägstellung der **radia** PU-2000 in Längsrichtung

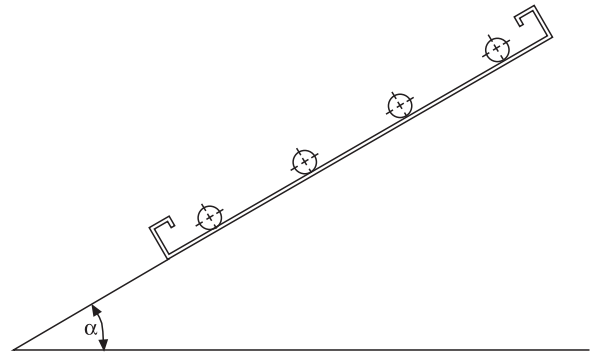


Abb. 3.5.2.b Schrägstellung der **radia** PU-2000 in Querrichtung

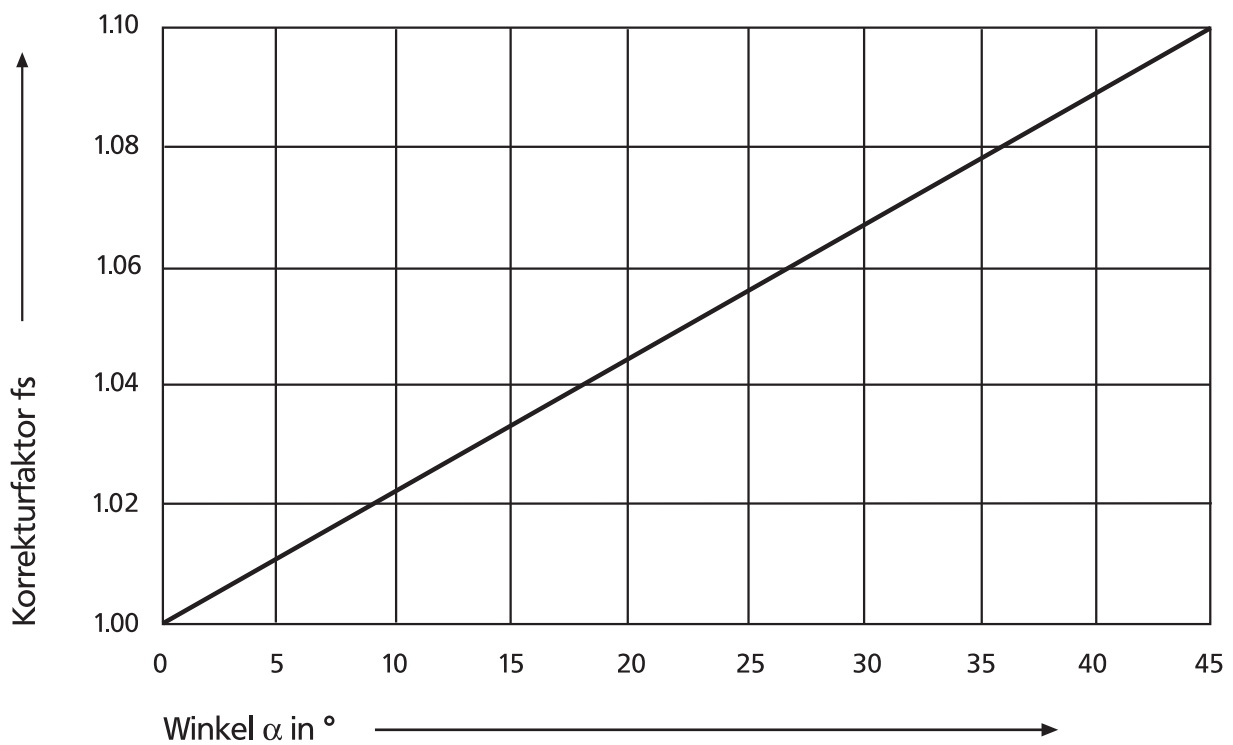


Abb. 3.5.2.c Zunahme der Wärmeleistung bei Schrägstellung der **radia** PU-2000

Hinweis für die Planung:

Bei einer Schrägstellung der Strahlfläche über die Querachse ist dies bei der Fertigung der Verteiler und Sammler der **radia** PU-2000 zu berücksichtigen.

Hierbei sieht **radiaTec**[®] bei der Fertigung entsprechende technische Lösungen zur Vermeidung von Lufteinschlüssen vor (s. Kap. 6).

3.5.3 Leistungskorrektur durch Unterschreitung des Mindest-Heizmittelstromes

Der Wirkungsgrad der Wärmeübertragung bei jeder der genannten drei Übertragungsarten ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig. Hinsichtlich der Wärmeübertragung des Heizmediums an das Rohr der Deckenstrahlfläche, ist überwiegend eine erzwungene Konvektion für die Wärmeübertragung verantwortlich (s. Kap. 1.1.1 und 1.1.2). Neben der Oberflächenbeschaffenheit des Rohres, der Temperatur sowie Viskosität des Mediums, ist insbesondere auch die Strömungsgeschwindigkeit und die damit verbundene Art der Strömung entscheidend. Die normierten Wärmeleistungsdaten der **radia** PU-2000 beziehen sich auf eine ausgebildete turbulente Strömung.

Diese ist in jedem der wasserführenden Rohre eines Strahlflächenbandes zu gewährleisten. Diese Art der Strömung ist abhängig von der Einhaltung eines Mindestheizmittelstromes ($m_{h,min}$, [m³/h]), die bei vorgegebenem Rohrdurchmesser der **radia** PU-2000 somit automatisch die Erreichung der erforderlichen Fließgeschwindigkeit gewährleistet. Durch diese Zusammenhänge ist die Erreichung der REYNOLDS-Zahl > 2320 (s. Kap. 1.1.2) gewährleistet. Vereinfachend stellt die Firma **radiaTec**® die nachfolgend dargestellte Grafik (Abb. 3.5.3.a) zur Verfügung. Mittels der projektierten Rücklauf Temperatur lässt sich der Mindestheizmittelstromes $m_{h,min}$ zuordnen.

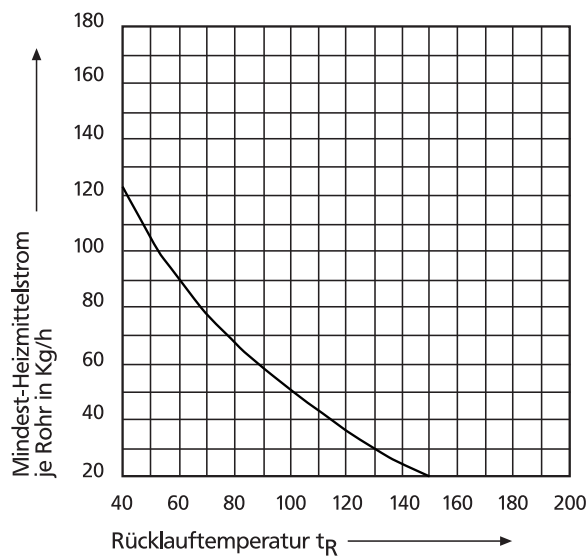


Abb. 3.5.3.a Mindest-Heizmittelstrom je Rohr der **radia** PU-2000

Hinweis für die Planung:

Der mit der Grafik (Abb. 3.5.3.a) ermittelte Wert des Mindestheizmittelstroms bezieht sich auf jedes Rohr der **radia** PU-2000. Hierbei ist die hydraulische Schaltung der jeweiligen Deckenstrahlfläche zu beachten, d. h. auf wie viele parallel zueinander verlaufende Rohre sich der Gesamtmassenstrom aufteilt d.h. $m_{h,min}$ bezogen auf den jeweils anteiligen Wert je Rohr. Hierbei kann es notwendig werden, dass z. B. innerhalb einer Deckenstrahlfläche eine sog. Einzelrohrführung

vorgenommen wird oder mehrere Deckenstrahlflächen in Reihe geschaltet werden, um so den Mindestheizwasserstrom zu gewährleisten.

Lässt sich der Mindestheizwasserstrom $m_{h,min}$ technisch nicht realisieren, so ist die Wärmeleistung des jeweils betroffenen Heizbandes mit einer Minderleistung von 15 % zu berücksichtigen.

3.6 Kühlleistungen in graphischer und tabellarischer Darstellung

radia PU-2000 kann ohne zusätzliches Zubehör auch zur Raumkühlung eingesetzt werden. Hierzu sind entsprechenden Randbedingungen zu beachten. Die Kaltwassertemperatur darf nicht niedriger sein als die

Taupunkttemperatur der Raumluft, um so eine Schwitzwasserbildung zu vermeiden. Die Kühlleistung lässt sich anhand des Diagrammes (Abb. 3.6.a) oder anhand der Formel (Abb. 3.6.b) ermitteln.

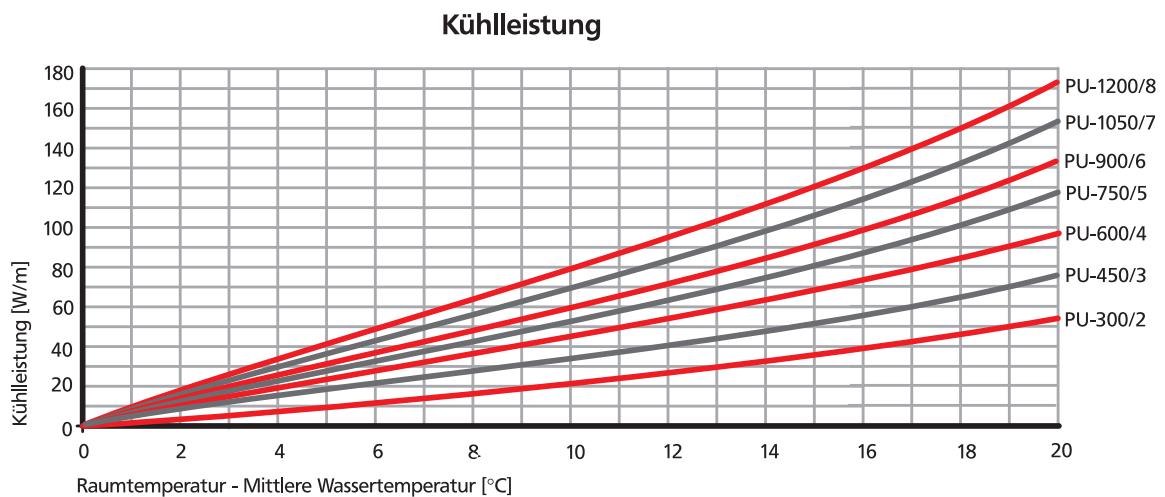


Abb. 3.6.a Graphische Ermittlung der Kühlleistung

Typ	Normwärmeleistung	Parameter der Kennlinie	
		C[W/m)	n[-]
radia PU-2000	[W/m]		
300/2	164	1,60	1,18
450/3	227	2,21	1,18
600/4	287	2,90	1,17
750/5	344	3,48	1,17
900/6	399	4,04	1,17
1050/7	452	4,76	1,16
1200/8	504	5,31	1,16

Abb. 3.6.b Tabellarische Ermittlung der Kühlleistung

3.7 Druckverlustkurven mit Hinweisen zur Druckverlustberechnung

Für die Norm und VOB gerechte Einbindung einer Deckenstrahlfläche in das hydraulische Gesamtsystem und Einbeziehung in den hydraulischen Abgleich ist die Ermittlung des Gesamtdruckabfalls je Strahlflächenband unerlässlich. Analog dem Verlauf des Wassers ist der des Gesamtdruckverlustes eine Zusammensetzung von in Reihe und Parallel entstehenden Druckverlusten, die entsprechend zu bewerten sind. Die einzelnen Widerstände entstehen hierbei beim Eintritt durch die Anschlussmuffe im Verteiler (Anschlusskopfstück) sowie den Eintritt in ein oder mehrere parallel geschalteten wasserführende Strahlflächenrohren. Hier erfährt das Gesamtsystem einen Druckabfall durch die Rohrreibungsverluste. Der Druckverlust wird ermittelt in Abhängigkeit der jeweiligen Rohrlänge und dem zugehörigen Heizmittelstrom. Der anschließende Wiedereintritt in den

Sammler sowie ggf. erneute Verteilung in einzelne oder parallel verlaufende Rohre wird jeweils als Einzelwiderstand zur Ermittlung des Gesamtdruckverlustes aufaddiert. Hierbei können die Druckverluste zum Verteiler/Sammler Ein- und Austritte aus der Tabelle (Abb. 3.7.a) entnommen werden. Parameter zur Bestimmung des jeweiligen Einzelwiderstandes ist hierbei der Heizmittelvolumenstrom sowie die jeweilige Anschlussdimension. Die Ermittlung des Druckverlustes durch Rohrreibungsverluste in den Strahlflächenrohren ist unter Verwendung der Tabelle (Abb. 3.7.b) möglich. Eingangsparameter sind hierbei die Gesamtrohrlänge je Teilstrecke sowie der zugehörige Heizmittelstrom. Das Ergebnis der jeweiligen in Reihe verlaufenden Einzelwiderstände wird zum Gesamtdruckverlust aufaddiert.

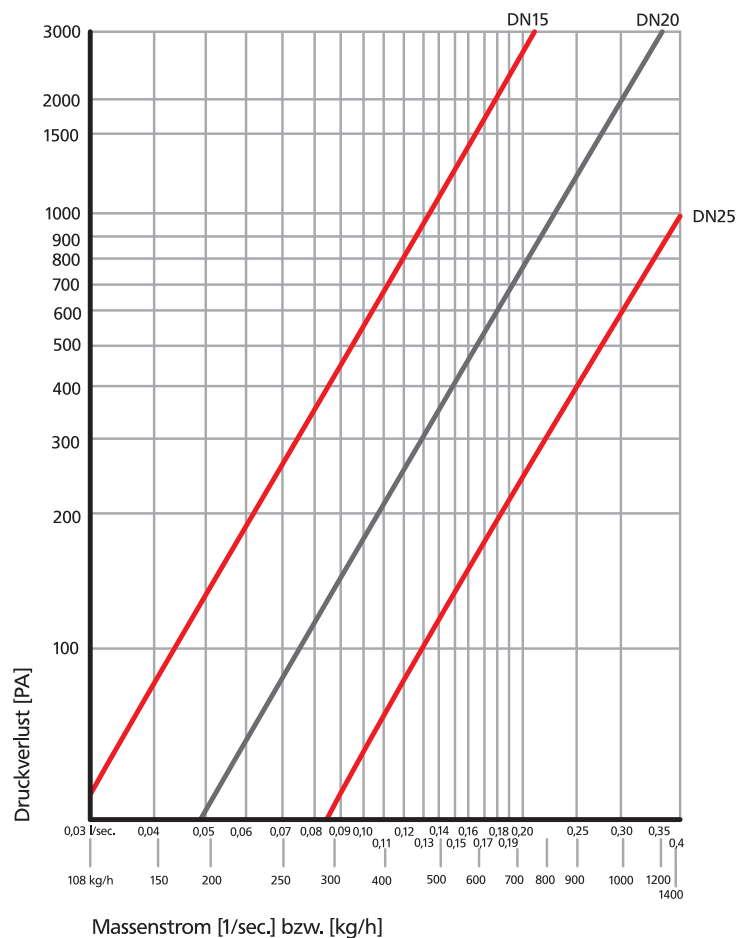


Abb. 3.7.a Druckverlust je Sammler

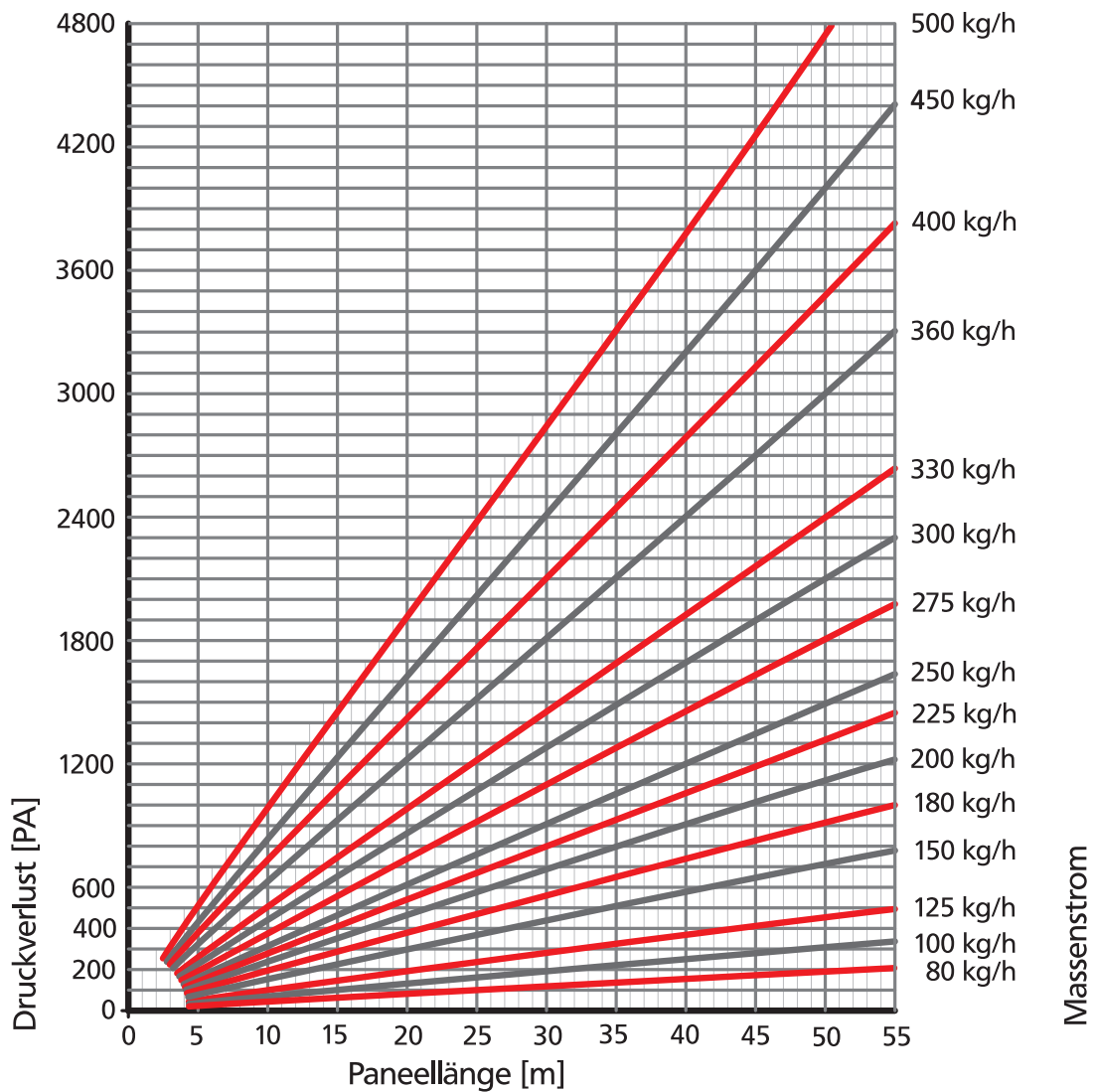


Abb. 3.7.b Druckverlust je Rohr DN 20

Hinweis zur Planung:

Hinsichtlich der zu berücksichtigenden Heizmittelströme sind zwingend die jeweiligen Teilmassenströme zu ermitteln und zu berücksichtigen, die sich durch die ggf. mittels Blindscheiben realisierte

parallele Rohrführung ergeben (siehe Anwendungsbeispiel Kapitel 4.6). Ebenso sind die Druckverluste bei Ein- und Austritt in Verteiler bzw. Sammler mit den jeweiligen Volumenströmen zu betrachten.

3.8 Übersicht über Einsatzgrenzen und zugehörige Grenztemperaturen

Die Wirkungsweise der Strahlungsheizung sowie die damit verbundenen systembedingten Vorteile (vgl. Kapitel 1.2) stoßen an Ihre Grenzen, wenn das Behaglichkeitsempfinden des Menschen (vgl. Kap. 1.1) durch zu hohe Strahlungsintensität beeinträchtigt wird.

Als Maßstab für dieses Behaglichkeitskriterium wurde die Strahlungsasymmetrie eingeführt. Die Anwendungen und Ermittlungen dieses Behaglichkeitsgradmessers sind in ISO 7730 beschrieben. Hierbei wird die gegenseitige Einwirkung der Strahlung zweier sich gegenüberliegender Wandflächen zueinander beurteilt. Die sich einstellende Strahlungstemperatur in jeweils definierten Flächenelementen der beiden Wandflächen wird hier bewertet. Die sich einstellende Temperaturdifferenz beider Seiten je Flächenelement ins Verhältnis gesetzt, ergibt die Strahlungstemperaturasymmetrie. Die sich aus diesen Verfahren ergebenden komplexen Zusammenhänge sind für die konkrete Projektierung einer Deckenstrahlungsheizungsanlage jedoch nicht praxisge-

recht. Auch vereinfachte Anwendungsverfahren z. B. gemäß DIN 1946 Teil 2, sind für eine Projektierungsaufgabe nicht direkt anwendbar.

Um trotzdem einen zuverlässigen Gradmesser für die Einhaltung der Behaglichkeitskriterien zu erhalten, sind in der nachfolgend grafische Übersicht (Abb. 3.8.a) die jeweilige Einsatzgrenze im Bezug auf die realisierbaren Abhängehöhen der **radia** PU-2000 bzw. der zugehörigen mittleren Heizwassertemperatur dargestellt.

Weitere Parameter der Beurteilung der Einsatzgrenzen sind zum einen der Deckenbelegungsgrad, sowie zum anderen der Grad der körperlichen Betätigung. Der letztgenannte richtet sich nach der Definition der Arbeitsstättenrichtlinien (ASR). Der Deckenbelegungsgrad (DBG) beschreibt die prozentualen Flächenanteile der installierten Deckenstrahlflächen bezogen auf die zu beheizende Grundfläche. Hieraus ergeben sich nachfolgende Grenztemperaturen (Abb. 3.8.b).

Abhänge- höhe AH m	Deckenstrahlflächenbelegung [DBG]			
	10%	20%	30%	40%
3	82	71	60	50
4	107	78	62	50
5	120	81	64	51
6	127	84	66	52
7	133	87	69	54
8	139	91	72	54
9	145	96	76	57
10	153	101	80	59

Leicht sitzende Tätigkeit

Abhänge- höhe AH m	Deckenstrahlflächenbelegung [DBG]			
	10%	20%	30%	40%
3	97	83	69	68
4	129	92	72	71
5	145	96	74	73
6	154	99	77	75
7	161	103	80	79
8	169	108	84	83
9	178	114	89	88
10	187	121	94	93

Mittelschwere Arbeit

Abb. 3.8.a Grenztemperaturen (Heizmitteltemperaturen) in Abhängigkeit der Aufhängehöhe, Deckenbelegungsgrad und Grad der Betätigung

Sollten lediglich einzelne Strahlflächenbänder zum Einsatz kommen, z. B. bei Einzelarbeitsplatzbeheizung (s. Kap. 4.3.3) erfolgt die Betrachtung der Grenztemperaturen unabhängig von den Parametern

Deckenbelegungsgrad und Betätigung. Hierfür tritt der jeweilige Strahlflächentyp als Parameter in der nachfolgenden Grafik (Abb. 3.8.b) zur Auswahl der Einsatzgrenze ein.

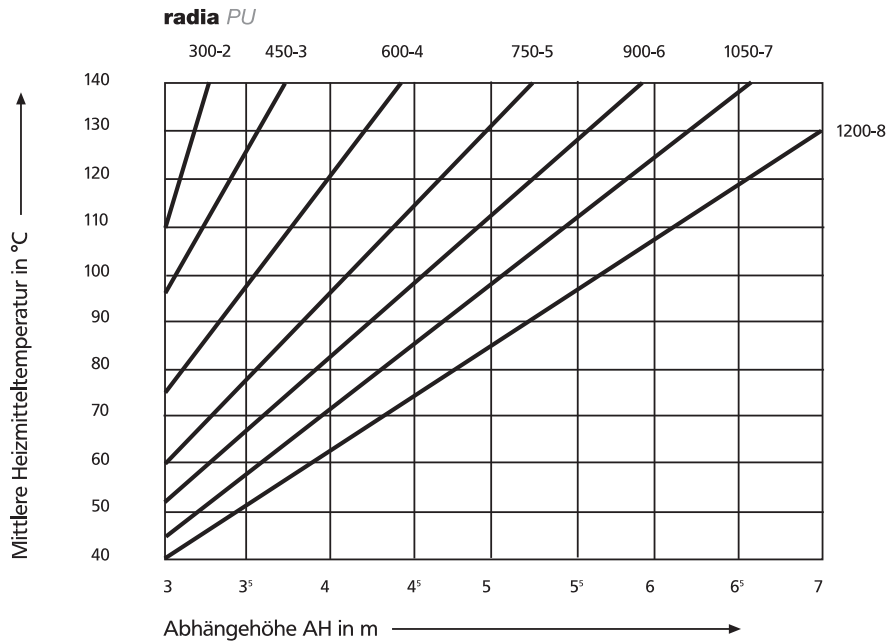


Abb. 3.8.b Grenztemperaturen zur Einhaltung der Behaglichkeitskriterien bei Einsatz einer Einzeldeckenstrahlfläche

Hinweise zur Planung:

- a) Im Bereich mit nur kurzer Verweildauer von Personen oder aber Fluren und Verbindungsgängen sind ggf. abweichend von den genannten Temperaturen höhere Grenzwerte vertretbar.
- b) Bei extrem geringen Abhängehöhen bzw. hohen Belegungsgraden empfiehlt sich ggf. die genaue Ermittlung der Strahlungsasymetrie gem. ISO 7730. **radiaTec®** ist Ihnen hierbei gern behilflich.

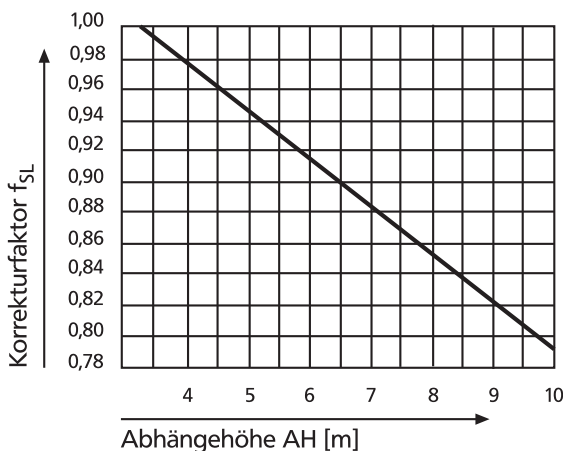


Abb. 3.8.c Korrekturfaktor für die zulässige Heizmitteltemperatur t_m bei großen Räumen für Seitenlänge > 40 m.

Eine weitere Einsatzgrenze bzw. Korrektur der o.g. Grenztemperatur erfolgt bei Großräumen mit einer Seitenlänge von über 40 m. Der Korrekturfaktor f_{SL} ist der Abb. 3.8.c zu entnehmen. Die aus den vorgenannten Zusammenhängen ermittelte Heizmitteltemperatur als Einsatzgrenze, ist mit den entsprechenden ermittelten Korrekturfaktor f_{SL} zu multiplizieren.

4. Hinweise zur Planung

4.1 Auslegungsgrundlagen für Deckenstrahlflächen

Vordringliches Ziel einer erfolgreichen Heizungsplanung und damit des verantwortlichen Fachplaners ist die Realisierung der thermischen Behaglichkeit (vgl. Kap.1) im geforderten Umfang. Dieses Ziel gilt es darüber hinaus möglichst wirtschaftlich zu erreichen. Das sich dieses Ziel nicht nur auf die Investition bezieht, sondern insbesondere auch bei den laufenden Betriebskosten einstellt, ist ein Gradmesser für eine erfolgreiche Planung. Dieser Planungserfolg ist nicht zufällig sondern lässt sich gezielt steuern. Aber selbst die Entscheidung für das richtige Heizsystem ist noch kein Garant für den Erfolg. Selbst die richtige Systementscheidung kann bei Missachtung der grundsätzlichen Auslegungsregeln neben zusätzlichen Kosten zu erheblichen Mängeln und zur Verfehlung des erklärten Planungszieles führen.

radiaTec[®] ist gern bereit in jeder Phase eines Projektes Hilfestellung durch Planungsunterstützung zu leisten. Die nachfolgenden Hinweise zur Planung dienen darüber hinaus jedoch dem Ziel, dem Anlagenplaner verlässliche Hinweise für die erfolgreiche Realisierung einer wirtschaftlichen Großraumbeheizung mit Deckenstrahlflächen zu vermitteln.

Die grundsätzliche Reihenfolge der Projektierungsarbeit einer Deckenstrahlungsheizung unterscheidet sich nicht wesentlich von der Auslegung anderer Heizsysteme. Grundsätzlich gilt es die verschiedenen Teilaufgaben in den Abhängigkeiten zueinander zu lösen. Die Abfolge der Planung lässt sich auch bei einer Deckenstrahlungsheizung an die Leistungsphasen der HOAI anlehnen. Nachfolgend wird unabhängig davon jedoch eine grundsätzliche Vorgehensweise vorgestellt, die der Projektant berücksichtigen sollte.

- Grundlagenermittlung: Wärmebedarf – Anlagenkonzept - Systemtemperaturen
- Anordnung des Strahlungsheizungssystems im Großraum
- Hydraulische Einbindung und Abgleich der Deckenstrahlflächen
- Einbindung des Systems in die Gesamtanlage
- Regelungstechnisches Konzept der Strahlflächenanlage

4.2 Grundlagenermittlung: Wärmebedarf – Anlagenkonzept – Systemtemperaturen

Der Wärmebedarf des Gebäudes bzw. des zu beheizenden Großraumes wird zunächst unabhängig vom Heizsystem nach den geltenden Richtlinien (DIN 4701) ermittelt. Hierbei ist insbesondere im Hinblick auf Systemvergleiche im Rahmen der Planung darauf zu achten, dass die Einflüsse der Definition der Norminnentemperatur ϑ_i Berücksichtigung findet (vgl. Kap. 1.1) Grundsätzlich unterscheidet sich der Berechnungsvorgang aber nicht in Abhängigkeit des Heizsystems.

Im Rahmen der Wärmebedarfsermittlung ist ein entscheidender Faktor die Festlegung des Luftwechsels. Der 0,5-fache Austausch der Raumluft ist hierbei zunächst die normierte Richtschnur für „normale“ Aufenthaltsräume. Die DIN 4701 weist auf die Notwendigkeit hin, in hohen bzw. großen Räumen diesen Wert entsprechend anzupassen. Solange keine betriebsbedingten zusätzlichen Anforderungen aus Arbeitsstättenrichtlinien, sog. MAK-Listen oder anderen Anforderungen bestehen, ist dieser Wert je Hallengröße eher zu verringern als zu erhöhen. Planungsempfehlungen mit Luftwechselzahlen im Sinne der DIN von 2-3 1/h sind weder nachvollziehbar noch technisch sinnvoll. Die Intension des Luftwechsels ist die Erhaltung einer hygienischen Mindestqualität der Raumluft. Je größer der Raum, desto mehr Volumen befindet sich in ihm. Hieraus resultiert, dass der gesamte Inhalt ggf. auch seltener getauscht werden muß um die qualitativen Anforderungen an die Raumluftqualität zu gewährleisten. Bei zusätzlichen Anforderungen an den Luftwechsel ergibt sich ab einem spezifischen Wärmebedarf oberhalb von $150 \text{ W/m}^2 \approx$ Hallenfläche eine Grenze, die zu hohen Deckenbelegungsgraden erforderlich machen würde und das System als reine Deckenstrahlungsheizung unwirtschaftlich werden ließe. Im übrigen kann bei den resultierenden Außenluftvolumenströmen diese Luft nicht mehr unkonditioniert zugeführt werden. Diese Anlagen bedürfen einer Kombination von Strahlung und Lüftungstechnischer Anlage. Solche Kombinationen sind auch dann sinnvoll,

wenn zusätzliche Außenluftvolumina gefordert werden. Sowohl verursacht durch Arbeitsprozesse (MAK-Listen), Arbeitsstättenrichtlinien oder andere Auflagen der Baugenehmigung oder sonstige Auflagen. Hierbei sind einzelne Außenluftgeräte ebenso eine denkbare Ergänzung zur Strahlungsheizung wie Sonderlösungen in Kombination mit Deckenstrahlflächen. Die technische Lösung der Luftwechselproblematik mittels Kombination von Strahlungsheizung und Konvektivsystem erhält die systembedingten Vorteile der Strahlung und realisiert die entsprechend geforderten Luftmengen.

Die Ermittlung des Wärmebedarfs, die Festlegung der zu realisierenden Raumtemperaturen sowie sonstige Randbedingungen wie z.B. Luftwechsel sind die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Festlegung einer Anlagenkonzeption. Hierzu gehört darüber hinaus die Klärung wie viele Regelkreise erforderlich sind. Auch die Festsetzung der Systemtemperaturen ist eine grundsätzliche Festlegung, die in der Regel vom gewählten Kesselsystem oder der zur Verfügung stehenden Fernwärme bzw. betrieblicher Prozesswärme geprägt wird. Das Heizsystem Deckenstrahlfläche ist hierbei universell einsetzbar (vgl. Kap. 2.3). Der Einfluß der Vorlauf-, Rücklauf- und Raumtemperatur auf die schlussendliche Auslegung der Deckenstrahlflächen ist analog des Einflusses der Temperaturspreizung bei der Heizkörperauslegung. Hohe Temperaturen bewirken kleine Flächen. Abnehmende Temperaturen hingegen bewirken eine entsprechende Flächenvergrößerung. Aus wirtschaftlichen Gründen ist eine Optimierung der Temperaturspreizung daher anzustreben. Um die grundsätzliche Auslegung der benötigten Deckenstrahlflächen mit Abmaßen und Typenbezeichnung durchführen zu können und somit auch die Massenermittlung, technische Berechnung und hydraulische Einbindung zu planen sind zunächst ein paar grundsätzlich Überlegungen zur Anordnung der Strahlflächen notwendig.

4.3 Die Anordnung des Strahlungsheizungssystemes im Großraum

4.3.1 Physikalische Grundüberlegung

Nach der Festlegung der Grundlagen für die weitere Planungen kann die konkrete Projektierung der Deckenstrahlflächen erfolgen. Bevor aber über eine Typenauswahl und Längenbestimmung nachgedacht wird, muß zunächst einmal die grundsätzliche Anordnung der Deckenstrahlflächen im zu beheizenden Großraum festgelegt werden. Hierbei wird zunächst unabhängig von der leistungsmäßigen Auslegung der Deckenstrahlplatte die mögliche Lage der Deckenstrahlplatten fixiert. Hierzu gibt es gewisse Grundregeln. Diese Regeln sind anhand der nachfolgenden Systemskizzen schnell eingängig. Die Leistungsverteilung und damit die Wärmeverteilung im Raum lässt, sich so gut veranschaulichen.

Abb. 4.3.1.a zeigt die ungünstige Wärmeverteilung bei nur einer, mittig im Raum angeordneten Deckenstrahlplatte. Hierbei ist das Leistungsmaximum senkrecht zur installierten Deckenstrahlplatte und fällt rapide zu den Außenseiten ab. Die gewählte Anordnung ist nicht dazu geeignet eine gleichmäßige

Hallenbeheizung zu realisieren. Dieses Temperaturprofil ist häufig in Anlagen mit niedrigen Ansprüchen an die Gleichmäßigkeit der Wärmeverteilung vorzufinden. Insbesondere bei Strahlungsheizungssystemen mit einer wesentlich höheren Strahlungstemperatur und damit Leistungsdichte machen sich diese Anordnung häufig zu eigen, um im Hinblick auf die Investition nicht unattraktiv zu werden. Solche, meist gasbefeueten Strahlungssysteme sind z.B. Heizstrahler nach DIN 3372 für Temperaturen über 500° C sowie Strahlrohre nach DIN 3372 Teil 2 für Temperaturen unter 500° C. Aufgrund der sehr hohen Leistungsdichte eines solchen Strahlers reicht es rein rechnerisch häufig aus, nur ein Gerät pro Halle zu installieren. Hierdurch ist zwar ein gewisser wirtschaftlicher Vorteil vorhanden, die Grafik verdeutlicht aber, dass dieser eindeutig zu Lasten der Funktion bzw. einer gleichmäßigen Wärmeverteilung geht. Um das Planungsziel, die Erreichung der thermischen Behaglichkeit zu erzielen, sollten Deckenstrahlplatten also möglichst nicht so installiert werden!

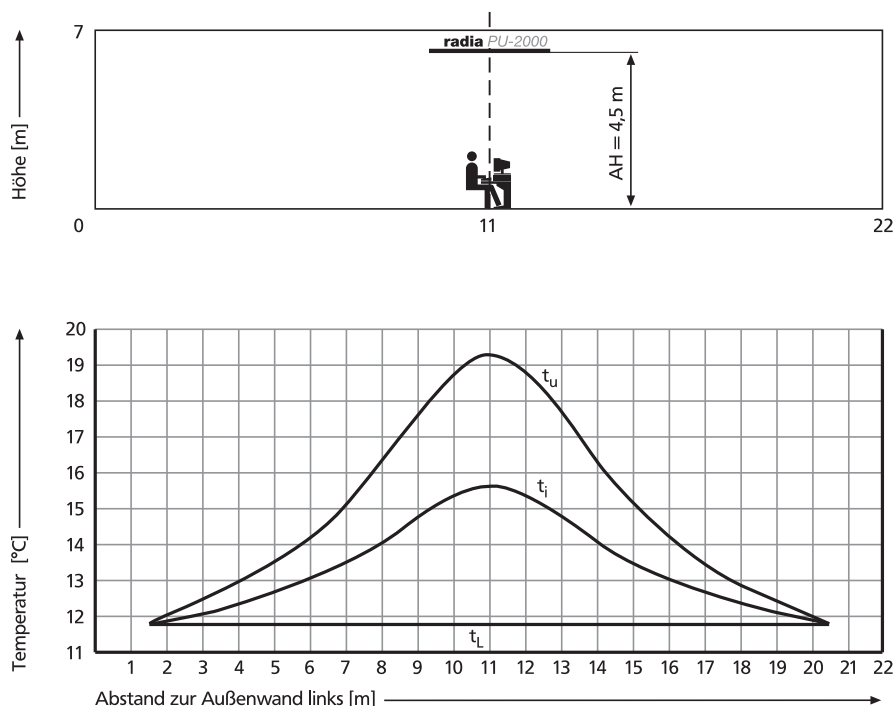


Abb. 4.3.1.a Einzelne Deckenstrahlplatte – mittig in der Halle angeordnet.

Eine gleichmäßige Wärmeverteilung im Raum ist erreicht, wenn die Temperaturwelligkeit d.h. die Temperaturdifferenz in der horizontalen Raumanordnung nicht deutlich höher als ca. 0,5K liegt. Solche Temperaturunterschiede in dieser Größenordnung sind vom Menschen beim Durchschreiten einer Halle nicht zu erfassen bzw. wahrzunehmen. Für den Erfolg einer Planungsleistung ist hierbei sicher entscheidend, welche Vorgaben an das zu garantierende Raumklima existierten.

Auf Basis dieser funktionalen Vorgaben des Bauherrn ist die Anordnung und Auslegung von Deckenstrahlflächen natürlich abhängig von der grundsätzlichen Anlagenkonzeption (s. Kap. 4.4) und den zugehörigen Systemtemperaturen. Hierbei ist die Deckenstrahlungsheizung aufgrund der systembedingten Eigenschaften der Wärmeübertragung durch Strahlung (s. Kap. 1.1) in der Lage, auch Temperaturzonen innerhalb eines Raumes zu realisieren. Diese Möglichkeit geht bis hin zur Beheizung von Einzelarbeitsplätzen (s. Kap. 4.3.2).

4.3.2 Deckenstrahlflächenanordnung bei vollflächiger, gleichmäßiger Beheizung

Um den Ansprüchen einer gleichmäßigen Beheizung genüge zu tun ist die genannte Temperaturwelligkeit einer der zugehörigen Gradmesser für den Erfolg der Planung um diese Grenze der Temperaturwelligkeit einhalten zu können, werden in den nachfolgenden Systemskizzen die zugehörigen Abhängigkeiten veranschaulicht. Abb. 4.3.2.a stellt die Wärmeverteilung bei einer angenommenen, gleichmäßigen Decken-

beheizung dar (z.B. **radia CB** ohne Randzone). Hierbei wird sich ein Temperaturmaximum in der Hallenmitte einstellen. An den Hallenaußenseiten wird hingegen aufgrund des Einflusses der Außenwände (höherer Wärmeverlust als in der Hallenmitte) ein entsprechender Leistungs- und somit auch Temperaturabfall einstellen.

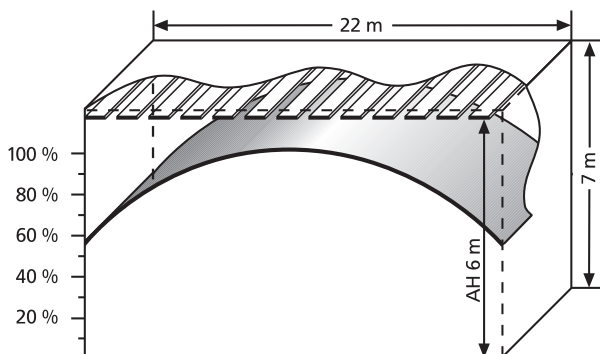


Abb. 4.3.2.a Gleichmäßig beheizte Decke

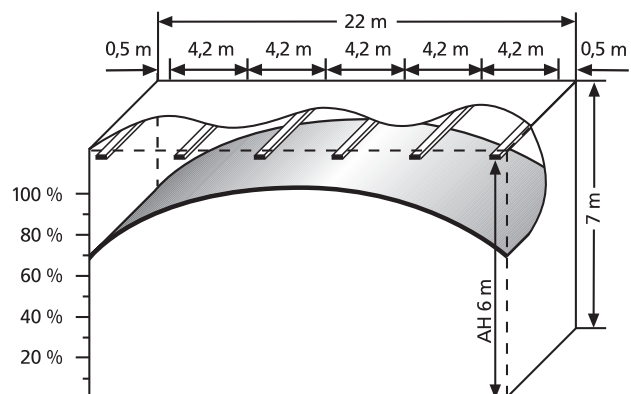


Abb. 4.3.2.b Gleichmäßig Deckenstrahlflächenaufteilung

Analog hierzu stellt sich das Temperaturprofil einer gleichmäßigen Deckenstrahlflächenbelegung in Abb. 4.3.2.b dar. Die Erkenntnisse, die aus den beiden vorgenannten Darstellungen abzuleiten sind, stellt klar heraus, dass es nicht einer vollgeschlossenen Deckenbelegung bedarf um das gleiche Ergebnis zu erzielen.

Selbstverständlich hat die größere Fläche einer vollgeschlossenen Decke (z.B. mit **radia CB**) eine positive Auswirkung auf die Systemtemperaturen und ist häufig Begründet im architektonischen und optischen Bereich.

Der Heizungsplaner hat jedoch auch die Aufgabe, das Planungsziel möglichst wirtschaftlich zu erreichen. Im üblichen Rahmen der Temperaturspreizungen einer PWW-Heizung ist daher problemfrei die Einsparung von wärmeübertragenden Strahlflächen möglich. Die

nachfolgenden Skizzen sollen helfen, das Optimum zwischen Wirtschaftlichkeit der Investition und den technischen Notwendigkeiten zur Erlangung einer thermischen Behaglichkeit im Rahmen der Planungsaufgabe zu bestimmen.

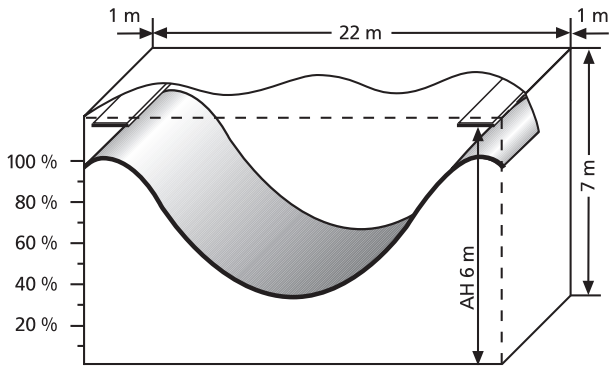


Abb. 4.3.2.c Deckenstrahlflächen im Aussenbereich

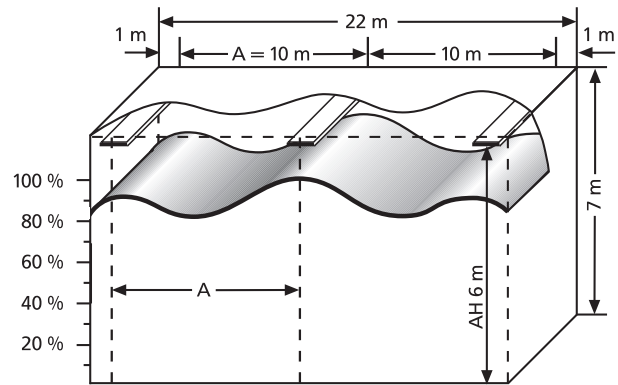


Abb. 4.3.2.d Gleichmäßig verteilte Deckenstrahlflächen mit $A > AH$

Die Folge einer zu starken Dimensionierung im Randbereich eines Großraumes und die damit entstehende Leistungslücke in der Hallenmitte ist in Abb. 4.3.2.c dargestellt. Eine Faustformel bei der Anordnung von Deckenstrahlflächen besagt:

Die Abhänge-Höhe (AH) d.h. der Abstand vom Fußboden zur Höhenachse der Deckenstrahlplatte sollte ca. dem Abstand (A) der Strahlplatten-Mittelachsen zueinander entsprechen.

In der Anordnung gemäß Abb. 4.3.2.d ist diese Faustformel noch nicht ganz umgesetzt. Die Temperaturwelligkeit ist noch vorhanden. Wie bereits ausge-

führt kann bis zu einer Temperaturdifferenz von ca. 0.5K eine solche „Temperaturwelle“ vom Menschen gespürt und ggf. als „unangenehm“ empfunden werden und somit die thermische Behaglichkeit gefährden. Dies ist jedoch auch vom Grad der Beschäftigung der im Raum befindlichen Personen abhängig.

Eine nahezu ideale Leistungsverteilung zeigt Abb. 4.3.2.e Die Leistungserhöhung am Rand und dem Abstandsverhältnis $A = AH$ ergibt eine optimierte Leistungsabgabe des Strahlflächensystems zur gleichmäßigen Großraumbeheizung bei gleichzeitiger Optimierung der Investition.

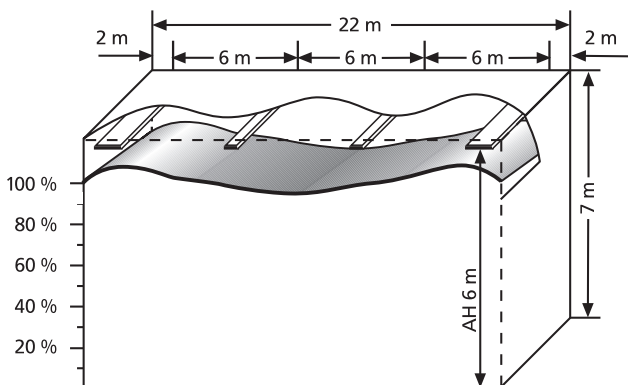


Abb. 4.3.2.e Gleichmäßige Aufteilung der Deckenstrahlfläche mit $A = AH$

4.3.3 Deckenstrahlflächenanordnung bei Zonen- bzw. Einzelarbeitsplatzbeheizung

Abweichend von einer gleichmäßigen Beheizung verfügt das Strahlungsheizungssystem auch über die Eigenschaft, Zonenweise unterschiedliche Temperaturen zu realisieren. Dies liegt in den systembedingten Vorteilen der Wärmeübertragung mittels Strahlung (s. Kap. 1.1). Die Bildung dieser Zonen, die über das Temperaturniveau des übrigen Raumes angehoben wird, unterliegt jedoch auch Grenzen. Die Bestrebung jeden Fluids bzw. Körpers nach Temperaturengleich gemäß dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik, kann auch die Strahlungsheizung nicht außer Kraft setzen. Aus diesem Grund ist eine solche

Temperaturzone auch von einer entsprechenden Übergangszone umgeben. Die Realisierung von Arbeitsplatzzonen oder Einzelplatzbeheizungen mit einem Temperaturunterschied zur übrigen Innentemperatur von über 5° C, lässt sich ohne Zusatzmaßnahmen nicht realisieren. Solche Maßnahmen sind z.B. Streifenvorhänge, Trennwände etc.. Insbesondere die Strahlungsintensität ist eine Grenze, die auch unter Berücksichtigung der menschlichen Empfindung eine natürliche Grenze in der Ausbildung von Temperaturzonen über dem sonstigen Temperaturniveau bildet.

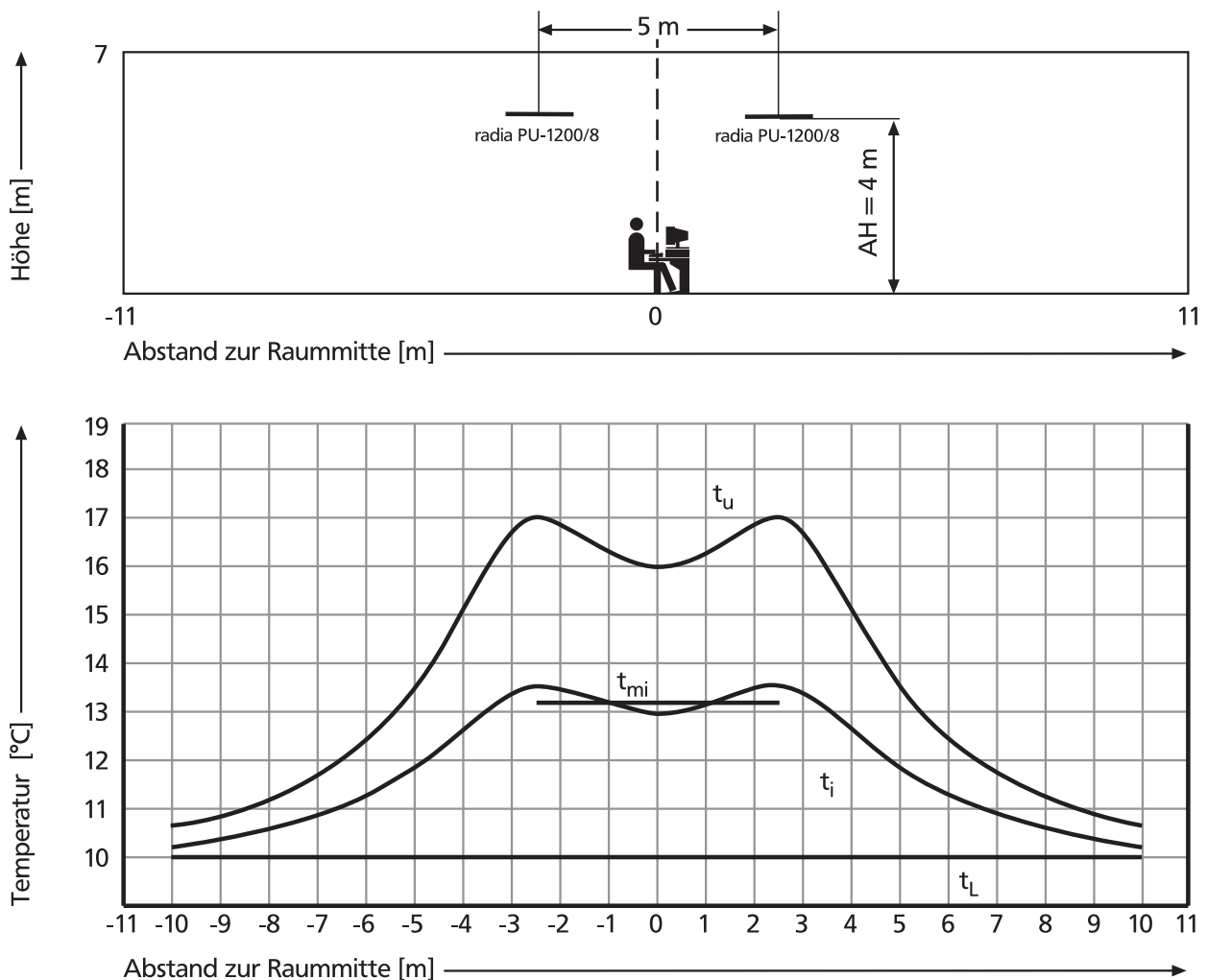


Abb. 4.3.3.a Einzelarbeitsplatz Beheizung

In Abb. 4.3.3.a ist eine Einzelarbeitsplatz-Beheizung dargestellt. Hierbei ist eine separate Zone innerhalb einer Halle temperaturmäßig angehoben. Dies geschieht z.B. in Kommissionierbereichen bei Lagerhallen. Die Temperatur ist hier max. 5° C über die übrige Raumtemperatur angehoben worden. Die übrige Halle bedarf daher einer Grundheizung. Im dargestellten Beispiel (Abb. 4.3.3.b) sind die Decken-

strahlflächen über die Länge schräg gestellt (s. Kap. 3.5.2) Somit erhöht sich die Leistung um zusätzliche konvektive Leistungsanteile. Diese konvektiven Leistungsanteile wirken bei richtiger Anordnung als eine Art "Luftschleier" der die o.g. Übergangszone im Bezug auf Zugerscheinungen und thermische Behaglichkeit positiv beeinflussen kann.

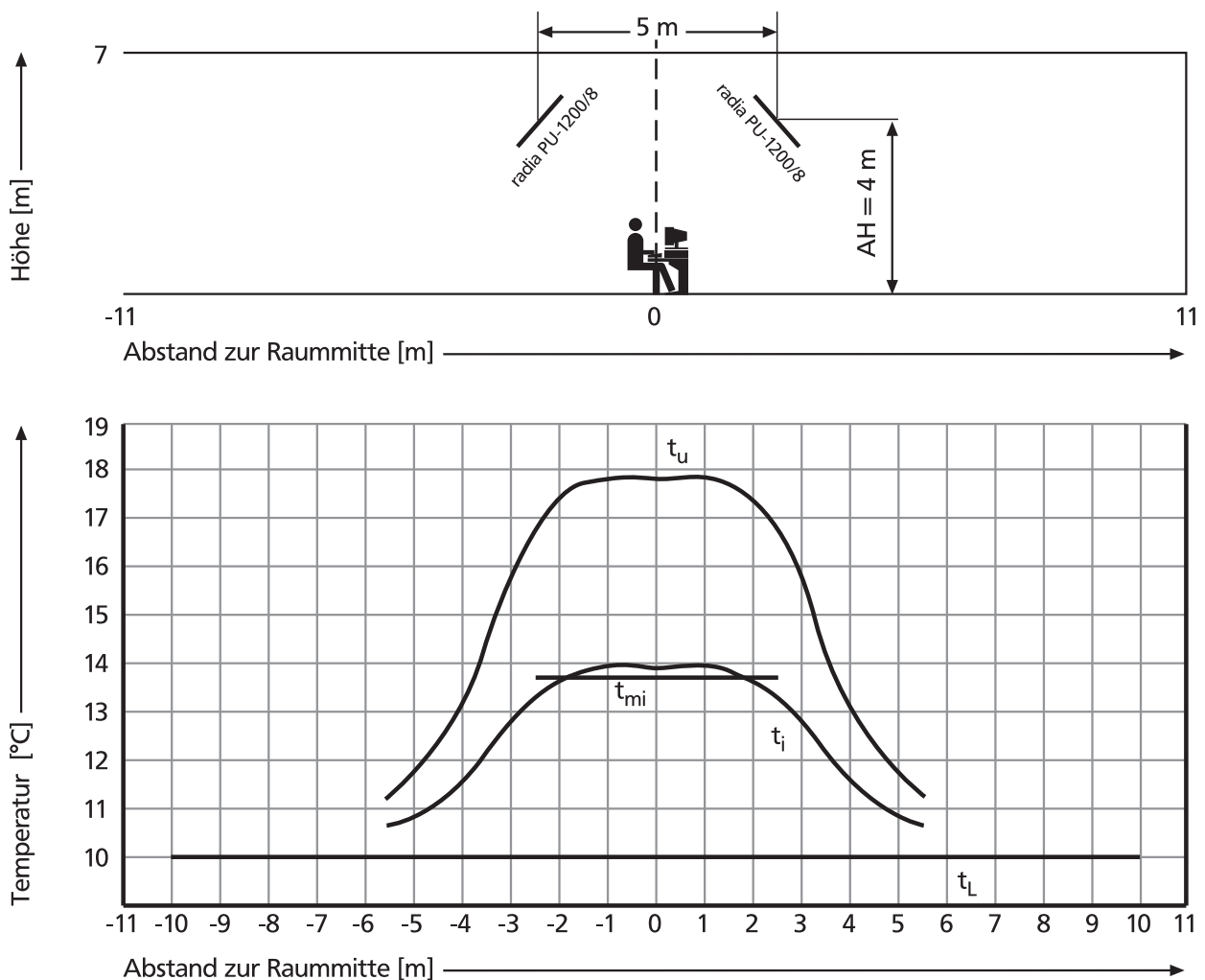


Abb. 4.3.3.b Einzelarbeitsplatz-Beheizung mit schräg angeordneten Deckenstrahlflächen

4.3.4 Projektierungsgrundsätze zur Anordnung von Deckenstrahlplatten

Die zuvor aufgeführten physikalischen Grundüberlegungen lassen sich leider nicht immer mit den örtlichen Gegebenheiten eines konkreten Projektes vereinbaren. Grundsätzlich lassen sich jedoch folgende Grundsätze für die Anordnung und Auslegung der Deckenstrahlflächen aus den genannten Zusammenhängen ableiten:

- Die Anordnung erfolgt in der Regel parallel zur längsten Außenwand. Falls erforderlich zusätzlich an den stirnseitigen Außenwänden. Durch diese Maßnahme werden Randzonen geschaffen, die dem erhöhten Transmissionswärmebedarf im Bereich der Außenwände aber auch im Bereich von Türen und Toren Rechnung tragen.
- Zur genannten Leistungskompensation des Außenbereiches wird empfohlen, die äußeren, parallel zu den Außenwänden verlaufenden Strahlflächen entsprechend leistungsstärker zu dimensionieren als zur Raummitte hin. Dies kann sowohl durch eine entsprechende Typenauswahl als auch durch hydraulische Schaltungen erfolgen (s. Kap. 4.4).
- Der Abstand des ersten Bandes zur Außenwand ist zunächst eine Funktion der Hallenhöhe. Je höher die Halle desto größer kann der Abstand werden. Dies hängt mit dem in Kapitel 4.2 erläuterten Strahlungsverhalten zusammen. Hierbei soll die Oberflächentemperatur aufgrund der Zustrahlung von Energie durch die Deckenstrahlfläche erhöht werden (s. Kap. 1.1). Der Außenwandbereich in der Höhe des Aufenthaltsbereiches sollte von der Strahlung betroffen sein. Aufgrund der o.g. Strahlungskurven ergibt sich ein Abstand der ersten Strahlflächen in je nach Hallenhöhe von ca. 0,5 bis 2 m.
- Zur wirtschaftlichen Optimierung des Systems und insbesondere der Investitionskosten sollten möglichst lange Deckenstrahlflächen eingesetzt werden. Dies minimiert nicht nur den Verrohrungsaufwand,

auch die Preise je Deckenstrahlfläche setzen sich aus Plattengrundpreis für die jeweilige technische Konfektionierung mit Kopfstücken und hydraulischer Schaltung sowie einem Preis je Laufmeter zusammen. Dadurch lassen sich durch geschickte Anordnung erhebliche Kosten ersparen.

Dem Projektanten einer Heizungsanlage steht in der Regel keine Gebäudehülle zur Verfügung, die nicht über individuelle Eigenschaften verfügt. Diese Randbedingungen sind mit den vorgenannten Grundsätzen zur Anordnung von Deckenstrahlflächen in Einklang zu bringen. Häufige Einflüsse entstehen z.B. durch nachfolgende Gegebenheiten und zwingen den Planer dazu von den genannten Idealvoraussetzungen abzuweichen.

- a) Nutzung Unterschiedlicher Nutzerzonen z.B. Produktion/Lager innerhalb eines Großraumes. Hieraus ergibt sich ggf. die Notwendigkeit Heizbänder zu unterbrechen und mit einer eigenen Regelgruppe anzuschließen
- b) Dach Sowohl Dachform (Satteldach/Flachdach) mit den zugehörigen Dachneigungen sowie die statischen Abhängigkeiten (Binder/Unterzüge) nehmen ggf. erheblichen Einfluß auf die mögliche Plattenanordnung.
- c) Tore Die Anzahl und Größe von Toren sowie ihre Nähe zu Aufenthaltsbereichen führt dazu, das ggf. zusätzliche Heizbänder zur Leistungskompensation in diesem Bereich angeordnet werden. Bei sehr vielen, sich gegenüberliegenden Toren besteht zudem die Gefahr der Querlüftung. Hierbei muß ggf. über zusätzliche Maßnahmen bis hin zur grundsätzlichen Frage der Einsetzbarkeit des Strahlungsheizungssystem entschieden werden.

d) verglaste

Flächen Eine Leistungskompensation im Bereich dieser Flächen mit erhöhtem Leitungsbedarf erfordert ggf. eine zusätzliche Anordnung von Strahlflächen oder eine geänderte Ausrichtung der Bänder.

e) RWA-

Anlage Alle Einbauten im Dachbereich wie RWA, Oberlichter, Lichtbänder etc. können erheblichen Einfluß auf die Anordnung der Deckenstrahlflächen nehmen. Neben der Beurteilung ob und wie viel zusätzliche Leistung durch diese Einbauten ausgelöst wird, ist auch die Lage der Heizbänder anzupassen. Hierbei ist zu berücksichtigen, das **radiaTec®** die Möglichkeit bietet das Strahlflächenpaneel auszusparen und so die Funktion von RWA, Oberlichtern etc. zu erhalten.

So können die o.g. Grundsätze der Anordnung von Strahlflächen ungehindert umgesetzt werden.

f) Technische

Einbauten Sowohl die technischen Anforderungen anderer Gewerke wie Sprinklertechnik, Beleuchtungsanlagen, Fördertechnik etc. als die betrieblichen Einbauten kann wie z.B. Kranbahnen etc. erheblichen Einfluß auf die Anordnung von Deckenstrahlflächen nehmen. Hierbei kommt der Deckenstrahlfläche die geringe Aufbauhöhe zugute und lässt sich somit in der Regel problemfrei mit den genannten technischen Einbauten koordinieren.

4.3.5 Auslegung und Typenbestimmung der radia PU-2000 Deckenstrahlflächen

Die Massenermittlung d.h. die Bestimmung der konkreten Baubreiten d.h. Typen der **radia PU-2000** sowie der zugehörigen Baulänge kann erst erfolgen, nach dem die grundsätzliche Anordnung auf Basis der zuvor genannten Zusammenhänge fixiert wurden. Auf Basis dieser Anordnung wird zunächst die Gesamtlänge der zu installierenden Deckenstrahlflächen ermittelt. Diese Länge wird ins Verhältnis mit dem ermittelten Wärmebedarf gesetzt (s. Kap. 4.2). Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche Leistungsabgabe in W/m, die das System erbringen muß. Mit

Hilfe der festgelegten Systemtemperaturen kann mit diesem Wert ein Strahlflächentyp fixiert werden, der diesen spezifischen Leistungswert erbringt. Auf Basis dieser Vordimensionierung kann die endgültige Zuordnung der Baureihen je Strahlflächenband erfolgen. Hierbei berücksichtigt der Projektant anhand der zuvor genannten physikalischen Grundvoraussetzungen ggf. notwendige Leistungskompensationen im Randbereich, sofern diese nicht mittels hydraulischer Schaltung realisiert werden soll, anstelle einer Variation von Baureihen.

4.4 Hydraulische Einbindung und Abgleich der Deckenstrahlflächen

Die hydraulische Einbindung des Deckenstrahlflächensystems bietet eine Vielzahl von Varianten, mit denen das wirtschaftliche Ergebnis einer Planung beeinflusst werden kann. Ziel einer erfolgreichen Planung ist hierbei in erster Linie die Aufwendungen für die Anschlußverrohrung möglichst zu minimieren und die gestellte Planungsaufgabe trotzdem zu erfüllen. Hierzu sind zunächst einige grundsätzliche Informationen über die hydraulischen Möglichkeiten der **radia** PU-2000 erforderlich.

Die nachfolgend benannten hydraulischen Lösungen, werden innerhalb der jeweiligen Deckenstrahlfläche mittels sog. Blindscheiben in den Verteiler- bzw. Sammlerkopfstücken realisiert. Die Anordnung dieser Blindscheiben ist projektspezifisch festzulegen und wird je Projekt durch **radiaTec**® individuell mit dem verantwortlichen Planer bzw. Heizungsbaunternehmen im Rahmen der Planungsunterstützung bzw. Auftragsbearbeitung fixiert (s. Kap. 6).

4.4.1 Gleichseitiger Anschluss einer Deckenstrahlfläche

Der gleichseitige Anschluß der Verrohrung an eine Deckenstrahlfläche ist im Hinblick auf den Rohrein-
satz in der Regel die sparsamste Anbindung. Auf diesem Weg können häufig alle Heizbänder mit einer kurzen Trasse angebunden werden (s. Abb. 4.4.1.a).

Die interne Wasserführung innerhalb eines Strahlflächenbandes wird hierbei durch Blindscheiben organisiert. Auf wie viele Rohre sich der jeweilige Gesamtmassenstrom verteilt ist vom erforderlichen Mindestheizmittelstrom $m_{h,min}$ (s. Kap. 3.5.3) und ggf. vom erzeugten Druckverlust (s. Kap. 3.7) abhängig.

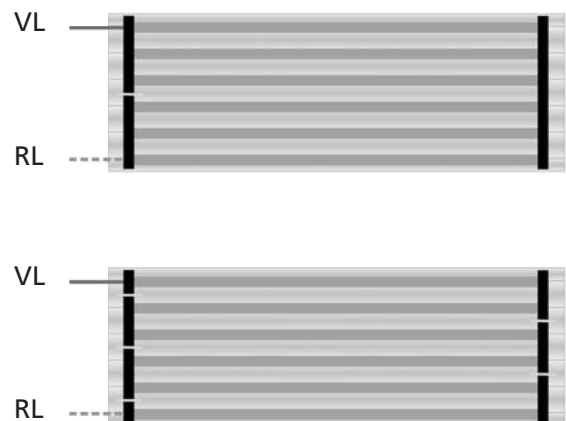


Abb. 4.4.1.a Gleichseitiger Anschluss

Eine Einsatzgrenze des gleichseitigen Anschlusses ergibt sich aus der unterschiedlichen Temperaturausdehnung bei großen Temperaturspreizungen oder im Anheizfall. Hier ergibt sich eine Querspannung die

eine deutliche Biegung der Platte erkennen lässt (Abb. 4.4.1.b). Dieser Effekt kann auch bei Heizbändern auftreten, die eine Länge von 30 m deutlich überschreiten.

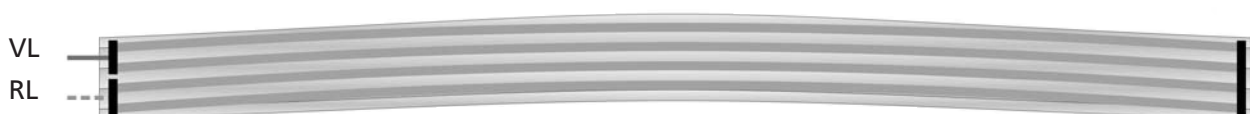


Abb. 4.4.1.b

radiaTec® bietet als technische Lösung eine hydraulische Spezialschaltung an. Hierbei wird die Vorlaufversorgung auf zwei Teilanschlüsse auf die jeweils äußeren Rohre angeschlossen. Der interne Rücklauf wird mittels Blinscheiben durch die mittleren Strahl-

flächenrohre geleitet (Abb. 4.4.1.c). Durch diese Schaltung wird die Temperaturverteilung optimiert und damit die Ausdehnung quer zur Platte kompensiert. Ein verbiegen quer zur Plattenachse ist damit verhindert.



Abb. 4.4.1.c

Eine weitere Lösung besteht darin, die betroffene Deckenstrahlfläche einfach zu teilen und über eine Verbindungsleitung am Ende zu koppeln und so die hydraulische Funktion des Anschlussverteilers bzw. –sammlers nach außen zu verlegen (Abb. 4.4.1.d). Die so erzeugten eigenständigen Strahlflächenbänder haben in Querrichtung keine Spannung, da innerhalb

des Bandes die Volumenströme jeweils parallel in eine Richtung laufen. Nachteil dieser Lösung sind die entstehenden Mehraufwendungen durch erhöhten Montageaufwand und zusätzliche Plattengrundpreise. Die hydraulische Spezialschaltung ist hingegen kostenneutral.



Abb. 4.4.1.d

4.4.2 Wechselseitiger Anschluß einer Deckenstrahlfläche

Der wechselseitige Anschluss von Deckenstrahlflächen kann zum einen durch die Randbedingungen der Gesamtanlage notwendig werden. Zum anderen bietet diese Anschlussart die Möglichkeit mit Hilfe der hydraulischen Einbindung die Leistungsabgabe bei Deckenstrahlflächen zu beeinflussen (s. Abb. 4.4.2.a).

Der wechselseitige Anschluss kommt auch bei der Zusammenschaltung einzelner Strahlflächen zum Tragen, bzw. wenn zur Erlangung des Mindestheizmittelstromes bei Deckenstrahlflächen. So wird auch bei Typen mit ungerader Anzahl an wasserführenden Rohren eine Einzelrohrführung realisiert.



Abb. 4.4.1.a Wechselseitiger Anschluss

4.4.3 Parallelschaltung von Deckenstrahlflächen

Unabhängig von der Anschlussart, Gleich- oder Wechselfeitig bietet die Parallelschaltung von Deckenstrahlflächen den Vorteil einer gezielten Wärmeverteilung in dem Raum. Die klassische Lösung ist hierbei der gleichzeitige Anschluss mit entsprechenden Flächen und damit einer Leistungsvergrößerung im Aussenbereich (Abb. 4.4.3.a). Diese Schaltung erzeugt eine gleichmäßige mittlere Temperatur über die gesamte Strahlflächenlänge und optimiert zugleich den Verrohrungsaufwand. Ein ebenfalls klassisches Beispiel für die Parallelschaltung mehrerer Strahlflächen ist die wechselseitige Anschluss-

verrohrung der vorgenannten Plattenkombinationen, d.h. mit Leistungsverdichtungen in den Aussenbereichen (Abb. 4.4.3.b). Durch die wechselseitige Verrohrung und gegebenenfalls einer parallelen Wasserführung innerhalb des Strahlflächenbandes ohne Umlenkung, kann eine zusätzliche Leistungsverteilung über die Flächenlänge erzeugt werden. Durch diese gezielte zusätzliche Leistungsverteilung lassen sich z.B. Temperaturverteilungen im Raum gezielt steuern (z.B. Straßenbahndepots mit Toren im vorderen Bereich, oder gewerbliche Hallen mit unterschiedlicher Nutzung z.B. Lager/Produktion).

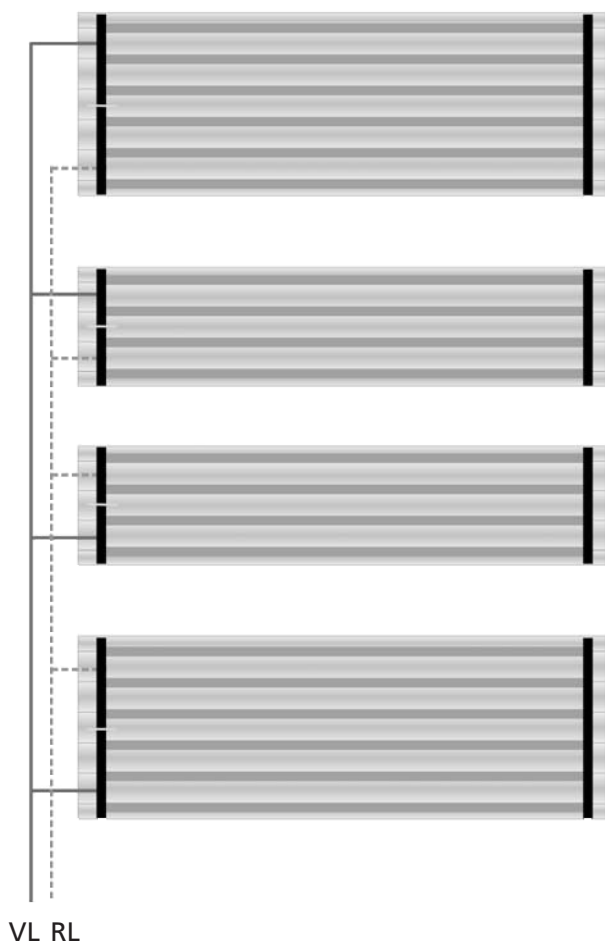


Abb. 4.4.3.a Parallelschaltung der **radia** PU-2000 mit gleichzeitigem Anschluß

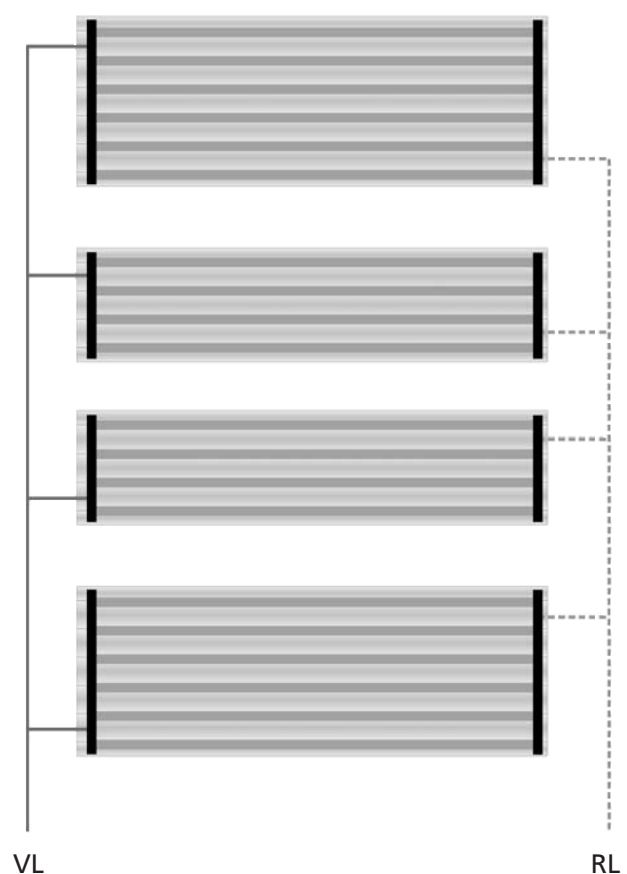


Abb. 4.4.3.b Parallelschaltung der **radia** PU-2000 mit wechselseitigem Anschluß

4.4.4 Reihenschaltung von Deckenstrahlflächen

Die Reihenschaltung (Abb. 4.4.4.a und Abb. 4.4.4.b) einzelner Deckenstrahlflächen kann aus verschiedenen Randbedingungen heraus notwendig werden, z.B. um eventuelle Unterzüge oder Binder unter der

Hallendecke zu überbrücken. Hierbei ist immer eine Beeinflussung der Leistungsabgabe gegeben. Diese ist in der Regel gewollt und daher wird die Reihenschaltung häufig zu diesem Zweck eingesetzt.

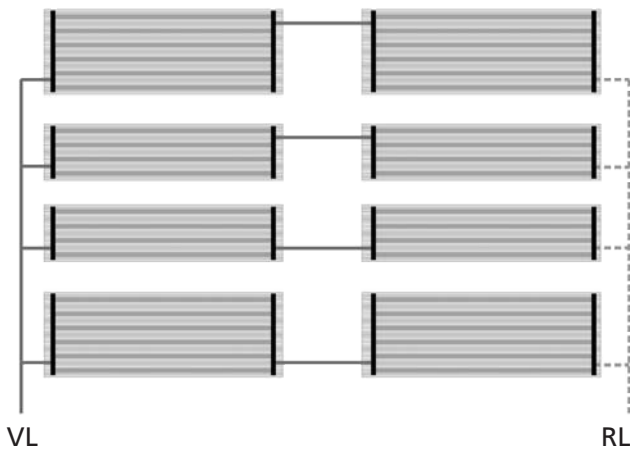


Abb. 4.4.4.a 2 in Reihe geschaltete **radia** PU-2000 mit wechselseitigem Anschluß

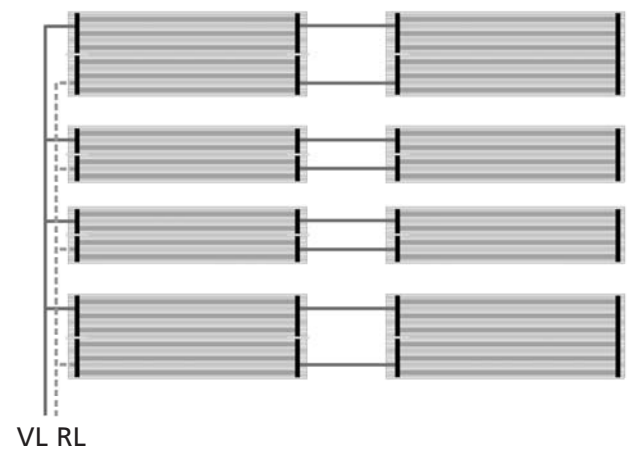


Abb. 4.4.4.a 2 in Reihe geschaltete **radia** PU-2000 mit gleichseitigem Anschluß

4.4.5 Hydraulische Sonderschaltungen

Neben den zuvor genannten reinen Reihen- und Parallelschaltungen bieten sich eine Reihe von Kombinationen der genannten Schaltungen an. Hier ist je nach Planungsaufgabe und örtlicher Gegebenheit eine Vielzahl von Varianten der hydraulischen Schaltungen möglich.

Die Leistungsabgabe und die damit verbundene Veränderung der Temperaturen muß bei der Auslegung der nachgeschalteten Heizgruppe beachtet werden. Sonderschaltungen können z.B. auch zur Optimierung des Verrohrungsaufwandes dienen. Hierbei kann mit Hilfe der Blindscheiben im Kopfstück z.B. die jeweils äußeren Rohre eines Heizbandes als Vor- bzw. Rücklauf einer weiteren Heizgruppe genutzt werden.

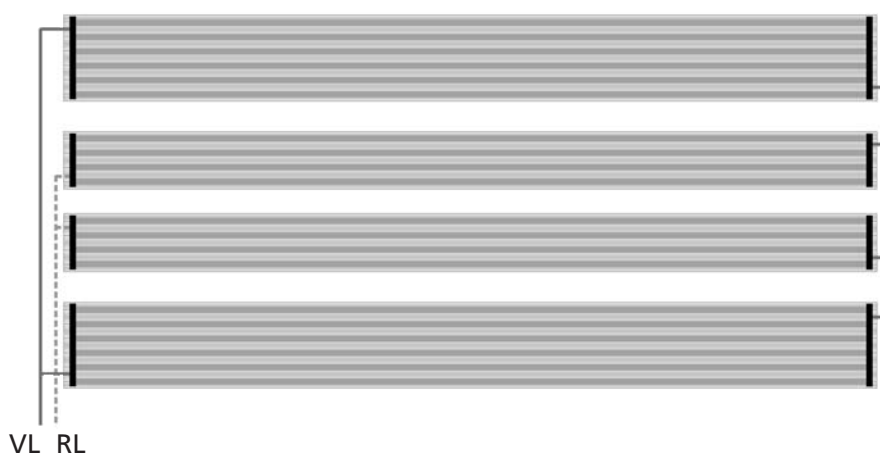


Abb. 4.4.5.a Reihenschaltung, Verbindung der äußeren mit den inneren Heizbändern

4.5 Regelungstechnische Konzepte für Deckenstrahlungsheizungen

Die regelungstechnische Einbindung von Deckenstrahlflächen in ein Gesamtheizungssystem unterliegt grundsätzlich keinen Besonderheiten. Demnach können sowohl Temperatur- als auch Massenstromregelungen zum Einsatz kommen. Auch Kombinationen beider Regelungsvarianten sind möglich, wie dies bei allen anderen Heizsystemen üblich und technisch sinnvoll ist.

Der geringe Wasserinhalt und die daraus resultierenden Fließgeschwindigkeiten ergeben eine sehr gute

und kurzfristig wirkende Regelbarkeit von Deckenstrahlflächenheizungsanlagen. Die dadurch systembedingten kurzen Reaktionszeiten, helfen somit auch die Nutzung von Fremdenergieeinflüssen wie Produktionsabwärme, passive Solarenergienutzung etc. energiesparend einzusetzen. Deckenstrahlflächen helfen somit zusätzlich die thermische Behaglichkeit des Raumes nachhaltig zu sichern. Hierbei ist das regelungstechnische Konzept sicher eine wichtige Voraussetzung.

4.5.1 Temperaturregelung

Im Hinblick auf den Erfolg einer regelungstechnischen Maßnahme, ist die Einhaltung der geforderten Innentemperatur der entscheidende Gradmesser. Ziel ist somit die Einhaltung einer gewünschten Temperatur. Somit ist letztendlich jede Regelung eine Temperaturregelung. Die Erreichung dieses Zieles kann durch die Beeinflussung der Systemtemperaturen bei konstantem Massenstrom (z.B. durch Mischen) erreicht werden, oder durch die entsprechende Regelung des Massenstromes (Mengenregelung s.u.).

Die grundsätzliche Vorregelung der Gesamtanlage mittels witterungsgeführter Vorlauftemperatur ist durch die installierte Kesselregelung ebenso realisierbar wie auch als Regelgröße auf den Heizkreis "Deckenstrahlflächen" als zusätzlicher Regelparameter. Hierbei ist diese Regelung auf Basis der entsprechenden, gebäudespezifischen Heizkurve häufig die einzige Führungsgröße. Eine Innentemperaturkompensation ist nicht zwingend erforderlich, hilft jedoch die vorgenannte schnelle Reaktionsfähigkeit

des Systems auch zu nutzen. Sinngemäß gleiches gilt für die Menge und Anzahl von Innentemperaturmesstellen mit ggf. einhergehender Mittelwertbildung. Die jeweiligen anlagenspezifischen Randbedingungen sind zu beachten.

Die grundsätzliche witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung ist von dieser vorgenannten Raumkompensation abgelöst zu betrachten und selbstverständlich als übergeordnete Regelgröße wie beschrieben realisierbar. Auch die Realisierung von Zonenregelungen innerhalb des zu beheizenden Raumes lässt sich mit konventioneller Regelungstechnik bewerkstelligen. Auch hier gilt die Aussage, dass die Positionierung der Fühler, Auswahl der Regelkomponenten als auch die Entscheidung über eine zentrale Lösung mit separater Zuleitung oder dezentrale Lösung mit Regelgruppe vor Ort eine Entscheidung des Planers in Abhängigkeit der sonstigen Randbedingungen ist.

4.5.2 Mengenregelung

Insbesondere im Zusammenhang mit Zonenregelung werden häufig Zweiwegzonenventile mit thermischen bzw. elektrothermischen Antrieb genutzt. Selbst die Verwendung von herkömmlichen Thermostatventilen z. B. mit Fernfühlung und Fernübertragung mittels Kapillarrohr wird in Kleinanlagen angewandt. Für die Regelung ganzer Hallen und Anlagenteile wird jedoch vorzugsweise der konstante Massenstrom mit einhergehender Temperaturregelung eingesetzt (s.o.).

Hinweis zur Mengenregelung: In speziellen Anlagensituationen kann bei Mengenregelungen ggf. ein Aufschwingen des Regelkreises auftreten. Dies ist bislang in äußerst seltenen Fällen vorgekommen und steht im Zusammenhang mit der in Kapitel 3.5.3 beschriebenen Leistungsminderung bei Abbruch der turbulenten Strömung. Dieser relativ plötzliche Einbruch von 15% der Leistungsabgabe zusammen mit der kurzen Reaktionszeit der Regelung und des zugehörigen Deckenstrahlungsheizungssystems, kann zu dieser Fehlfunktion führen. Dies ist im Rahmen der Gesamtprojektierung zu beachten.

4.6 Zusammenfassung der Planungsgrundlagen anhand eines Beispielprojektes

Anhand des nachfolgenden Beispiels werden noch einmal die einzelnen Schritte zur Projektierung einer Deckenstrahlflächenbeheizten Halle dokumentiert.

Das Beispiel wird anhand einer Werkhalle mit 40 m Länge, 22 m Breite, sowie 7 m Höhe ausgeführt. Die zu erreichende Norminnentemperatur beträgt 18° C.

Die Konstruktion des Gebäudes entspricht den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung und verfügt über zwei Sektionaltoranlagen für den Anlieferverkehr, sowie acht RWA-Anlagen zur Entrauchung und täglichen Lüftung. Der Luftwechsel wird mit 0,4 1/h angesetzt.

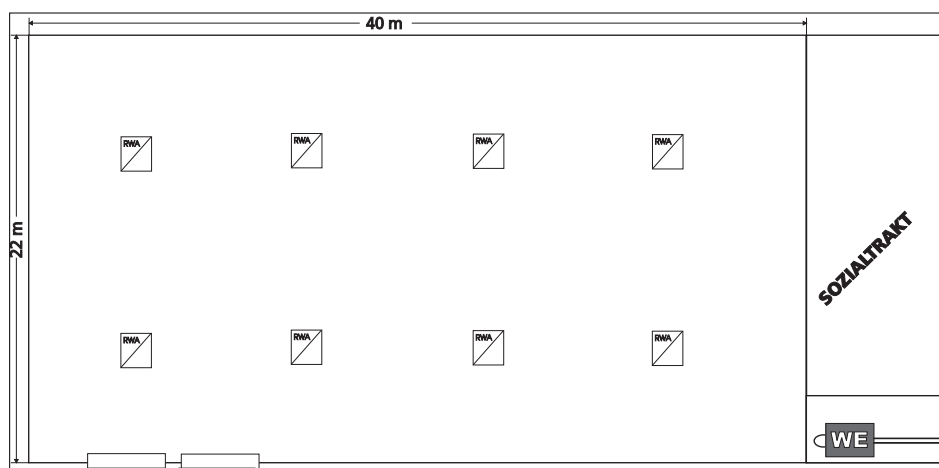


Abb. 4.6.a Beispielhalle l = 40 m / b = 22 m / h = 7 m

Die Vorgehensweise und Arbeitsschritte ergeben sich gemäß den Ausführungen in Kap. 4.1 wie nachfolgend dargestellt.

4.6.1 Wärmebedarfsermittlung

Der Wärmebedarf wird gemäß DIN 4701 unter Zugrundelegung der festgelegten K- Zahlen der jeweiligen Einzelbauteile ermittelt. Daraus ergibt sich für

die oben beschriebene Beispielhalle nachfolgend dargestelltes Ergebnis.

G. Nr.	R. Nr.	Raum-Bez.	ti °C	FB m2	QT-FB W	QT-a W	QT%e W	QL-FL W	QL-min W	QL-LW W	dQL-LT W	QN W	QN/m2 W/m²	QN/m³ W/m³
0	1	Halle	18	880	4350	29457	29457		24303			53760	61	9
		Summen		880	4350	29457	29457	0	24303	0	0	53760	61	9

Abb. 4.6.1a Zusammenstellung Wärmebedarf gem. DIN 4701

Die Auslegung der Deckenstrahlflächen erfolgt gemäß vorgenannter Aufstellung somit für einen Norm- Wärmebedarf von 53,76 KW.

4.6.2 Festlegung der Systemtemperatur

Wie in den vorgenannten Kapiteln festgelegt, lässt sich die Deckenstrahlungsheizung für nahezu alle Temperaturbereiche einsetzen. Die Festlegung der Systemtemperatur in konkreten Projektierungsfall hängt somit von den sonstigen Randbedingungen ab. Diese können z. B. abhängig sein von der Kesselanlage (Brennwerttechnik, Niedertemperaturtechnik, etc.), oder von betrieblichen Belangen (wird Prozesswärme gebraucht? etc.). Ebenfalls kann die gewünschte Einbindung von Abwärme und Wärmerückgewinnungssystemen einen Einfluss auf die Systemtemperaturauswahl haben.

Im vorliegenden Beispiel wird folgende Systemtemperatur festgelegt:

- Vorlauftemperatur: $V_V = 80^\circ \text{C}$
- Rücklauftemperatur: $V_R = 60^\circ \text{C}$
- Innentemperatur: $V_i = 18^\circ \text{C}$

Mittels der vorgenannten Daten lässt sich gemäß den Gleichungen des Kap. 3.3 bzw. der unter Kapitel 3.4.2 abgebildeten Tabelle die Übertemperatur Δv ermitteln. Für die vorliegende Beispielrechnung ist zur Bestimmung der Leistungsdaten der **radia PU-2000** eine Wert von $\Delta v = 51\text{K}$ anzusetzen.

4.6.3 Anordnung der Deckenstrahlflächen

Die grundsätzlichen Vorgehensweisen zur Anordnung von Deckenstrahlplatten wird in Kapitel 4.3 beschrieben. Hieraus ergeben sich für o. g. Beispiel zwei Ausführungsvarianten:

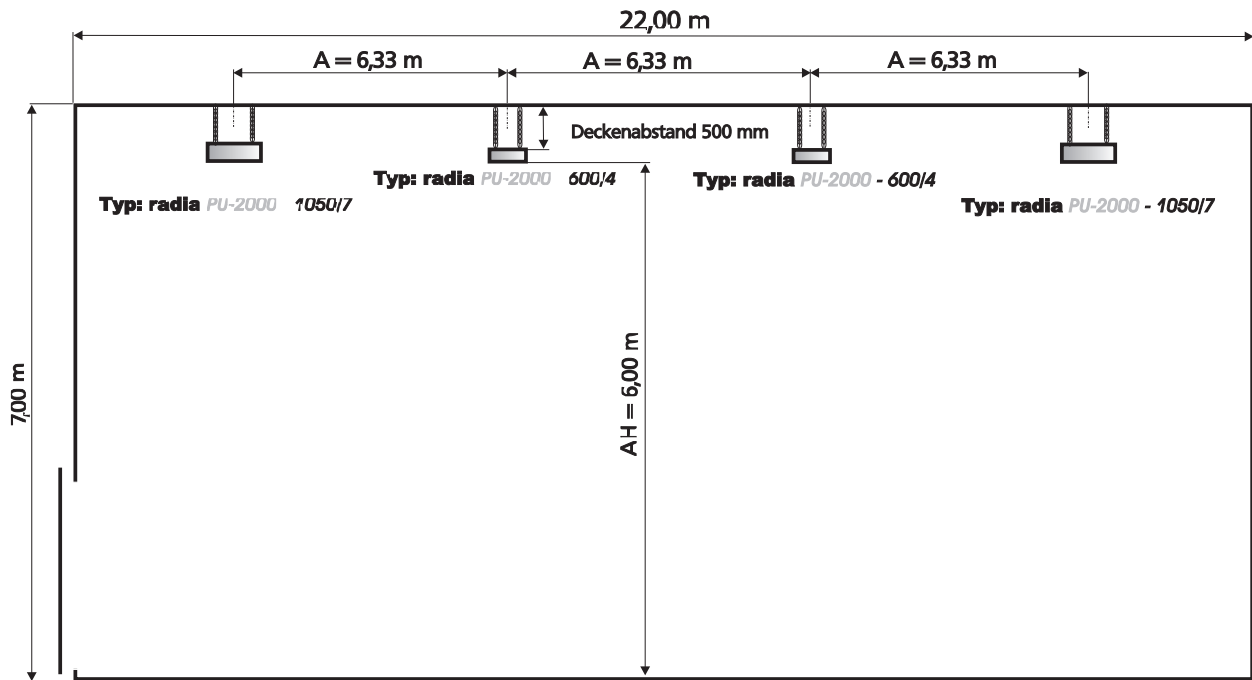


Abb. 4.6.3.a Variante I. Strahlflächenachsabstände AH gleich der Abhängehöhe AH ($A \approx AH$)

Zur Erlangung eines möglich gleichmäßigen Temperaturprofils im Hallenbereichs gilt die Faustformel: $A \approx AH$ (vgl. Kap. 4.3.2). Hierdurch ergibt sich durch o.g. Deckenstrahlflächenanordnung ein Temperaturprofil wie dies in Abb. 4.3.2.e dargestellt ist. Der Projektant muß bei der Festlegung der Anzahl und Lage der Strahlplatten je nach Planungsziel die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit berücksichtigen sowie die Auflagen seines Auftraggebers entsprechend berücksichtigen.

Kann aufgrund der Bauherrnvorgaben oder aber der Art der Nutzung der Halle ggf. von der vorgeannten Ideallösung abgewichen werden, besteht die Möglichkeit eine Anordnung der Strahlflächen mit $AH > A$ zu realisieren (vgl. Kap. 4.3.2). Insbesondere der Grad der Tätigkeit und die Art der Nutzung der Halle, sowie die sich einstellende Temperaturwelligkeit sind zu beachten.

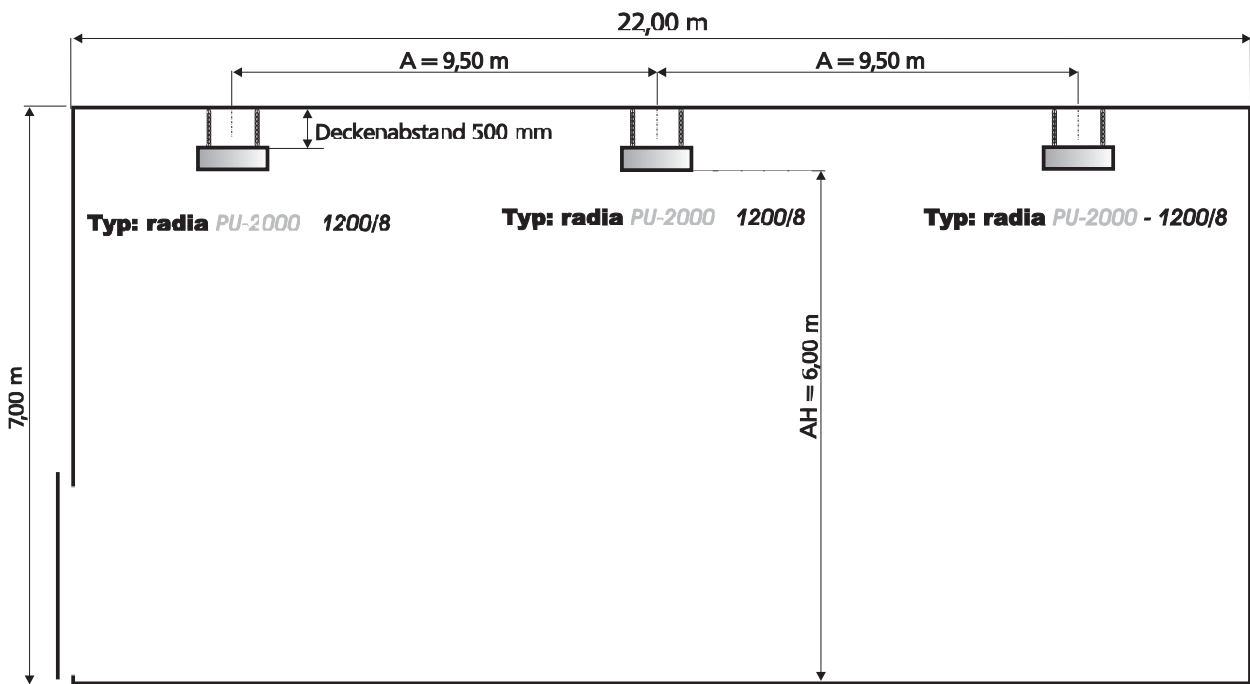


Abb. 4.6.3.b Variante II. Strahlflächenachsabstände AH größer als Abhängehöhe A (AH > A)

Das Temperaturprofil das sich zu o. g. Strahlflächenanordnung einstellt ist in Abb. 4.3.2. d dargestellt. Die tolerierbare Temperaturwelligkeit von 0.5K ist entsprechend zu berücksichtigen. Insbesondere vor

dem Hintergrund, die Projektierung möglichst wirtschaftlich zu gestalten, ist die Möglichkeit der Abweichung von o.g. Idealbelegung im konkreten Projekt zu prüfen.

4.6.4 Dimensionierung und Massenzusammenstellung der Deckenstrahlflächen

Zur Ermittlung der notwendigen Leistung je Laufmeter Deckenstrahlfläche wird zunächst die sich aus der o. g. grundsätzlichen Anordnung der Strahlflächen ergebenden Gesamtlänge an Deckenstrahlfläche ins Verhältnis zu der zu erbringenden Wärmeleistung

gesetzt. Hieraus ergibt sich ein durchschnittlicher Leistungswert je installiertem Laufmeter Deckenstrahlfläche. Für die beiden Auslegungsvarianten bedeutet dies:

Variante I: Installierte Gesamtlänge **radia PU-2000:** 108 m (3 x 36 m)
Normwärmebedarf:

$$\begin{aligned} & 53.760 \text{ W} \\ \varnothing Q &= \frac{53.800}{108 \text{ m}} \text{ ca. } 512 \text{ W/m} \end{aligned}$$

Variante II: Installierte Gesamtl. **radia PU-2000**: 144 m (3 x 36m)
 Normwärmebedarf: 53.760 W

$$\text{ØQ} = \frac{53.800}{144 \text{ m}} \text{ ca. } 374 \text{ W/m}$$

Mit der so herausgefundenen durchschnittlichen Leistung der Deckenstrahlfläche wird zunächst eine Vor-dimensionierung der Platten durchgeführt. Hierbei kann es zu Abweichungen kommen, da die Leistung der Deckenstrahlplatten i.d.R. Zwischenwerte zum ermittelten durchschnittlichen Leistungswert ergeben. Die jeweiligen spezifische Leistungsdaten der **radia PU-2000** - Typen lässt sich mit der Übertemperatur von 51K (vgl. Kap. 4.6.2) aus den Tabellen in Kap. 3.3 herauslesen. Hierbei liegt es im Geschick des Planers eine sich ggf. einstellende Überdimensionierung

ebenso im tolerierbaren Rahmen zu halten, wie die Vermeidung von Unterversorgung. Insbesondere bei Hallen mit mehreren Heizbändern kann eine Variation der Plattenbreiten auch vor dem Hintergrund der Leistungsverteilung im Raum stattfinden. Hierzu sind die in Kapitel 4.3 dargestellten Empfehlungen zur Anordnung der Deckenstrahlplatten zu beachten. Insbesondere ist z. B. die verstärkte Leistung im Außenbereich anzustreben. Aus vorgenannten Zusammenhängen ergeben sich für die beiden Beispiele folgende Anordnungen:

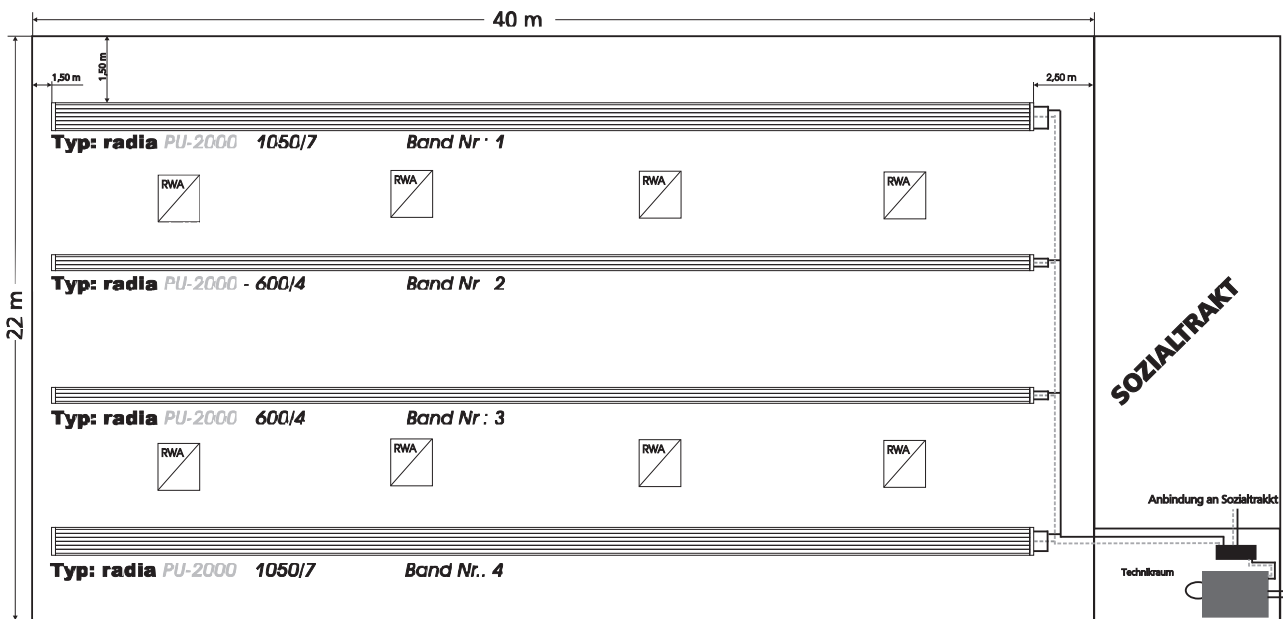


Abb. 4.64.a Variante I. Strahlflächenanordnung mit Verrohrungsvorschlag

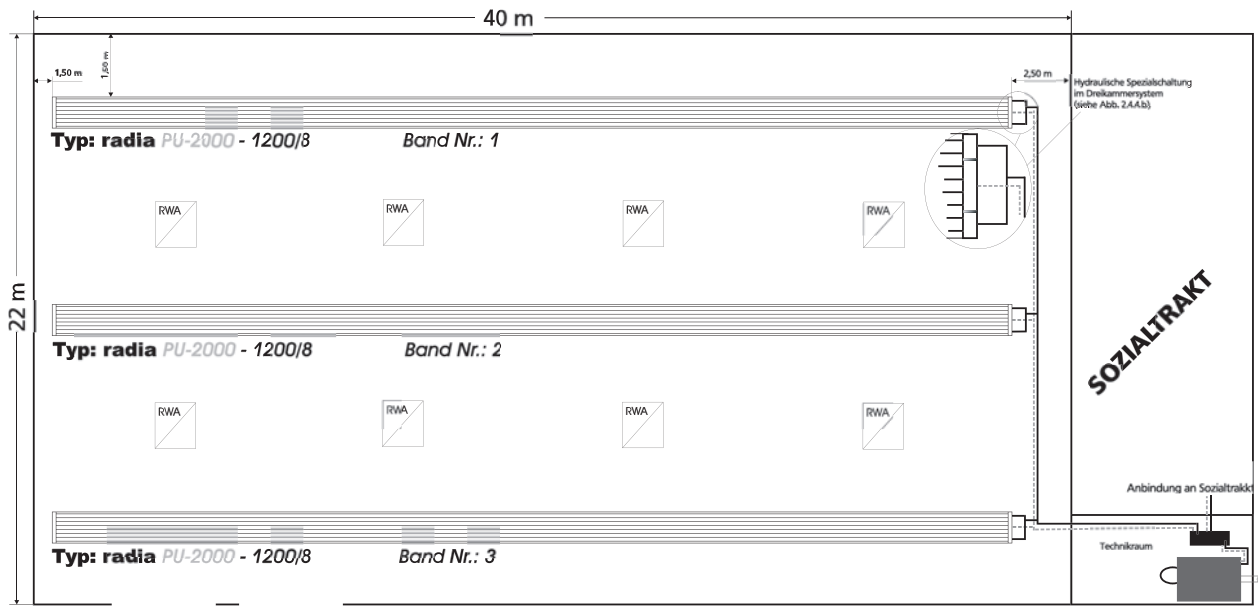


Abb. 4.6.4.b Variante II. Strahlflächenanordnung mit Verrohrungsvorschlag

Die endgültige Anordnung und Massenzusammenstellung ergibt sich somit auf Basis der zuvor festgelegten Systemtemperaturen sowie der sich daraus ergebenden Übertemperatur wie folgt:

Variante I:

Typ	Anzahl	spez. Leistung W/m	Länge m	Leistung je Band W	Gesamtleistung W
PU-1050/7	2	453	36	16.308	32.616
PU-600/4	2	289	36	10.404	20.808

53.424

→ ≈ 53.760 W → o.k.

Variante II:

Typ	Anzahl	spez. Leistung W/m	Länge m	Leistung je Band W	Gesamtleistung W
PU-1200/8	3	506	36	18.216	54.648

→ ≈ 53.760 W → o.k.

4.6.5 Hydraulische Einbindung und Druckverlustermittlung

Die Dimensionierung des in o. g. Anlagenskizzen dargestellten Rohrnetzes zur Anbindung der Deckenstrahlflächen ist mit herkömmlichen Berechnungsverfahren der Heizungstechnik durchführbar. Dies erfolgt analog der Rohrnetzberechnung z.B. für Heizkörperanbindung oder anderer Verbraucher. Hierzu muss der Projektant jedoch den Druckverlust der angeschlossenen Verbraucher, d.h. der jeweiligen Deckenstrahlflächen kennen. Die Ermittlung dieses Druckverlustes erfolgt mittels der im Kapitel 3.7 beschriebenen Vorgehensweise. Um den Rahmen dieses Beispiels nicht zu sprengen wird exemplarisch die Druckverlustermittlung für das Deckenstrahlflächenband 1 aus Variante I vorgestellt.

Die grundsätzliche Berechnung des Gesamtdruckverlustes ergibt sich aus nachfolgender Gleichung:

$$\Delta P_{Ges} = \Delta P_{Sammler} + \Delta P_{Rohr}$$

Der Druckverlust der Sammler sowie der Rohre setzt sich zusammen aus Einzelverlusten, die in Reihe bzw. parallel zueinander geschaltet sind. Die in Reihe geschalteten Widerstände sind hierbei aufzuaddieren. Die zugehörige Gleichung ergibt sich aus dem Lauf des Heizwassers.

$$\Delta P_{Gesamt} = \Delta P_{S1} + \Delta P_{S2} + \Delta P_{R1} + \Delta P_{S3} + \Delta P_{S4} + \Delta P_{R2} + \Delta P_{S5} + \Delta P_{S6}$$

Der Gesamtmassenstrom teilt sich zunächst zur Hälfte auf die beiden Vorlauf-Anschlussmuffen auf. Die jeweiligen Widerstände verlaufen parallel und sind zum einen gleich groß und nicht zu addieren. Zur Beurteilung des Gesamtdruckverlustes ist somit nur noch der Verlauf eines der beiden Teilströme relevant. Hierbei entstehen nachfolgend benannte Einzelwiderstände, die in Abb. 4.6.5.a zu verfolgen und entsprechend zu addieren sind.

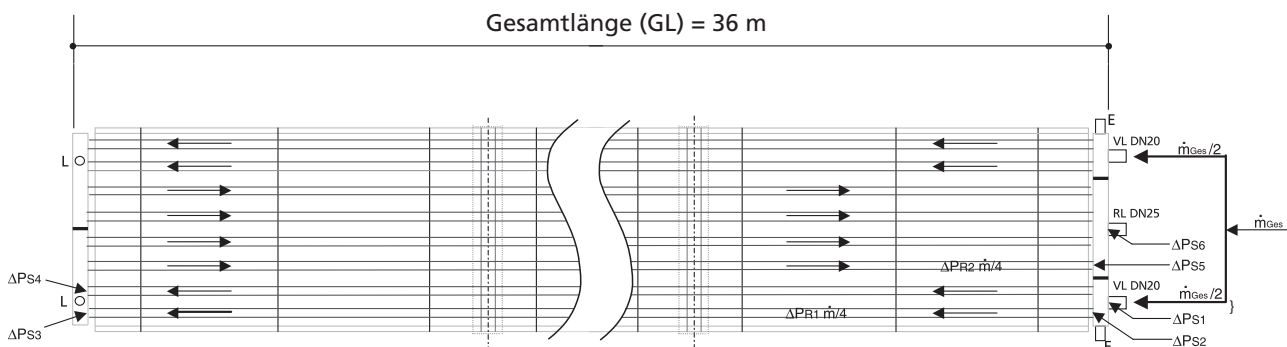


Abb. 4.6.5.a Verlauf des Heizmittelstromes und zugehörigen Einzelwiderstände

Das Wasser tritt durch die Anschlussmuffe in den Verteilerbalken (Kopfstück) und verursacht so den Druckverlust Δ_{ps1} . Von dort teilt sich der Massenstrom erneut auf zwei Rohre und tritt in die entsprechenden Strahlflächenrohre ein. Hier entsteht der Druckverlust Δ_{ps2} . Über die Rohrlänge der Strahlfläche wird ein Druckverlust Δ_{pr1} erzeugt. Beim Wiedereintritt in den Sammler sowie der erneute Eintritt in das zurück-

führende Strahlflächenrohr entstehen die Druckverluste Δ_{ps3} und Δ_{ps4} . Das genannte Rohr wiederum beinhaltet den Rohrdruckverlust Δ_{ps1} . Am Ende dieses Rohres erfolgt der Wiedereintritt in das Kopfstück mit Druckverlust Δ_{ps5} . Hier vereinigt sich der Massenstrom zum Gesamtmassenstrom und tritt aus der Gemeinschafts-Rücklaufmuffe mit Druckverlust Δ_{ps6} aus.

Für die Berechnung bzw. die Ermittlung der Druckverlustwerte aus den o.g. Diagrammen ergeben sich

für die festgelegte Beispielbänder aus Variante I / Band 1, folgende Druckverlustberechnung:

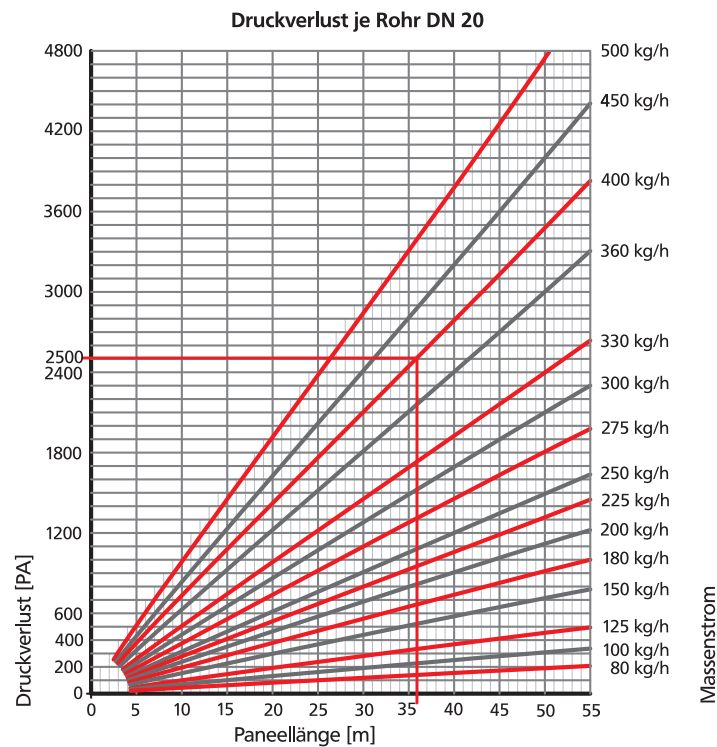


Abb. 4.6.5.b Druckverlust in Rohren

Strahlflächen Typ: PU1200/8
 Länge: 36 m
 Leistung: $\dot{Q}_{Ges} = 18.216 \text{ W}$
 Massenstrom*: $\dot{m}_{Ges} = 783 \text{ kg/h}$

* Wert ermittelt mit Systemtemperaturen gem. Kap. 4.6

Druckverlustberechnung:

$$\Delta P_{Ges} = \Delta P_{Samm} + \Delta P_{Rohr}$$

$$\Rightarrow \Delta P_{Gesamt} = \Delta P_{S1} + \Delta P_{S2} + \Delta P_{R1} + \Delta P_{S3} + \Delta P_{S4} + \Delta P_{R2} + \Delta P_{S5} + \Delta P_{S6}$$

a. Druckverlust in Rohren (ΔP_{Rohr})

$$\Delta P_{Rohr Ges} = \Delta P_{R1} + \Delta P_{R2}$$

Anmerkung: $\Delta P_{R1} = \Delta P_{R2}$ (gleiche Länge und Massenströme)

Parameter für Diagramm: $l = 36 \text{ m}$ $\dot{m}_{R1/R2} = \frac{\dot{m}_{Ges}}{4} = 392 \text{ kg/h}$

Druckverlust aus Diagramm: $\Delta P_{R1} + \Delta P_{R2} = 2500 \text{ Pa}$

$$\Rightarrow \Delta P_{Rohr Ges} = 5000 \text{ Pa}$$

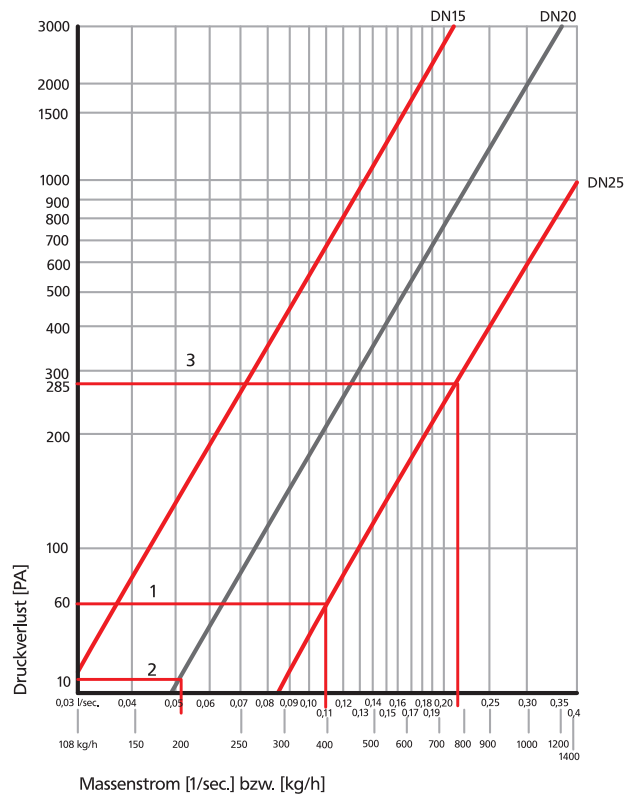


Abb. 4.6.5.b Druckverlust in Sammlern

b. Druckverlust in Sammlern ($\Delta P_{\text{Sammler}}$)

$$\Delta P_{\text{Sammler Ges}} = \Delta P_{S1} + \Delta P_{S2} + \Delta P_{S3} + \Delta P_{S4} + \Delta P_{S5} + \Delta P_{S6}$$

Parameter für Diagramm:

1. ΔP_{S1} = Vorlaufmuffe

$$m_{S1} = \frac{\dot{m}_{\text{Ges}}}{2} = 392 \text{ kg/h; DN25}$$

2. $\Delta P_{S2} = \Delta P_{S3} = \Delta P_{S4} = \Delta P_{S5}$ = Internverteilung

$$\dot{m}_{S2-5} = \frac{\dot{m}_{\text{Ges}}}{4} = 196 \text{ kg/h; DN20}$$

3. ΔP_{S6} = Rücklaufmuffe

$$\dot{m}_{S6} = \dot{m}_{\text{Ges}} = 783 \text{ kg/h; DN25}$$

Druckverlust aus Diagramm:

1. $\Delta P_{S1} = 60 \text{ Pa}$

2. $\Delta P_{S2-5} = \text{je } 10 \text{ Pa}^* \rightarrow 40 \text{ Pa}$

3. $\Delta P_{S6} = 285 \text{ Pa}$

$$\Rightarrow \Delta P_{\text{Sammler Ges}} = 385 \text{ Pa}$$

(* Der Druckverlust für die Internverteilung kann ggf. vernachlässigt werden.)

$$\Delta P_{\text{Ges}} = \Delta P_{\text{Rohr}} + \Delta P_{\text{Sammler}} = 5000 \text{ Pa} + 385 \text{ Pa} = 5385 \text{ Pa}$$

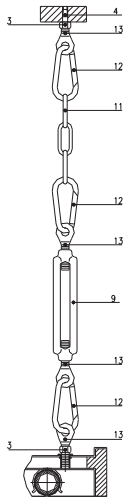
5. radiaTec® Zubehörprogramm

5.1 radiaTec® Befestigungsprogramm und Standard-Montagesätze

radiaTec® bietet für die Montage der radia PU-2000 vielfache Möglichkeiten der Befestigung für die unterschiedlichsten Deckenkonstruktionen. Bei den aufgezeigten Befestigungssätzen handelt es sich um Standardlösungen. Weitere Sonderlösungen sind bei radiaTec® zu erfragen.

Bei der Auswahl der Befestigung sollte die thermisch bedingte Längenausdehnung der radia PU-2000 berücksichtigt werden. Die radia PU-2000 wird aus diesem Grunde mit Hilfe der eingesetzten Ketten bzw. Pendelhänger mit entsprechendem Freiheitsgrad eingesetzt

Montagesatz K33 zur Befestigung an Betondecken

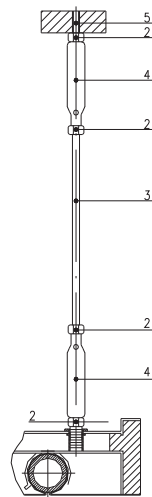


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|----------------------|
| 3 | Sechskantmutter M8 |
| 4 | Stahldübel M8x30 |
| 9 | Spannschloß M8 |
| 11 | Gliederkette 4-500mm |
| 12 | Karabienhaken 6x60 |
| 13 | Ösenschraube M8x30 |

Montagesatz R33 zur Befestigung an Betondecken

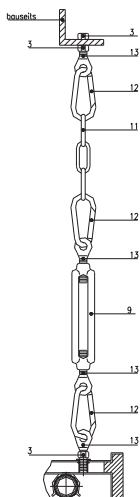


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|---|-------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |
| 5 | Stahldübel M8x30 |

Montagesatz K34 zur Befestigung an Profilstahl

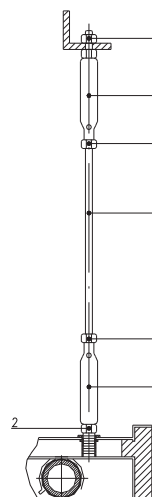


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|---------------------------|
| 3 | Sechskantmutter M8 |
| 9 | Spannschloß mit 2 Ösen M8 |
| 11 | Gliederkette 4-500mm |
| 12 | Karabienhaken 6x60 |
| 13 | Ösenschraube M8x30 |

Montagesatz R34 zur Befestigung an Profilstahl

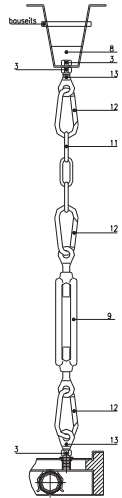


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|---|-------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |

Montagesatz K36 zur Befestigung an Trapezblechen

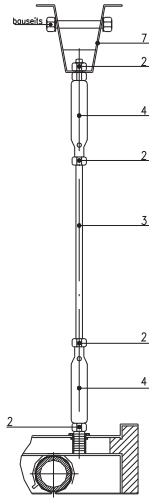


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|---------------------------|
| 3 | Sechskantmutter M8 |
| 8 | Trapezhänger M8 |
| 9 | Spannschloß mit 2 Ösen M8 |
| 11 | Gliederkette 4-500mm |
| 12 | Karabinerhaken 6x60 |
| 13 | Ösenschraube M8x30 |

Montagesatz R36 zur Befestigung an Trapezblechen

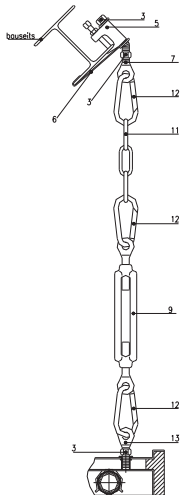


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|---|-------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |
| 7 | Trapezhänger M8 |

Montagesatz K37 zur Befestigung an geneigten Stahlträgern

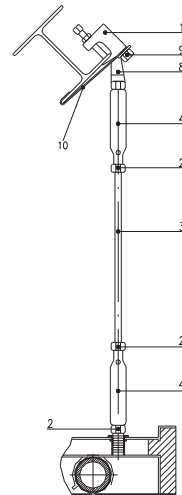


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|---------------------------|
| 3 | Sechskantmutter M8 |
| 5 | Trägerklammer M8 |
| 6 | Sicherungslasche |
| 7 | Ösenschraube M8x60 |
| 9 | Spannschloß mit 2 Ösen M8 |
| 11 | Gliederkette 4-500mm |
| 12 | Karabinerhaken 6x60 |
| 13 | Ösenschraube M8x30 |

Montagesatz R37 zur Befestigung an geneigten Stahlträgern

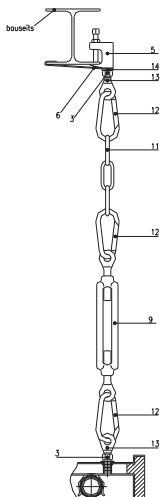


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|-------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |
| 8 | Blattschraube M8 |
| 9 | Schraube M8x60 |
| 10 | Sicherungslasche |
| 11 | Trägerklammer M8 |

Montagesatz K38 zur Befestigung an horiz. Stahlträgern

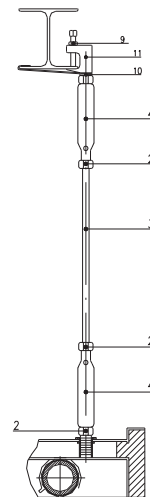


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|---------------------|
| 3 | Sechskantmutter M10 |
| 5 | Trapezhänger M10 |
| 6 | Sicherungslasche |
| 9 | Spannschloß M10 |
| 11 | Gliederkette |
| 12 | Karabinerhaken 7x70 |
| 13 | Ösenschraube M10 |
| 14 | Unterlegscheibe |

Montagesatz R38 zur Befestigung an horiz. Stahlträgern

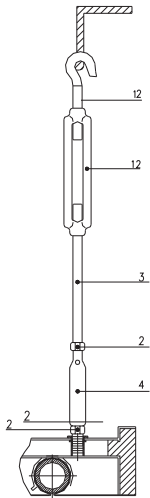


Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|-------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |
| 9 | Schraube M8x60 |
| 10 | Sicherungslasche |
| 11 | Trägerklammer M8 |

Montagesatz R39 zur Befestigung an Profilstahl



Alle Bauteile verzinkt

Teile-Nr.: Bezeichnung

- | | |
|----|--------------------------|
| 2 | Sechskantmutter M8 |
| 3 | Gewindestange M8x1000mm |
| 4 | Pendelaufhänger M8 |
| 12 | Spannschloß M8 mit Haken |

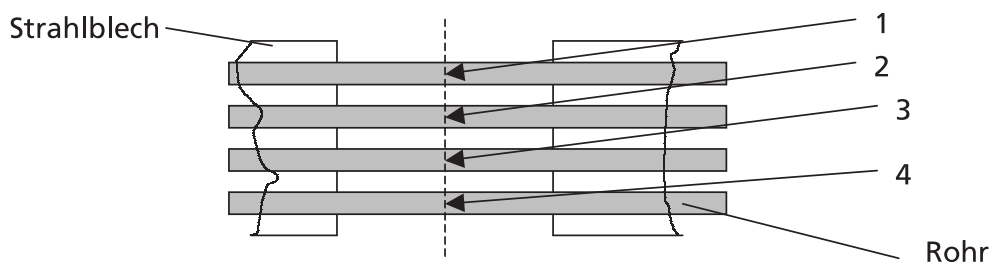
5.2 Montageablauf der radiaTec® Deckenstrahlflächen

- 1.) Entsprechend der Planungsunterlage (Lage der Deckenstrahlflächen) und Abstände der Aufhängeschen (Detailskizze) werden zuerst die Befestigungspunkte eingemessen und die Befestigungssätze komplett montiert.
- 2.) Jedes Deckenstrahlband hat eine Positionsnummer. Sollten das Deckenstrahlband aus mehreren Teillängen bestehen sind diese entsprechend der Positionsnummer der Reihe nach zu montieren zu montieren.
- 3.) Nach kompletter Aufhängung der Teillängen erfolgt ein Ausrichten (Höheneinstellung der einzelnen Bänder). Danach werden die einzelnen Rohre untereinander verschweißt, hierbei ist unbedingt zu beachten, dass kein Rohrversatz entsteht.

stigungspunkte eingemessen und die Befestigungssätze komplett montiert.

Je nach örtlichen Gegebenheiten werden die Deckenstrahlbänder bez. Teillängen mit einer Hubbühne an deren Bestimmungsort gehoben und in die vorab montierten Aufhängungen eingehangen.

Die Rohrregister sollten im Wechsel zusammengeschweißt werden. Als Beispiel beim Plattentyp **radia PU-2000** Typ 600-4



Arbeitsgänge:

1. Heften der Rohre - Reihenfolge: Rohr 1 – 4 – 2 – 3
2. Schweißen der Rohre - Reihenfolge: Rohr 1 – 4 – 2 – 3

- 4.) Bei Rohranschlüssen und Plattenaufhängungen ist die Ausdehnung der Strahlbänder zu berücksichtigen.
- 5.) Nach erfolgter Druckprüfung und Probeheizung sind die Flächenverbindungen mit den beiliegenden Abdeckblechen zu verkleiden (Abdeckbleche mit Blechschrauben bauseits anschrauben).



Abb. 5.2.a

5.3 radiaTec® Zubehör zur hydraulischen Einbindung

radiaTec® bietet für die Einstellung der Volumenströme nach VOB Teil C DIN 18380 (s. Kapitel 4.4) folgende Volumenstrom-Reglerkombinationen an:

Volumenstrom-Reglerkombination

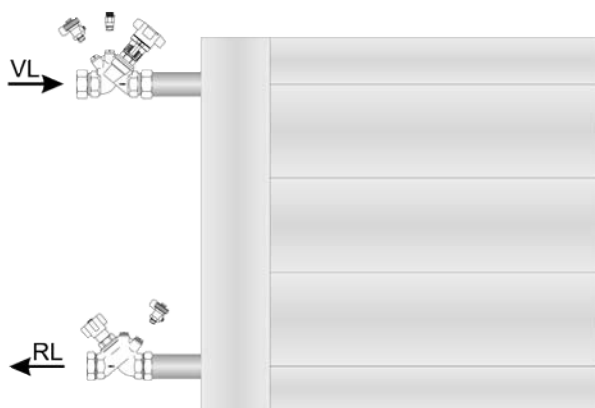


Abb. 5.3.a

- 1 Stk. Strangregulierventil mit Messventil und F+E Kugelbahn
- 1 Stk. Strangabsperrentventil mit F+E Kugelbahn

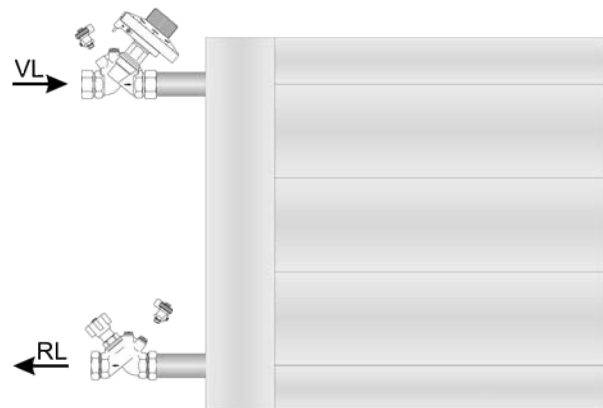


Abb. 5.3.b

- 1 Stk. Volumenstromregler mit F + E Kugelbahn
- 1 Stk. Strangabsperrentventil mit F + E Kugelbahn

6. radiaTec® Projektentwicklung

6.1 Planungsunterstützung durch radiaTec

radiaTec® bietet seinen Kunden vielfältige Hilfestellung bei der Projektierung, Montage und Inbetriebnahme von Deckenstrahlflächen in beheizten

Grossräumen an. Hierbei unterstützen wir Sie in allen Phasen des Projektes.

6.1.1 Akquisitionen

radiaTec® ist gern bereit Hilfestellung bei der Argumentation zu den Vorteilen einer Strahlungsheizung und deren Einsatzmöglichkeiten für Ihre Kunden zu geben. Hierzu stehen wir, oder unsere Aussendienst-

mitarbeiter gerne zu einem persönlichen Gespräch zur Verfügung. Sollten Sie bereits ausgeführte Referenzanlagen besichtigen wollen, so sprechen sie uns bitte an.

6.1.2 Planungsunterstützung bei der Projektierung

Als Proficenter für den Vertrieb und das Vertriebsingenieurwesen von Strahlungsheizungssystemen unterstützen wir Sie gerne bei der konkreten Projektierung. Übersenden Sie uns Angaben zum Gebäude, Zeichnungen/Skizzen, Datenträger sowie die Eckpunkte der Projektierung (Systemtemperaturen, Wärmebedarfsdaten, etc. soweit vorhanden). Wir unterbreiten Ihnen gerne ein entsprechendes Vorprojekt mit einem Projektierungsvorschlag zusammen mit den dazugehörigen Massenermittlungen, Ausschreibungstexten, Verrohrungsvorschlag und entsprechenden Kostenangaben.

Wenn Sie über einen Datenträger für das entsprechende Projekt verfügen oder aber einen entsprechenden Projektplan haben, sind wir in der Lage mit unserem CAD-System bzw. unserem A0-Scanner-System unsere Projektunterstützung in eine entsprechende Zeichnung zu überführen. Neben der Darstellung einer Deckenstrahlungsheizung beinhaltet unsere Zeichnung einen entsprechenden Vorschlag zur hydraulischen Einbindung in das System.

6.2 radiaTec® Datenservice

Sie erhalten unsere Angebote, Ausschreibungstexte und technische Ausarbeitungen in schriftlicher Form. Auf Wunsch stehen alle technischen Daten auf GaeB - Schnittstellen oder Data Norm Format zur Verfügung.

Für die schnelle Datenübermittlung können Sie auch auf unserer Internetseite unter

www.radiatec.de

6.2.1 Ausschreibungstexte

Pos.	Text	Menge	"Baulänge je Band"	Einzelpreis	Gesamtpreis
	<p>radia PU 2000 - Deckenstrahlplatte-, mit werkseitig geschweißten Register aus Stahlrohren (3/4"), schwarz, Rohrabstand 150 mm.</p> <p>Die Deckenstrahlplatten haben eine glatte Strahlblechunterseite. Die Enden der Strahlbleche sind verschlossen.</p> <p>Die Sammler sind aus Vierkantrohr (40 x 40 x 2,5) und mit allen erforderlichen Anschlußmuffen und Blindsscheiben (100% dicht) ausgerüstet, so dass maximale Wärmeübergänge erreicht werden.</p> <p>Die Sammler werden durch Abdeckbleche der Strahlblechunterseite angepaßt.</p> <p>Die Strahlplattenbleche bestehend aus hochwertigen Alu-Paneele (AlMg3), fertig lackiert.</p> <p>Die fertig konfektionierten Teillängen mit den eingebrachten Aufhängepunkten, werden in Folie verpackt angeliefert. Alle erforderlichen Abdeckbleche liegen bei.</p> <p>Die Wärmedämmung bestehend aus PU-Hartschaum, 50 mm stark, fertig eingepreßt in das Heizband (entsprechend DIN 4102-B2, FCKW frei). Zusätzlich mit Gitternetz verstärkter Aluminium-Folie kaschiert, werkseitig eingelegt.</p> <p>Die Qualität und Wärmeleistungen der radia PU 2000 (Typ HB -150-PU) sind nach DIN 4706, T1+T2 geprüft und bei DIN CERTCO Berlin unter der Registriernummer 6D014/99, sowie der Universität Stuttgart, registriert.</p>				
	<p>Fabrikat : radiaTec Vertriebsgesellschaft für Strahlungsheizungssysteme mbH Bundesstraße 98 59909 Bestwig Tel. 02904-979500 Fax -9795040</p> <p>Typ: radia PU – 2000 - Prüfdruck 14 bar - mit schadstoffreier Pulverlackierung im Standard-RAL-Farbton nach Wunsch des Bauherrn</p>				

Pos.	Text	Menge	"Baulänge je Band"	Einzelpreis	Gesamtpreis
	<ul style="list-style-type: none"> - mit hydraulischer Spezialschaltung im Dreikammersystem zum einseitigen Anschluß der radia PU-2000 - ggf. mit Strahlblechausparung im RWA - u. Lichtband - Bereich - mit durchgehender glatter Strahlblechunterseite - Deckenstrahlplatte mit integrierten Dreikammersystem in der Strahlplatte verdeckt angeordnet, Anschlüsse an das Rohrnetz vertikal o. horizontal 				
10	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 150-1 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 3,66 kg/m ohne Kopfstück</p>				
20	<p>300-2 Typ: radia PU-2000, Typ 300-2 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 5,8 kg/m ohne Kopfstück</p>				
30	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 450-3 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 7,7 kg/m ohne Kopfstück</p>				
40	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 600-4 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 11,1 kg/m ohne Kopfstück</p>				

Pos.	Text	Menge	"Baulänge je Band"	Einzelpreis	Gesamtpreis
50	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 750-5 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 13,6 kg/m ohne Kopfstück</p>				
60	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 900-6 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 16,0 kg/m ohne Kopfstück</p>				
70	<p>Typ : radia PU-2000, Typ 1050-7 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 18,9 kg/m ohne Kopfstück</p>				
80	<p>Typ: radia PU-2000, Typ 1200-8 Lieferung je Band in Teillänge(n) Verschweißen der Teillängen und Montage der Abdeckbleche durch die Heizungsbaufirma</p> <p>Betriebsgewicht: 22,3 kg/m ohne Kopfstück</p>				
90	<p>Volumenstrom-Reglerkombination für Vor- und Rücklauf, PN 16 bis 150° C mit beiderseits Außengewinde und Überwurfmutter DN 25</p> <p>bestehend aus: 1 Stck Regeleinsatz mit Messventil und F + E-Kugelhahn 1 Stück Strangabsperrentil mit F + E Kugelhahn</p> <p>Für den Einsatz von VSRK werden werkseits entsprechende Formstücke an den Kopfstücken angeschweißt.</p> <p>Titelsumme</p>				

Titelzusammenstellung

Angebotssumme ohne MwSt:
gesetzl. MwSt. 16 %:
Angebotssumme inkl. MwSt:



radiatec
Strahlungsheizungs GmbH
An der Andreas-Kirche 12
59909 Bestwig
Telefon 02904/97950-0
Telefax 02904/97950-40
info@radiatec.de
www.radiatec.de