



Flächenheizung □ Flächenkühlung



**Industrieflächenheizung und –kühlung**  
Technik



## INHALTSVERZEICHNIS

---

|  | Seite |
|--|-------|
| 1. HEIZEN UND KÜHLEN NACH MASS - FÜR JEDEN ANWENDUNGSFALL..... | 5     |
| 2. EINFÜHRUNG INDUSTRIEFLÄCHENHEIZUNG VON LOWATEC.....         | 6     |
| 3. VORTEILE DER LOWATEC INDUSTRIEFLÄCHENHEIZUNG.....           | 7     |
| 4. BODENKONSTRUKTION.....                                      | 9     |
| 5. BETONARTEN.....   | 10    |
| 6. BETONFUGENTECHNIK.....                                      | 11    |
| 7. KONSTRUKTIONSARTEN (AUFBAUTEN).....                         | 12    |
| 8. EINBOHRTIEFE FÜR HALLENEINRICHTUNGEN.....                   | 14    |
| 9. HINWEISE FÜR DIE GEBÄUDEPLANUNG.....                        | 14    |
| 10. WÄRMEDÄMMUNG IM NEUBAU .....                               | 15    |
| 11. WÄRMELINSE.....  | 18    |
| 12. BEHAGLICHKEIT & RAUMTEMPERATUR .....                       | 19    |
| 13. KÜHLUNG .....  | 21    |
| 14. SYSTEMBESCHREIBUNG.....                                    | 23    |
| 15. DICHTHEITSPRÜFUNG.....                                     | 25    |
| 16. FUNKTIONSHHEIZEN.....                                      | 28    |
| 17. AUSLEGUNGSDIAGRAMME.....                                   | 30    |
| 18. PHYSIKALISCHE UMRECHNUNGSTABELLEN.....                     | 32    |

---

Alle Informationen dieser Dokumentation wurden rechtlich und technisch nach bestem Wissen zusammengestellt. Sollte geltenden Normen oder Gesetzen nicht entsprochen werden, so sind diese maßgeblich. Für evtl. Fehler der Dokumentation kann keine Haftung übernommen werden. Jede Verwertung, außer für den bestimmungsgemäßen Gebrauch, ist ohne Zustimmung der LoWaTec GmbH nicht gestattet. Technische Änderungen vorbehalten.

Stand 2019, LoWaTec GmbH

## KONTAKT – WIR FREUEN UNS AUF IHRE ANFRAGEN

---



Menschlich, ökologisch und ökonomisch richtige Entscheidungen erfordern bereits im Vorfeld der Gebäudeplanung den Kontakt aller Beteiligten.

Haben Sie Fragen zu unseren Produkten und Dienstleistungen? Können wir Ihnen mit unserem Wissen und Know-how behilflich sein?

Sie wünschen eine Kostenschätzung, ein Angebot, eine technische Unterstützung oder Planung?

Wir helfen Ihnen jederzeit und gerne weiter. Unsere kompetenten Ansprechpartner erreichen Sie unter:

LoWaTec GmbH  
Am Wiesengrund 8, 35410 Hungen  
T: +49(0)6402-512993-0  
F: +49(0)6402-512993-9  
M: +49(0)175-4350309  
Email: [info@lowatec-online.de](mailto:info@lowatec-online.de)

Kennen Sie bereits unsere Homepage? Unter [www.lowatec-online.de](http://www.lowatec-online.de) stehen Ihnen viele Informationen und Downloads 24 Stunden am Tag zu Verfügung.



[www.lowatec-online.de](http://www.lowatec-online.de)



- Industrieflächenheizung/-kühlung ist unsere Profession!
- Nutzen und fordern Sie uns!
- Gemeinsam sind wir stark!
- Wir helfen und unterstützen Sie gerne!



# 1. HEIZEN UND KÜHLEN NACH MASS - FÜR JEDEN ANWENDUNGSFALL

- **LoWaTec Industrieflächenheizung/-kühlung, für jedes Gebäude die richtige Wahl:**

- **Logistik**



- **Produktion**



- **Verkaufsstätten**



- **Fabriken**



- **Autohäuser**



- **Baumärkte**



- **Wartungshallen**



## 2. EINFÜHRUNG INDUSTRIEFLÄCHENHEIZUNG VON LOWATEC

### ■ Menschlich, ökonomisch und ökologisch die richtige Entscheidung

Der Vorteil der LoWaTec Industrieflächenheizung für den Bauherrn und Nutzer liegt in der großen Ökonomie durch absolute Raumfreiheit, da keine störenden Heizeinrichtungen vorhanden sind. Ein gleichmäßiges Temperaturprofil, keine ungenutzten Wärmepolster unter der Hallendecke, geringe Luftbewegung und keine Staubaufwirbelung sowie ein arbeitsförderndes Umfeld aufgrund der hohen thermischen Behaglichkeit sind weitere Vorteile des Systems.

Die LoWaTec Industrieflächenheizung wird für jede Halle leistungsbezogen angepasst. Wir optimieren die Verlegeabstände ganz nach den spezifischen Heizleistungen oder Kühlleistungen der Halle oder des Gebäudes. Dabei werden die wartungsfreien LoWaTec PE-X Rohre direkt in der Bodenplatte verlegt.

### ■ Vorteile, die für sich sprechen

- Wirtschaftlichste Beheizung des Gebäudes
- Absolute architektonische Raumfreiheit
- Schnelle Amortisation
- Gleichmäßiges Temperaturprofil des Gebäudes
- Arbeitsstättenrichtlinien konform
- Keine Staubaufwirbelung
- Geringe Luftgeschwindigkeiten
- Keine Wartungskosten
- Niedrige Betriebstemperaturen
- Einsatz von regenerativen Heizsystemen
- Bewährte Heiz- und Kühltechnologie seit über 25 Jahren
- Erweiterte Gewährleistung für 10 Jahre

### ■ Kompetente Planung

Unterschiedliche bauliche Voraussetzungen bei den zu planenden Objekten erfordern individuelle Lösungen. Die Anforderungen variieren dabei z.B. in der Gebäudenutzung, der Architektur, der gewünschten Behaglichkeit, der Auswahl des Wärme- bzw. Kälteerzeugers sowie den gesetzlichen Vorgaben. Dies erfordert im Vorfeld eine auf das Gebäude abgestimmte Planung der Industrieflächenheizung/-kühlung. Die kompetenten Mitarbeiter der LoWaTec GmbH sind Ihnen hierbei gerne behilflich.



Bei der LoWaTec Industrieflächenheizung/-kühlung **System Q4** können Hallenflächen bis zu 6.000 m<sup>2</sup> an einen einzigen Verteiler angeschlossen werden. Dies unterscheidet LoWaTec Q4 von der klassischen Industrieflächenheizung, wo Flächen bis zu 1.200 m<sup>2</sup> an einen Verteiler angeschlossen werden können. Entscheidende Vorteile sind:

- Hohe Kosteneinsparung durch ein reduziertes Verteilernetz
- Montageleistung pro Tag von ca. 1200 m<sup>2</sup> – 2000 m<sup>2</sup> für das LoWaTec Industrieflächensystem Q4

### 3. VORTEILE DER LOWATEC INDUSTRIEFLÄCHENHEIZUNG

#### ■ Wirtschaftlichste Beheizung

Bauherren und Betreiber großer Hallen werden im Zeitalter der Globalisierung und dem daraus resultierenden erhöhten Wettbewerb von Anfang an vor die Frage gestellt: Wie wirtschaftlich lässt sich meine Immobilie betreiben?

Eine Industrieflächenheizung von LoWaTec zeichnet sich im besonderen Maße durch eine energieeffiziente Betriebsweise aus. Als Nieder-temperaturheizsystem werden Wärmeverluste durch die Wärmeverteilung und Wärmeerzeugung deutlich reduziert. Diese niedrige Prozesstemperatur wird erst durch einen großflächigen Heizkörper möglich: den Hallenboden.

Wärme aus Produktionsprozessen und der Einsatz von Wärmepumpen als Wärme- bzw. Kälteerzeuger senken zusätzlich den Kostenaufwand der Wärme- bzw. Kälteerzeugung.

Die LoWaTec Industrieflächenheizung erfüllt damit uneingeschränkt die Ansprüche moderner Bauvorhaben.

#### ■ Architektonische Raumfreiheit

Da die LoWaTec Industrieflächenheizung unsichtbar im Hallenboden integriert ist, wird eine optimale Raumausnutzung und Wärmeverteilung erreicht. Die gesamte Fläche kann als Produktions- oder Lagerfläche genutzt werden, ohne dass kalte Bereiche im Strahlungsschatten entstehen. Darüber hinaus werden spezielle Anforderungen an Statik und Konstruktion der Hallendecke vermieden.

#### ■ Gutes Arbeitsklima

Gemäß Arbeitsstättenverordnung darf kein Mitarbeiter unzuträglichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt sein, wie z.B. starker Temperaturdifferenz zwischen Fuß- und Kopfbereich oder starker Wärmeableitung über den Fußboden bei Oberflächentemperaturen unter 18°C.

Die LoWaTec Industrieflächenheizung sorgt für eine großflächige, milde Strahlungswärme und dadurch stark verminderter Staubaufwirbelung.

Die LoWaTec Industrieflächenheizung kann zudem ohne großen Mehraufwand auch zum Kühlen verwendet werden. Die Raumtemperaturen lassen sich so im Sommer oder in produktionsbedingt wärmebelasteten Industriehallen absenken.

#### ■ Keine Wartungskosten

Gegenüber klassischen, sichtbaren Heizflächen mit Kanälen, Gebläsen und Rohren entstehen bei einer Flächenheizung keine Wartungskosten hinsichtlich der Reinigung, dem Austausch oder dem Anstrich, da die Heizung unsichtbar im Hallenboden verschwindet.

#### ■ Keine erhöhten Anforderungen an die Bodenkonstruktion

Die Industrieflächenheizung lässt sich in nahezu jede Bodenplattenkonstruktion integrieren. Der Einbau der Heizrohre erfolgt in die Betonplatte. Diese werden durch im Boden zu verankernde Rohrhalteschienen oder bei bewehrtem Beton an der vorhandenen Bewehrung fixiert. Die LoWaTec Industrieflächenheizung hat dabei keinen Einfluss auf die Verkehrslast der Bodenplatte, wobei die Dimensionierung dieser durch den Statiker erfolgt.

#### ■ Gerüstet für die Zukunft

Entscheidender Vorteil einer LoWaTec Industrieflächenheizung ist der mögliche Einsatz einer Wärmepumpe, Kraft-Wärme-Kopplung sowie Wärmerückgewinnung.

Die Energiekosten sind in den letzten Jahren stetig angestiegen. Sollten Sie sich heute für eine Beheizung mittels Gas- oder Ölkessel entscheiden, sind Sie mit einem Flächentemperierungssystem wie der LoWaTec-Industrieflächenheizung bereits am besten für die Zukunft gerüstet.

Eine neu erstellte Lager-, Produktions-, oder Industriehalle weist heute eine Heizlast von ca. 40 W/m<sup>2</sup> auf. Dieser Umstand, in Verbindung mit dem guten Wärmeübergang des Betons, bietet optimale Voraussetzungen zum Einsatz der Geothermie, KWK oder WRG. Bei oben beschriebenem Hallenstandard wird eine Vorlauftemperatur von nur ca. 35°C benötigt, wodurch erst ein energetisch optimaler Betrieb der Wärmepumpe oder der WRG möglich wird. Diese kann auch zu einem späteren Zeitpunkt jederzeit nachgerüstet werden. Anderen Heizsystemen wie Deckenstrahlern, Hell- bzw. Dunkelstrahlern oder Deckenluftherzern bleibt dieser Vorteil verwehrt.

### ■ Dunkelstrahler oder Industrieflächenheizung?

Teilweise kommen zur Industriehallenbeheizung auch Dunkelstrahler (Erhitzung eines geschlossenen Rohrsystems auf 250 bis 500°C mittels Heißluft) oder Hellstrahler (mittels Gaszuführung und Verbrennung, glühende Keramikplatten mit 800 bis 900°C) zum Einsatz.

Beide Systeme sind physikalisch gleichzusetzen (Infrarotstrahlungsheizung). Untenstehende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung:

| Dunkelstrahler   | Industrieflächenheizung  |
|--|--|
| Mindestaufhängenhöhe gemäß DVGW 3 m  | Keine Anforderung  |
| Raumvolumen pro installiertem kW mind. 10 m <sup>3</sup>   | Keine Anforderung  |
| Betrieb in der Regel mit Gas   | Nicht an eine Energieart gebunden. Einsatz von Prozesswärme oder Wärmepumpe möglich                        |
| Energieverteilung über Gasleitungsnetz im Gebäude  | Wärmeverteilung über Niedertemperatur-Warmwassernetz   |
| Für jedes Gerät ist ein eigenes Abgassystem erforderlich   | Zentrale Wärmeerzeugung  |
| Rohrsystem mit einer Temperatur von 250 bis 500°C  | Oberflächentemperatur von max. 29°C bzw. 35°C in der Randzone  |
| Fußbodenoberflächentemperatur gemäß Arbeitsstättenrichtlinien nicht möglich  | Fußbodenoberflächentemperatur gemäß Arbeitsstättenrichtlinien sichergestellt                               |
| Abstimmung der Strahler mit Oberlichtern sowie Raumeinbauten nötig   | Keine Abstimmung nötig   |
| Anzahl der Strahler von der Hallenhöhe und damit dem Strahlungswinkel abhängig (ungünstig bei niedriger Hallendecke) | Vollflächige Verlegung und damit gleichmäßige Wärmeverteilung ohne Strahlungsschatten (keine kalten Zonen) |
| Ausschließlich Beheizung des Gebäudes möglich  | Optional auch Kühlung möglich (sollte bei der Planung bereits berücksichtigt werden)                       |
| Hohe Geräuschemission  | Keine Geräuschemission   |
| Intensive Wartung und Überwachung  | Nahezu wartungsfrei  |

## 4. BODENKONSTRUKTION

### ■ Nutzlasten

Entsprechend der geforderten Nutzlast werden die Betongüte und Betonart sowie der konstruktive Aufbau und die Betonplattenstärke vom Statiker festgelegt. Die LoWaTec Industrieflächenheizung enthält keine nutzlastbeschränkende Systemteile, so dass vom Statiker keine systembedingten Grenzen beachtet werden müssen.

Die in der Praxis am häufigsten Verwendung findenden Betonarten werden in Kapitel 5 dargestellt.

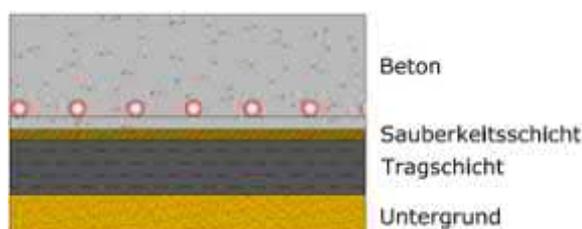
### ■ Bauart

Falls die Bodenplatte zeitlich vor den Hallenwänden erstellt wird, findet die Montage der LoWaTec Industrieflächenheizung im Freien statt. Witterungsbedingte Schutzmaßnahmen können hier erforderlich werden.

Vor dem Einbau der Industrieflächenheizung muss der Untergrund durch die Bauleitung die Freigabe erhalten, da die Heizung in der einzubringenden Betonplatte integriert ist.

### ■ Untergrund

Der vereinfachte Aufbau eines Industriebodenbodens kann wie folgt dargestellt werden:



Bei nicht ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes wird eine **Tragschicht** eingebaut. Als Material kommt vorrangig Kies oder Schotter zum Einsatz, wobei diesen zur Erhöhung der Tragfähigkeit Bindemittel (z.B. Zement) zugesetzt werden können.

Über die Notwendigkeit einer einzubringenden Tragschicht entscheidet der Statiker.

Zur Erstellung einer planebenen Oberfläche wird auf dem Untergrund, bzw. wenn eine Tragschicht vorhanden ist auf dieser, eine **Sauberkeitsschicht** (dünne Beton- oder Zementestrichschicht) eingebracht.

### ■ Bauwerksabdichtung

Je nach Beschaffenheit des Untergrundes (Bodenfeuchtigkeit, drückendes oder nicht-drückendes Wasser) ist gemäß DIN 18195 eine Bauwerksabdichtung vorzusehen.

Die Entscheidung über die Einbringung einer Bauwerksabdichtung obliegt dem zuständigen Gebäudeplaner, die Montage dem Baugewerk.

### ■ Wärmedämmung

Gegen Erdreich wird, falls erforderlich, unter der Betonplatte eine Wärmedämmung vorgesehen. Über die Ausführung bzw. die Möglichkeiten zur Befreiung von der Dämmpflicht gibt Kapitel 8 Auskunft.

Trenndecken mehrgeschossiger Industriebauten mit gleichartiger Nutzung sollten in Anlehnung an die DIN EN 1264 – 4 mit einer Wärmedämmung ( $R_{\lambda} = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) unterhalb der Betondecke ausgestattet werden, sofern die Industrieflächenheizung innerhalb der Betondecke liegt. Die Montage der Wärmedämmschicht erfolgt meist durch das Baugewerk.

### ■ Trenn- und Gleitschichten

Wärmedämmschichten sowie ungebundene Tragschichten sollten mit einer Trennschicht aus Polyethylenfolie abgedeckt werden. Diese gewährleisten eine Werkstofftrennung und verhindern so einen Stoffaustausch. Zusätzlich werden Wärmebrücken durch eindringenden Beton vermieden.

Zwischen Betonplatte und Tragschicht werden Gleitschichten in Form einer 2-lagigen Polyethylenfolie eingebracht. Diese verringert die Reibung zwischen der Betonplatte und der Tragschicht und die damit verbundene Belastung der Betonplatte.

Die Montage der Trenn- bzw. Gleitschichten erfolgt meist durch das Baugewerk.

## 5. BETONARTEN

### ■ Stahlbeton - bewehrt

Bewehrter Beton ist die klassische Ausführung bei den Betonarten. Er besteht aus unterer und oberer Bewehrung mit speziellem Abstandshalter zwischen den Bewehrungslagen.

In der Regel wird die untere Bewehrung als Rohrträger benutzt, d.h. die LoWaTec PE-X Rohre werden mittels Kabelbinder oder mit einer speziellen Bindemaschine auf den unteren Baustahlmatten befestigt.



#### Vorteil

- Tragfähigkeit bei sehr hohen Belastungen

#### Nachteil

- Funktionsheizen erst nach dem 28. Tag
- Kostenintensive Dehnungsfugen

### ■ Stahlfaserbeton - unbewehrt

Stahlfaserbeton besteht aus Beton unter Zugabe von Stahlfasern. Der Beton ist hierbei mit Stahlfasern durchsetzt, sodass sich bei der Einbringung des Betons eine dreidimensionale Verankerung einstellt und somit die klassische Bewehrung ersetzt.

Als Rohrträger wird eine Baustahlmatte (z.B. Q131 bzw. Q188) oder eine Kunststoff-Spezialschiene eingesetzt, um ein Aufschwimmen der Rohre zu verhindern.



#### Vorteil

- Geringer Montageaufwand

#### Nachteil

- Funktionsheizen erst nach dem 28. Tag
- Kostenintensive Dehnungsfugen

### ■ Walzbeton

Walzbeton oder "Roller Compacted Concrete" (RCC) ist ein erdfechter Beton. Der Beton wird entweder vom Betonwerk in Kippfahrzeugen angeliefert oder vor Ort hergestellt. In der Regel wird der Beton dann mit Dumperfahrzeugen eingebracht, mit Lasertechnologie eingeebnet und mittels Plattenrüttlern und Vibrationswalzen verdichtet.

Als Rohrträger zur Aufnahme der LoWaTec PE-X Rohre wird eine Baustahlmatte (z.B. Q131 bzw. Q188) oder eine Kunststoff-Spezialschiene eingesetzt.



#### Vorteil

- Keine kostenintensiven Dehnungsfugen
- Funktionsheizen bereits nach dem 3. Tag

#### Nachteil

- Wirtschaftliche Betoneinbringung erst bei Flächen > 1.500 m<sup>2</sup>

## 6. BETONFUGENTECHNIK

### ■ Fugenplanung

Die Fugenplanung obliegt dem Bauwerksplaner bzw. dem Statiker und ist aufgrund der niedrigen Heiztemperatur unabhängig von der Industrie-flächenheizung. Es wird grundsätzlich unterschieden in Fugen,

### ■ Scheinfugen

Scheinfugen sind „künstlich erzeugte Risse“ in der Bodenplatte und dienen als Sollbruchstelle. Nach dem Aushärten des Betons wird der Querschnitt durch Einschneiden der Oberfläche geschwächt und das Auftreten des Risses an der definierten Stelle provoziert (kontrollierte Rissbildung). Die Schnitttiefe beträgt etwa 25 bis 30% der Plattendicke. Das Schneiden darf nicht zu früh erfolgen, da der Schnitt in nicht ausreichend ausgehärtetem Beton „ausfranst“. Scheinfugen werden als Quer- und Längsfugen beim großflächigen Betonieren angeordnet sowie als Querfugen beim Betonieren in Bahnen.

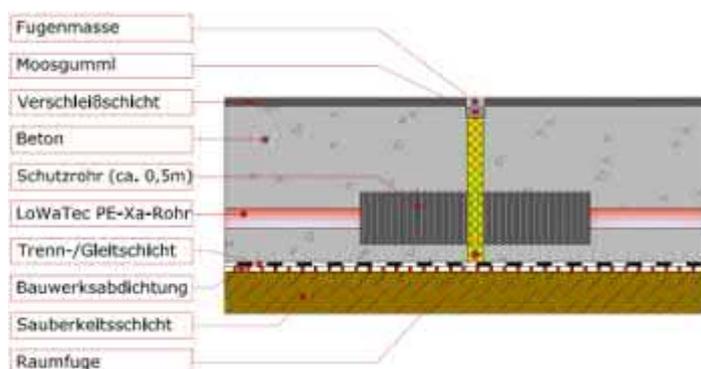
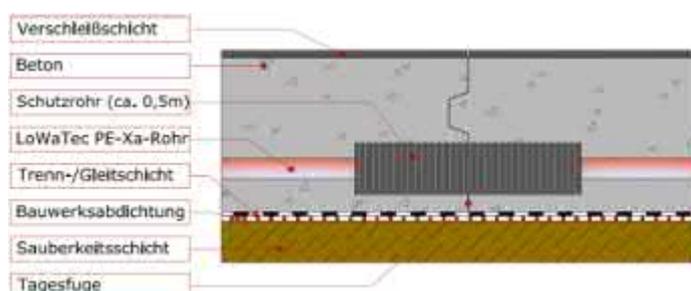
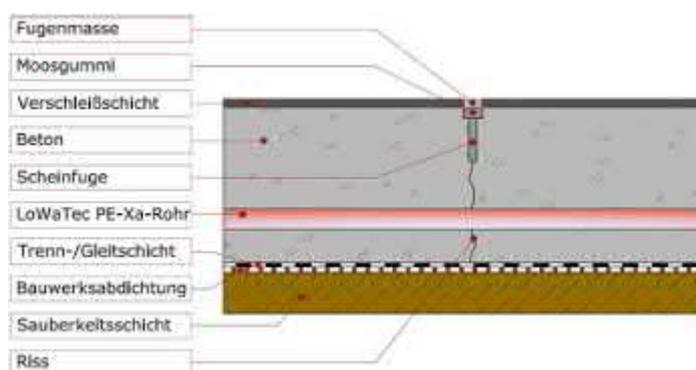
### ■ Tagesfugen

Tagesfugen (auch Pressfugen genannt) entstehen durch das Anbetonieren an einen abgeschalteten, früher hergestellten Abschnitt. Die Ausbildung ist mit Nut und Feder, bei Verdübelung auch mit glatten Stirnflächen. Sie trennen die Betonplatte über ihre gesamte Dicke. Pressfugen werden als Längsfugen beim Betonieren in Bahnen und auch als Querfugen beim Betonieren in Feldern angeordnet.

### ■ Raumbfugen

Raumbfugen (auch Bewegungsfugen genannt) trennen die Bodenplatte von anderen Bauteilen wie z.B. Stützen, Wänden, Schächten, Kanälen etc.. Dadurch wird die Eintragung von möglichen zusätzlichen Horizontallasten in dem auf- oder abgehenden Bauteil verhindert. Weiter sollen Raumbfugen eine freie Ausdehnung des Betons ermöglichen.

die zur Begrenzung der Elementgröße erforderlich sind und in Fugen, die ein Bauteil von einem anderen trennen. Der Heizungsfachplaner benötigt diesen Fugenplan, um die Heizkreise daraufhin abzustimmen und einzuplanen.

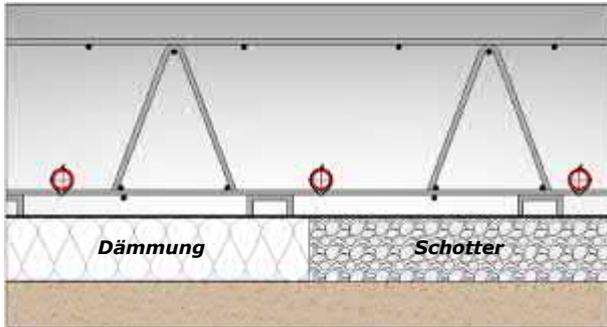


Bei **Raumbfugen** und **Tagesfugen** werden die durchquerenden Heizungsrohre, aufgrund der zu erwartenden mechanischen Belastungen, mit einem 0,5 m langen Schutzrohr geschützt.

## 7. KONSTRUKTIONSARTEN (AUFBAUTEN)

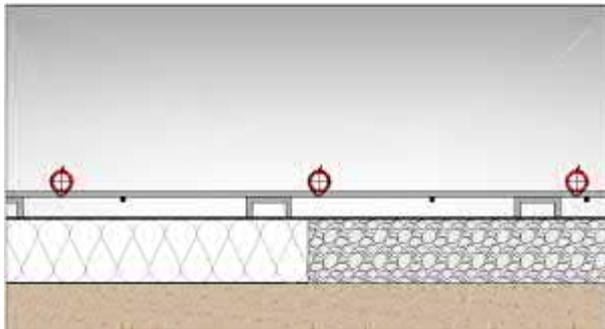
### ■ Beispielaufbauten einer LoWaTec Industrieflächenheizung

Die LoWaTec Industrieflächenheizung- u. Kühlung kann in nahezu jeder Bodenplatte integriert werden.



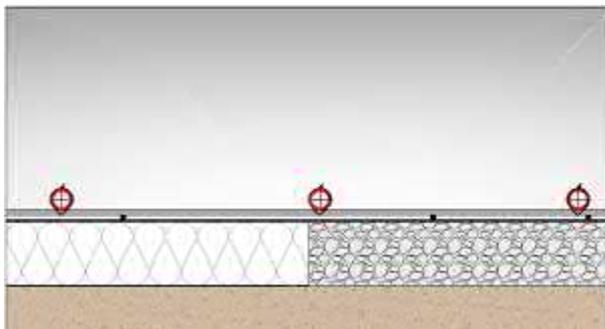
#### Beispiel 1 – bewehrter Beton

Die LoWaTec PE-X Heizrohre werden mit Kabelbindern oder Bindedraht an der bauseitigen unteren Bewehrung befestigt. Der Abstand der unteren Bewehrung zum Untergrund muss mind. 2 cm betragen.



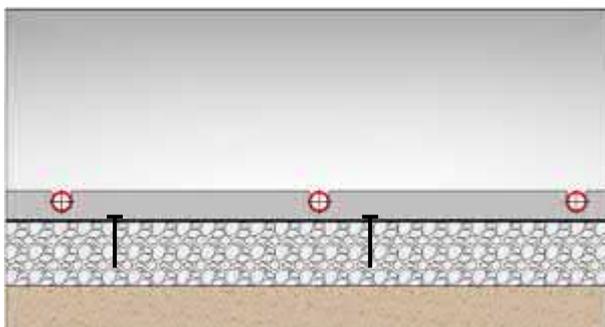
#### Beispiel 2 – Stahlfaserbeton

Die LoWaTec PE-X Heizrohre werden mit Kabelbindern oder Bindedraht an einer bauseitigen Trägermatte (Stabstärke mind. 5 mm – z.B. Q131 oder Q188) befestigt. Der Abstand der Trägermatte zum Untergrund muss mind. 2 cm betragen.



#### Beispiel 3 – Walzbeton mit LoWaTec Trägermatte

Die LoWaTec PE-X Heizrohre werden mit Kabelbindern oder Bindedraht an der LoWaTec Trägermatte befestigt. Zwischen Trägermatte und Untergrund ist eine PE-Folie einzubringen.

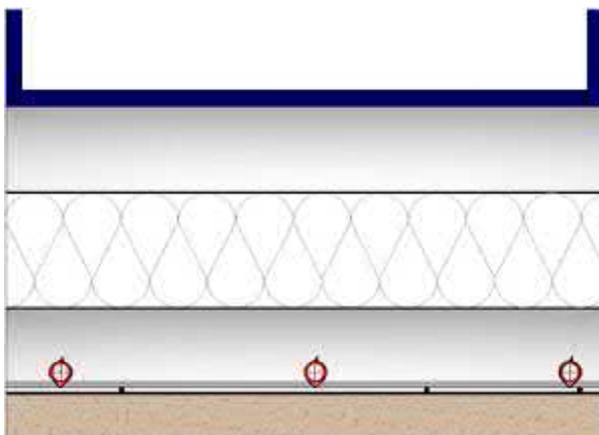


#### Beispiel 4 – Walzbeton mit LoWaTec Spezial-Rohrhalteschiene

Die LoWaTec PE-X Heizrohre werden mit Hilfe der LoWaTec Spezial-Rohrhalteschiene befestigt. Die Befestigung der Rohrhalteschienen erfolgt mit Erdnägeln direkt auf dem verdichteten Planum (Schotter, kein Kies) oder der Dämmung.

## ■ Beispielaufbauten für Sonderlösungen

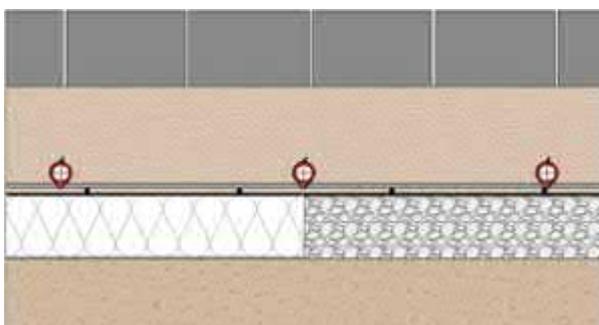
LoWaTec bietet für nahezu jeden Anwendungsfall eine Lösung. So können beispielsweise auch Unterfrierschutzheizungen unter Tiefkühlzellen, Freiflächenheizungen zur Schnee- u. Eisfreihaltung oder Industrieflächenheizungen im Sandbett zur Beheizung von Gartencentern mit LoWaTec PE-X Heizrohren problemlos realisiert werden.



### Unterfrierschutzheizung

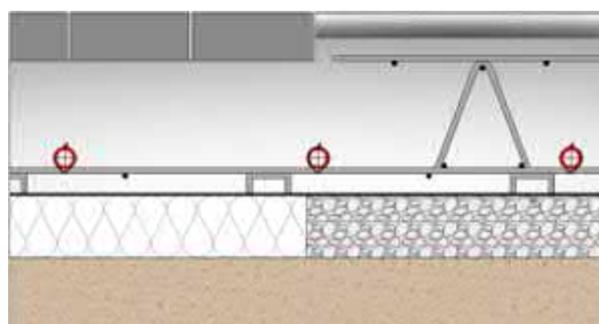
Die LoWaTec PE-X Heizrohre werden mit Kabelbindern oder Bindedraht an einer bauseitigen Trägermatte (z.B. Q188) befestigt.

Je nach Auslegungsparametern, befindet sich zwischen der unteren Betonschicht (z.B. 10 cm Magerbeton) und dem oberen Betonboden (z.B. 20 cm Stahlfaserbeton) eine ca. 20 -30 cm starke Dämmschicht.



### Heizrohr im Sandbett \*

Zur Beheizung von Gartencentern oder zur Schnee- und Eisfreihaltung von Freiflächen, kann das LoWaTec PE-X Heizrohr im Sandbett (verdichtet,  $h > 8$  cm) auf einer bauseitigen Trägermatte (z.B. Q188) verlegt werden. Zwischen Dämmung und Sandbett ist eine Trennschicht (PE-Folie / Flies) vorzusehen. Als Oberboden kommen meist Betonpflastersteine ( $h \geq 6$  cm) zum Einsatz.



### Schnee- u. Eisfreihaltung

Je nach geforderter Verkehrslast, wird der Beton als bewehrter (z.B. in Tiefgarageneinfahrten) oder unbewehrter Beton ausgeführt. Die Rohrbefestigung erfolgt an der unteren Bewehrung oder einer bauseitigen Trägermatte (z.B. Q188).

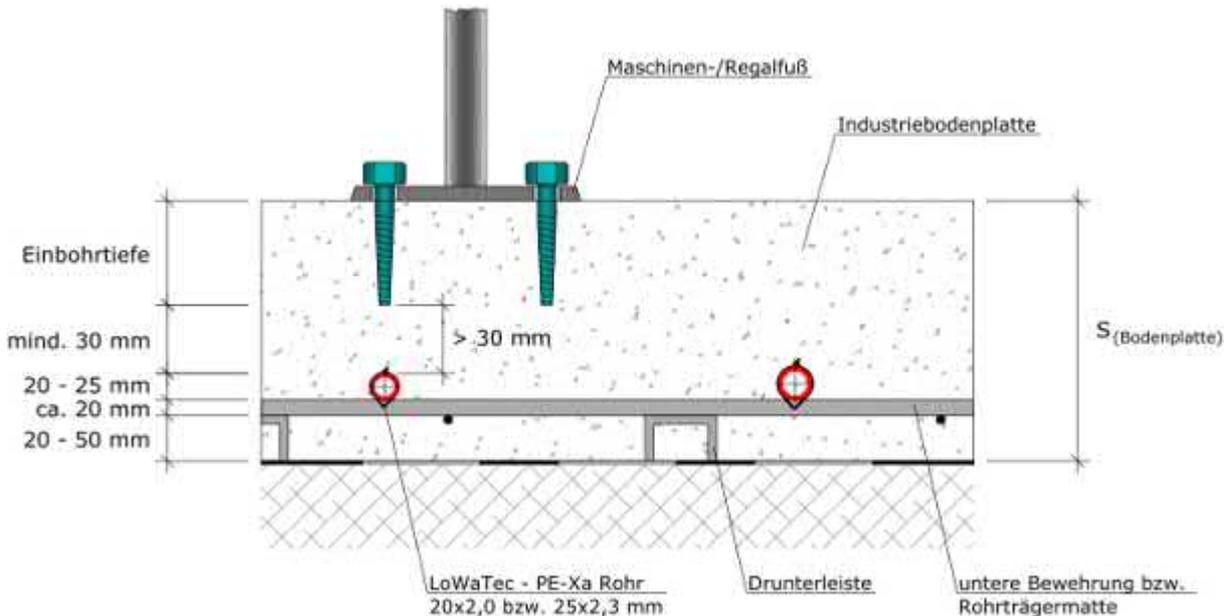
\* Anmerkung zur Verlegung im Sandbett: Die Vorbereitung (Schotterung) des Untergrundes, sowie das Übersanden und Nivellieren des Sandbetts erfolgt durch den Landschaftsbauer bzw. durch das Gewerk Tiefbau.

## 8. EINBOHRTIEFE FÜR HALLENEINRICHTUNGEN

### ■ Befestigungen im Industrieboden

In der Bodenplatte von gewerblich genutzten Industriehallen oder Einzelhandelsobjekten werden oftmals Verankerungen für Lager- oder Maschinenfundamente vorgesehen. Die Gefahr, dass diese bis zur Heizroherebene eindringen ist auf-

grund einer ausreichenden Bodenplattenstärke nur sehr selten gegeben. Sollte die Einbohrtiefe aufgrund einer nicht ausreichenden Dicke der Bodenplatte dennoch zu groß sein, ist in diesen Bereichen das Heizungsrohr auszusparen.



## 9. HINWEISE FÜR DIE GEBÄUDEPLANUNG

### ■ Bodenplatte und Dach

Für die Planung der Bodenplatte werden vom Statiker folgende Gegebenheiten berücksichtigt:

- Max. Flächen- und Einzellasten von Regalen, Maschinen oder Fahrzeugen
- Beanspruchung durch Temperatur- und Feuchteschwankungen
- Beanspruchung durch Abrieb von Fahrzeugen
- Evtl. chemische Beanspruchungen (Öle, Säuren, Laugen,...)
- Sonstige Anforderungen, wie z.B. Rutsicherheit, Ebenheit, Nutzungsbeginn, Wärmedämmeigenschaft, usw.
- Evtl. Industrieflächenheizung

Das LoWaTec Heiz-/Kühlsystem kann problemlos in nahezu jede Bodenplatte integriert werden.

Für den Architekten ergeben sich, bei Einsatz einer LoWaTec Industrieflächenheizung und -kühlung, bei der Planung der Dachkonstruktion keine statischen Einschränkungen (im Gegensatz zu Deckenstrahlplatten oder Lüftungsgeräten).

Es müssen keine Mindestabstände zu Einrichtungsgegenständen oder der Dachkonstruktion eingehalten werden. Somit steht das komplette Raumvolumen der Halle zur Nutzung zu Verfügung. Eine evtl. erforderliche Erhöhung der Gebäudehöhe zum Erreichen eines gleichen Nutzvolumens entfällt bei Einsatz einer in die Bodenplatte integrierten Flächenheizung.

Eine mit z.B. Dunkelstrahler beheizte Grundfläche von 10.000 m<sup>2</sup> und einer dadurch zusätzlich erforderlichen Gebäudehöhe von 3 m, bedeutet zusätzliche 30.000 m<sup>3</sup> umbauter Raum, welche die Investitionskosten erhöhen.

## 10. WÄRMEDÄMMUNG IM NEUBAU

### ■ Wärmedämmung gemäß EnEV

Nach der in Deutschland seit dem 1. Mai 2014 geltenden Energieeinsparverordnung EnEV 2014 wird, gemäß den anerkannten Regeln der Technik, ein Mindestwärmeschutz gefordert. Dies gilt für Gebäude, soweit sie unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden, unabhängig vom Heizsystem.

Grundsätzlich wird gemäß EnEV zwischen Wohngebäude und Nichtwohngebäude unterschieden. Dient ein Gebäude nicht überwiegend dem Wohnen, ist es ein Nichtwohngebäude im Sinne der Verordnung. Beispiele sind z.B. Produktions- und Industriebauten, Gewerbeobjekte, Bürobauten, Autohäuser, Hotels, Schulen oder Theater.

Die EnEV 2014 gilt nicht für industrielle Betriebsgebäude, die auf eine Innentemperatur von weniger als 12 °C oder jährlich weniger als vier Monate beheizt werden sowie jährlich weniger als zwei Monate gekühlt werden.

Für alle anderen Industriebauten **ab dem 01.01.2016** gilt folgende Anforderung:

#### **EnEV 2014 § 4 - Anforderungen an Nichtwohngebäude Absatz (2)**

Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach Anlage 2 Tabelle 2 nicht überschritten werden.

**Tabelle 2 (Anlage 2): Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden**

| Zeile | Bauteil   | Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten, bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile |  |
|-------|---|--|--|
|       |   | Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$                              | Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 12 bis $<19^\circ\text{C}$ |
| 1     | Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten       | $\bar{U} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  | $\bar{U} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$                            |
| 2     | Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeile 3 und 4 enthalten | $\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  | $\bar{U} = 2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$                            |
| 3     | Vorhangsfassade   | $\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  | $\bar{U} = 3,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$                            |
| 4     | Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln   | $\bar{U} = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  | $\bar{U} = 3,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$                            |

Zeile 1 gibt den max. Mittelwert des Wärmedurchgangskoeffizienten für sämtliche opake Bauteile an, wozu auch die an das Erdreich grenzende Bodenplatte zählt.

Die Berechnung des Mittelwertes des Wärmedurchgangskoeffizienten ist in Anlage 2 unter Punkt 2.3 näher erläutert:

#### **EnEV 2014 Anlage 2 (zu den §§ 4 und 9) – Anforderungen an Nichtwohngebäude Punkt 2.3**

Die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen gegen unbeheizte Räume oder Erdreich sind zusätzlich mit dem Faktor 0,5 zu gewichten. Bei der Berechnung des Mittelwertes der an das Erdreich angrenzenden Bodenplatten dürfen die Flächen unberücksichtigt bleiben, die mehr als 5 m vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind.

**Fazit:**

Wärmedämm Anforderungen an die Bodenplatte von Nichtwohngebäuden ab einer Raumtiefe von 5 m bestehen nicht, sollten aber in Abhängigkeit des Grundwasserspiegels geprüft werden. Die 5 m breite Randdämmung ist mit dem Faktor 0,5 zu gewichten, wodurch sich nachfolgend aufgeführte Empfehlungen für diese ergeben:

| Raumsolltemperatur | Heizdauer pro Jahr | Wärmedurchgangskoeffizient                | Wärmedurchlasswiderstand                     | Dämmstärke bei WL 040 |
|--------------------|--------------------|---|--|-----------------------|
| <12°C              | Keine Anforderung  |   |  |                       |
| 12°C bis <19°C     | ≥4 Monate          | $U = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $R_{\lambda} = 1,00 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ | 40 mm                 |
| ≥19°C              | ≥4 Monate          | $U = 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $R_{\lambda} = 1,79 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ | 80 mm                 |

Nach DIN 4108-2 / Tabelle 3 (Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen) ist jedoch ein Mindestwärmedurchlasswiderstand der unmittelbar an das Erdreich angrenzenden Bauteile (bis zu einer Raumtiefe von 5 m) von  $R_{\lambda} = 0,9 \text{ (m}^2\text{K)/W}$  zu beachten.

■ **Verzicht auf eine Wärmedämmung gemäß EnEG § 5 sowie EnEV § 24 und § 25**

Nach dem Energieeinsparungsgesetz EnEG § 5 besteht die Möglichkeit, bei unangemessenem Aufwand oder bei unbilliger Härte eine Befreiung zu bewirken.

Übersteigen die Kosten der Dämmung unterhalb der Betonplatte die sich durch diese Dämmung ergebenden Einsparungen an Heizkosten während der Nutzungsdauer einer Industriehalle, so liegt hier in der Regel ein unangemessener Aufwand im Sinne des § 5 vor.

**Energieeinsparungsgesetz (EnEG)  
§ 5 – Gemeinsame Voraussetzungen für  
Rechtsverordnungen**

- 1 Die in den Rechtsverordnungen nach den §§ 1 bis 4 aufgestellten Anforderungen müssen nach dem Stand der Technik erfüllbar und für Gebäude gleicher Art und Nutzung wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Bei bestehenden Gebäuden ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer zu berücksichtigen.
- 2 In den Rechtsverordnungen ist vorzusehen, dass auf Antrag von den Anforderungen befreit werden kann, soweit diese im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen.

In der EnEV 2014 wird dieser Sachverhalt auf ähnliche Art und Weise wie folgt kommentiert:

**EnEV 2014  
§ 24 – Ausnahmen  
Absatz (2)**

Soweit die Ziele dieser Verordnung durch andere als in dieser Verordnung vorgesehene Maßnahmen im gleichen Umfang erreicht werden, lassen die nach Landesrecht zuständigen Behörden auf Antrag Ausnahmen zu.

**EnEV 2014  
§ 25 – Befreiungen  
Absatz (1)**

Die nach Landesrecht zuständigen Behörden haben auf Antrag von den Anforderungen dieser Verordnung zu befreien, soweit die Anforderungen im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen. Eine unbillige Härte liegt insbesondere vor, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer, bei Anforderungen an bestehende Gebäude innerhalb angemessener Frist durch die eintretenden Einsparungen nicht erwirtschaftet werden können.

Der vorher beschriebene Härtefall (EnEG § 5 / EnEV 2014 § 25) ist durch eine **Amortisationszeitberechnung** zu belegen und dem Freistellungsantrag beizulegen. In den meisten Fällen liegt diese Amortisationszeit bei weitem über der Nutzungsdauer der Industriehalle. Der formlose Antrag auf Verzicht der Bodendämmung wird bei der zuständigen unteren Behörde (z.B. Bauordnungsamt der Stadtverwaltung) gestellt.

**Amortisationszeitberechnung** anhand einer Lagerhalle in Berlin mit 1.350m<sup>2</sup> beheizter Fläche, gemäß DIN EN 12831; DIN EN ISO 13370; DIN 4108-2 und EnEV



Flächenheizung □ Flächenkühlung

Sachbearbeiter: Muster                      Datum: 18.12.15

| <b>Vorgabedaten:</b>  |                |      |                    |
|---|----------------|------|--------------------|
| Beschreibung  | Zeichen/Formel | Wert | Einheit            |
| beheizte Grundfläche  | $A_g$          | 1350 | m <sup>2</sup>     |
| Außenberührter Umfang                                       | $P$            | 150  | m                  |
| Gesamtfläche der Randdämmung                                | $A_D$          | 650  | m <sup>2</sup>     |
| Spezifischer Wärmebedarf                                    | q              | 45   | W/m <sup>2</sup>   |
| Norminnentemperatur   | $\Theta_{int}$ | 18   | °C                 |
| Normaußentemperatur (DIN EN 12831, Beiblatt 1)              | $\Theta_e$     | -14  | °C                 |
| Jahresmittel der Außentemperatur (DIN EN 12831, Beiblatt 1) | $\Theta_{m,e}$ | 9,5  | °C                 |
| Vollbenutzungsstunden                                       | a              | 1800 | a                  |
| U-Wert Dämmung (DIN 4108-2) 4cm WLG 040                     | $U_D$          | 1    | W/m <sup>2</sup> K |
| Energiepreis Öl/Gas   | a              | 0,09 | €/KWh              |
| Dämmungspreis incl. Montage                                 | d              | 16   | €/m <sup>2</sup>   |

•  
•  
•

|   |  |
|---|--|
| Gesamtenergiemenge nach unten pro Jahr              | $E_u = q_u \cdot A_g \cdot t$  |
| 1) ohne Wärmedämmung                                | $E_u = 4,92 \frac{W}{K} \cdot 1350 m^2 \cdot 1800 h = 11955,60 KWh$                                |
| 2) mit Wärmedämmung                                 | $E_u = 3,33 \frac{W}{K} \cdot 1350 m^2 \cdot 1800 h = 8091,90 KWh$                                 |
| Energienengen-Differenz pro Jahr                    | $\Delta E_u = E_{u\ ohne} - E_{u\ mit} = 11955,60 KWh - 8091,90 KWh$<br>$\Delta E_u = 3863,70 KWh$ |
| Heizkosten-Einsparung pro Jahr aufgrund der Dämmung | $H = \Delta E_u \cdot a = 3863,70 KWh \cdot 0,09 \frac{€}{KWh} = 347,73€$                          |
| Investitionskosten                                  | $E_u = A_g \cdot d = 1350 m^2 \cdot 16 \frac{€}{m^2} = 21600€$                                     |
| <b>Amortisationszeit der Dämmung</b>                | $A = \frac{I}{H} = \frac{21600€}{347,73€} = 62,12 Jahre$   |

Auszug aus einer Beispielberechnung der Amortisationszeit (1. und 3. Seite)

## 11. WÄRMELINSE

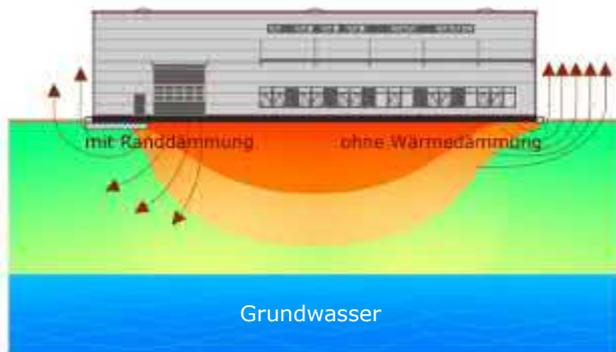
### ■ Eigenschaften einer Wärmelinse

Eine wichtige Eigenschaft einer beheizten Industriefläche ist die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb des Gebäudes. Diese bildet sich je nach Heizsystem, Dämmung und Beschaffenheit des Erdreiches verschieden stark aus.

Eine Wärmelinse entsteht unabhängig des Heizsystems.

Sollte die Grundwassertiefe > 3 m sein, dient das gewachsene Erdreich als unendlicher Wärmespeicher.

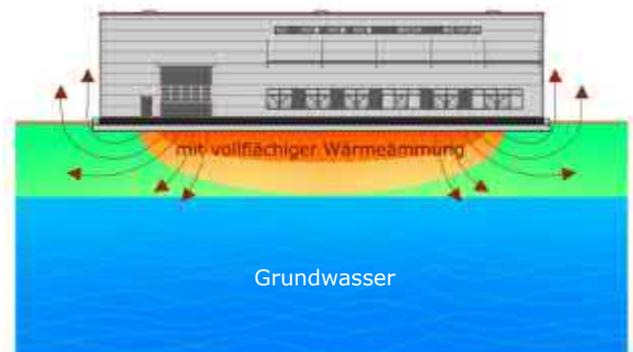
Eine Randdämmung gemäß EnEV soll den Wärmeverlust zum Gebäudeäußeren verhindern. Die gespeicherte Wärmeenergie im Erdreich (Wärmelinse) steht in der Übergangszeit wieder zur Verfügung und wird nahezu unbehindert über die Bodenplatte dem Gebäude zurückgeführt. Eine Randdämmung ist demnach als energetisch günstig zu bewerten.



Eine vertikal eingebrachte Frostschräge ist energetisch als noch günstiger anzusehen, da sie ein Verlust zum Gebäudeäußeren gleichfalls verhindert, der Rückfluss der gespeicherten Wärme aus dem Erdreich jedoch ungehindert erfolgen kann. Ein hoher Montageaufwand oder bauliche Gegebenheiten verhindern jedoch oftmals den Einsatz einer Frostschräge.

Wird die Bodenplatte mit einer vollflächigen Wärmedämmung versehen, so bildet sich die Wärmelinse nicht so tief in das Erdreich aus. Allerdings verhindert die Dämmung im Umkehrschluss die Zurückführung der gespeicherten Energie in das Gebäude.

Sollte die Grundwassertiefe < 3 m sein, ist eine vollflächige Wärmedämmung grundsätzlich zu empfehlen.

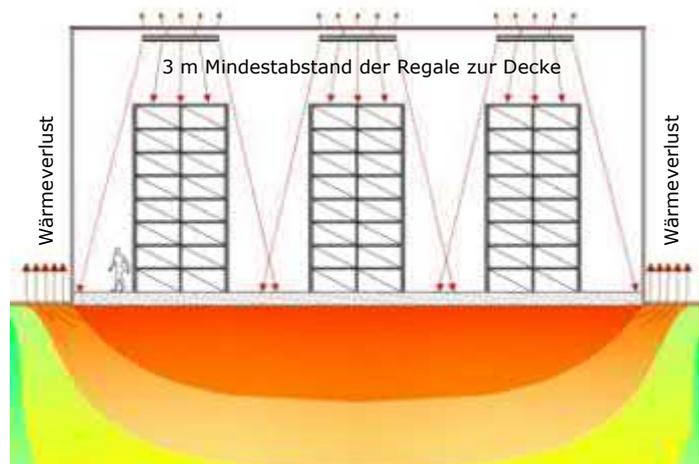


### ■ Wärmelinse einer ungedämmten Bodenplatte

#### Beheizung mit Luftherhitzer, Dunkelstrahler oder Deckenstrahlplatten:

Durch die **unkontrollierte** Beheizung mit Luftherhitzer, Dunkelstrahler oder Deckenstrahlplatten wird der Hallenboden auch am Gebäuderand beheizt und bewirkt dadurch einen Wärmeverlust zum Gebäudeäußeren.

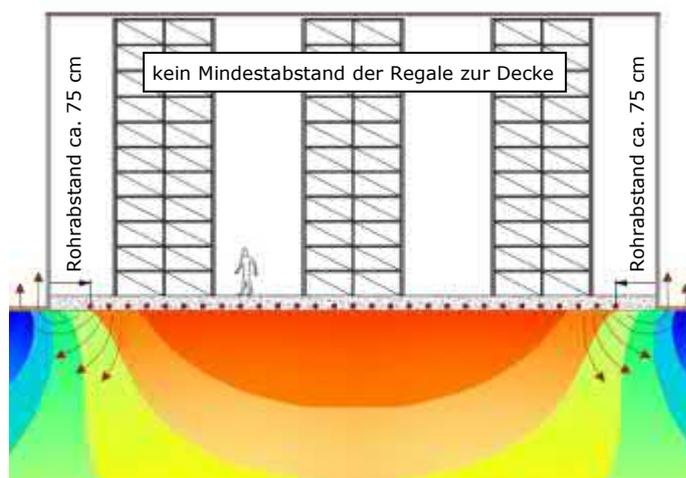
Eine evtl. vorzusehende Wärmedämmung unterhalb der Bodenplatte ist unabhängig von der Wahl des Heizsystems!



### Beheizung mit **Industrieflächenheizung**:

Aufgrund eines Mindestabstandes der äußeren Heizrohre bei der Industrieflächenheizung zum Hallenrand kann die Wärmelinse **kontrolliert** unterhalb der Industriehalle gehalten und somit ein Wärmeverlust über die äußere Kältebrücke weitestgehend vermieden werden.

Das gesamte Hallenvolumen steht der Nutzung zur Verfügung, da kein Mindestabstand zur Hallendecke eingehalten werden muss.



## 12. BEHAGLICHKEIT & RAUMTEMPERATUR

### ■ **Arbeitsstättenverordnung**

Bei der Wahl, Auslegung und Anordnung der Heizeinrichtung muss darauf geachtet werden, dass die Arbeitnehmer nicht gesundheitsschädlichen thermischen Einflüssen ausgesetzt sind.

Mit der LoWaTec Industrieflächenheizung/-kühlung schaffen Sie das ideale Arbeitsklima für Ihre Mitarbeiter:

- Wärme genau da, wo sie benötigt wird im Arbeitsbereich des Menschen vom Hallenboden bis zur Hallendecke
- Volle Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter
- Sanfte Strahlungswärme, dadurch keine Zugscheinungen
- Heizen/Kühlen mit einem System
- Arbeitsstättenverordnungskonform

#### **Arbeitsstättenverordnung**

##### **§ 8 Fußböden**

Ein ausreichender Schutz gegen Wärmeableitung ist ferner gegeben, wenn eine Oberflächentemperatur des Fußbodens von **nicht weniger als 18°C** gewährleistet ist, z.B. durch Heizungsanlagen oder andere betriebliche Einrichtungen.

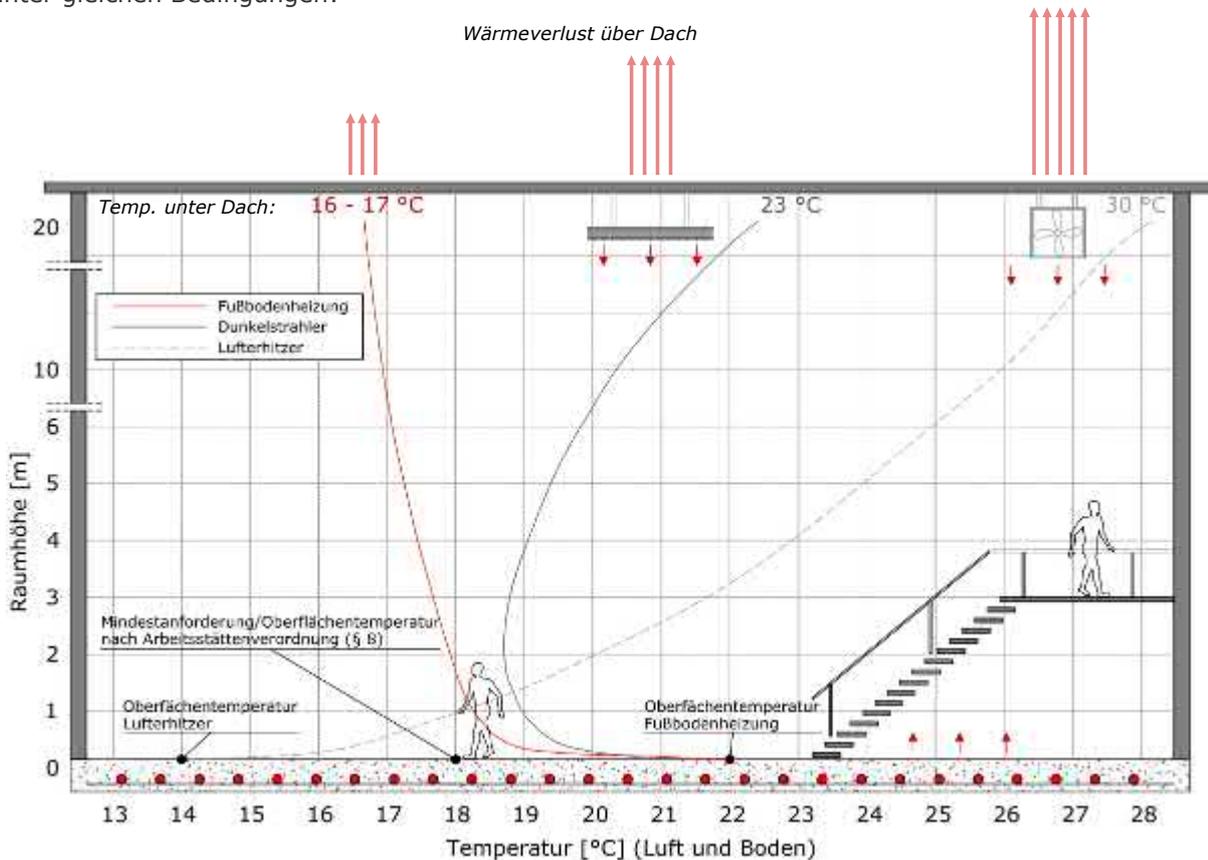
#### **Arbeitsstättenverordnung**

##### **§ 6 Raumtemperaturen**

- 1 In Arbeitsräumen muss während der Arbeitszeit eine unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren und der körperlichen Beanspruchung der Arbeitnehmer gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur sein. Dies gilt auch für Bereiche von Arbeitsplätzen in Lager-, Maschinen- und Nebenräumen.
- 2 Es muss sichergestellt sein, dass die Arbeitnehmer durch Heizeinrichtungen keine unzutraglichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt sind.
- 3 Die Lufttemperatur in Arbeitsräumen soll + 26°C nicht überschreiten. Bei darüberliegender Außentemperatur darf in Ausnahmefällen die Lufttemperatur höher sein.
- 5 Die Oberflächentemperatur des Fußbodens an ständigen Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen soll nicht mehr als 3°C unter und 6°C über der Lufttemperatur liegen.

## ■ Temperaturprofil

Darstellung typischer vertikaler Temperaturprofile in einer Industriehalle mit unterschiedlicher Beheizung unter gleichen Bedingungen:



Das Profil der Industrieflächenheizung zeigt eine optimale und Arbeitsstättenrichtlinien konforme Temperaturverteilung innerhalb des Gebäudes. Oberhalb der Aufenthaltszone werden die Wärmeverluste über die Gebäudehülle (Dach und Außenwände) gleichzeitig minimiert. So weist der Anhang der DIN EN 12831 darauf hin, dass Hallen mit Luftheizung und Höhen über 10 m eine um bis zu 60% größere Heizlast aufweisen als mit Industrieflächenheizung beheizte Hallen. Der Verlust nach unten wird dabei durch Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte begrenzt (siehe Kapitel 9).

## ■ Temperaturspeicherung und Wärmeabgabe

Bei **Luftheizern** wird die Luft im Raum erwärmt; diese Warmluft entweicht sofort beim Öffnen der Hallentore.

Es dauert lange und ist mit hohem Energieaufwand verbunden, die Raumtemperatur wieder zu erbringen.

Bei einer **Industrieflächenheizung** besteht die Beheizung einer Halle aus Strahlungswärme, die in der Bodenplatte gespeichert ist. Diese gespeicherte Strahlungswärme steht dem Nutzer auch zur Verfügung, während die Hallentore geöffnet sind. Nach Schließung der Tore steht die Strahlungswärme (Speichermasse der Bodenplatte) sofort wieder zu 100% zur Verfügung!

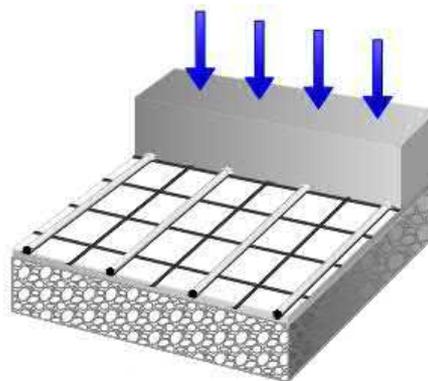


Hallentore über die gesamte Front des Gebäudes lassen beim Öffnen schnell die warme Raumluft entweichen.

## 13. KÜHLUNG

### ■ Mehrwert durch Flächenkühlung

Die LoWaTec Industrieflächenheizung lässt sich mit geringem Mehraufwand auch als Flächenkühlung nutzen. Statt des Heizwassers wird Kühlwasser durch die im Beton eingelassenen Rohre geschickt. Dies führt zu einer angenehmen Raumtemperierung im Sommer oder bei produktionsbedingt stark aufgeheizten Industriehallen. Die milde Strahlungskühlung und reduzierte Raumtemperatur führt nachweislich zu einer höheren Arbeitszufriedenheit und damit auch Arbeitsleistung.



Die Bereitstellung des Kühlwassers im Sommer kann bei Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe nahezu kostenfrei erfolgen.

### ■ Raumtemperaturen gemäß Arbeitsstättenrichtlinie

Gemäß Arbeitsstättenrichtlinie werden für den „Sommerbetrieb“ Raumlufttemperaturen von 26 °C als Behaglichkeitsgrenze angesehen. Bei Überschreiten empfiehlt bzw. fordert die ASR (§ 6) Maßnahmen zur Entlastung der Mitarbeiter durch technische, organisatorische und/oder personenbezogene Maßnahmen.

Bei Überschreiten der Lufttemperatur im Raum von +30 °C müssen gemäß ASR A3.5 wirksame Maßnahmen gemäß Gefährdungsbeurteilung ergriffen werden. Dabei gehen technische und organisatorische gegenüber personenbezogenen Maßnahmen vor.

Wird die Raumlufttemperatur von +35 °C überschritten, so ist der Raum nicht als Arbeitsraum geeignet.

Im Gegensatz zu Hell- oder Dunkelstrahlern kann eine LoWaTec Industrieflächenheizung, neben der Hallenbeheizung, auch eine Kühlfunktion übernehmen.

Konventionelle Kühlsysteme (Klimaanlagen) führen zwangsläufig zu mehr oder weniger ausgeprägten Luftbewegungen. Je nach Ausführung und Arbeitsplatz kann es zu unangenehmen Zugerscheinungen kommen, welche unbedingt zu vermeiden sind. Auch hier stellt die LoWaTec Flächenkühlung aufgrund des hohen Strahlungsanteils und nahezu nicht vorhandener Luftbewegung eine optimale Lösung zur Temperierung von Industriehallen dar.

### ■ Auslegung der Industrieflächenkühlung

Um im Kühlfall eine optimale Leistung zu erzielen ist es notwendig, eine ausreichende Wassermenge umzuwälzen. Die Auslegung im Heizfall, welche zumeist die Auslegungsgrundlage darstellt, sollte daher mit einer möglichst geringen Spreizung und ggf. reduziertem Verlegeabstand der Heizrohre erfolgen, um eine möglichst hohe Kühlleistung zu erzielen.

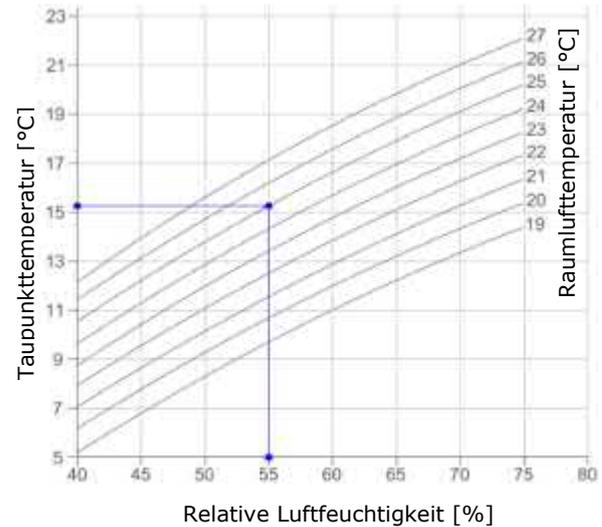
### ■ Vorlauftemperatur & Taupunktermittlung

Der Taupunkt gibt an, bei welchen Oberflächentemperaturen Tauwasser in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auftritt.

Die Vorlauftemperatur des Kühlwassers sollte  $\vartheta_V = 15\text{ °C}$  bis  $16\text{ °C}$  nicht unterschreiten, um eine Schwitzwasserbildung an Anlagenkomponenten zu vermeiden (Taupunktunterschreitung, siehe Diagramm).

*Taupunktermittlung (Beispiel):*

Raumlufttemperatur  $25\text{ °C}$ , Rel. Luftfeuchtigkeit  $55\%$   
 → Taupunkttemperatur  $15,3\text{ °C}$



### ■ Kühlleistung der Industrieflächenkühlung

Mehrere Faktoren beeinflussen die erreichbare Kühlleistung:

- Kühlmitteluntertemperatur  $\Delta\vartheta_K$  [K]  

$$\Delta\vartheta_K = \vartheta_i - \frac{\vartheta_V + \vartheta_R}{2}$$
- Verlegeabstand VA [cm]
- Betonüberdeckung  $s_{\text{ü}}$  [mm]
- Oberbodenbelag  $R_{\lambda}$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]
- Minimal zulässige Oberflächentemperatur (aus Behaglichkeitsgründen ca.  $20\text{ °C}$ )

Auslegungs-Beispiel:

Spez. Heizleistung:  $q_H = 46\text{ W/m}^2$   
 Betonüberdeckung:  $S_{\text{ü}} = 180\text{ mm}$   
 Verlegeabstand:  $VA = 30\text{ cm}$

Heizfall:  $\vartheta_i = 19\text{ °C}$   
 $\vartheta_V = 40\text{ °C}$   
 $\vartheta_R = 32\text{ °C}$

Kühlfall:  $\vartheta_i = 26\text{ °C}$   
 $\vartheta_V = 16\text{ °C}$   
 $\vartheta_R = 19\text{ °C}$   
 $q_K = 19\text{ W/m}^2$

Zur Bestimmung der Kühlleistung wird in der Regel eine Raumtemperatur von  $\vartheta_i = 26\text{ °C}$  angenommen.

Beispiele für die Kühlleistungen einer Industrieflächenkühlung:

| Halle oder Handelsgebäude<br>$\vartheta_i = 26\text{ °C}$ | $\vartheta_V = 16\text{ °C}$<br>$\vartheta_R = 19\text{ °C}$ |                  |                  | $\vartheta_V = 16\text{ °C}$<br>$\vartheta_R = 20\text{ °C}$ |                  |                  | $\vartheta_V = 16\text{ °C}$<br>$\vartheta_R = 21\text{ °C}$ |                  |                  |  |
|---|--|------------------|------------------|--|------------------|------------------|--|------------------|------------------|--|
|   | 15   | 30               | 37,5             | 15   | 30               | 37,5             | 15   | 30               | 37,5             |  |
| Verlegeabstand VA [cm]:                                   |  |                  |                  |  |                  |                  |  |                  |                  |  |
| $S_{\text{ü}} = 160\text{ mm}$                            | 27   | 21               | 18               | 25   | 19               | 17               | 24   | 18               | 16               |  |
|   | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> |  |
| $S_{\text{ü}} = 180\text{ mm}$                            | 26   | 20               | 17               | 24   | 18               | 16               | 23   | 17               | 15               |  |
|   | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> |  |
| $S_{\text{ü}} = 200\text{ mm}$                            | 25   | 19               | 16               | 23   | 17               | 15               | 22   | 16               | 14               |  |
|   | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup>   | W/m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> |  |

## 14. SYSTEMBESCHREIBUNG

### ■ LoWaTec Industrieflächenheizung System LoWaTec-Q2

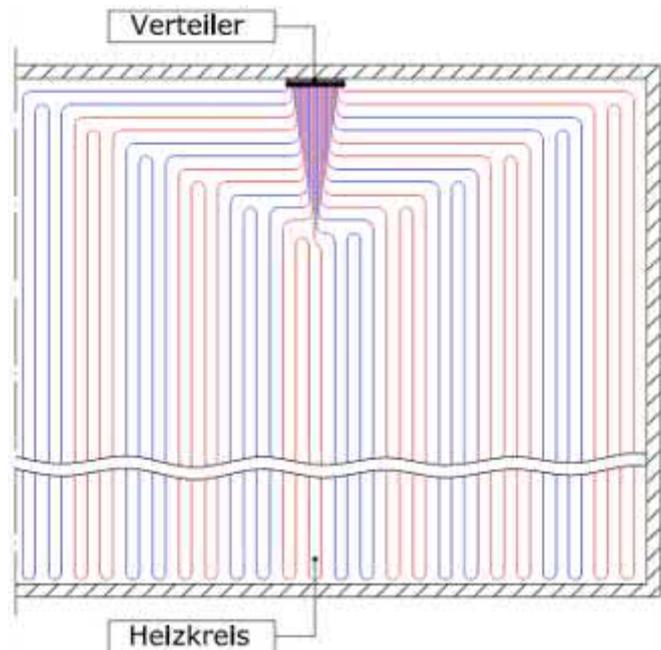
Bei der LoWaTec Industrieflächenheizung LoWaTec-Q2 werden die Heizkreise klassisch an einen Industrieverteiler angeschlossen. Dieses System eignet sich für „kleinere“ Flächen bis ca. 1200 m<sup>2</sup>.

Die einzelnen Heizflächen werden mit LoWaTec PE-X Rohren der Dimension 25x2,3 mm oder 20x2,0 mm versehen und an einen Industrieverteiler angeschlossen. Zur Umlenkung vor dem Verteiler kommen die LoWaTec Rohrführungsbögen zum Einsatz.

Aufgrund der realisierbaren Heizkreislängen von ca. 120-250 m (je nach Anwendungsfall) und dem maximalen Wasser-Massenstrom des Industrieverters ist die maximal anzuschließende Heizfläche pro Verteiler geringer, als beim System LoWaTec-Q4. LoWaTec-Q2 ist für viele „kleinere“ Objekte jedoch ausreichend.

Die Industrieverteiler von LoWaTec sind von 2 bis 20 Heizkreisen erhältlich. Die Verschraubung der Heizrohre erfolgt mittels Klemmverschraubung 25 oder 20.

Sollen größere Flächen mit dem System LoWaTec-Q2 beheizt bzw. gekühlt werden, so sind mehrere Verteiler dezentral vorzusehen.



Auslegungs-Beispiele:

- $t_i = 15^\circ\text{C}$ ,  $q_{H,\max} = 50 \text{ W/m}^2$ ,  
 $t_v/t_R = 50/35^\circ\text{C}$ ,  $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 100 \text{ m}^2$ , VA 45
- $t_i = 18^\circ\text{C}$ ,  $q_{H,\max} = 65 \text{ W/m}^2$ ,  
 $t_v/t_R = 50/35^\circ\text{C}$ ,  $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 75 \text{ m}^2$ , VA 30
- $t_i = 18^\circ\text{C}$  ( $t_i = 26^\circ\text{C}$ ), (Heizen/Kühlen)  
 $q_{H,\max} = 65 \text{ W/m}^2$  ( $q_{K,\max} = 24 \text{ W/m}^2$ )  
 $t_v/t_R = 40/30^\circ\text{C}$  ( $t_v/t_R = 16/20^\circ\text{C}$ ),  
 $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 35 \text{ m}^2$ , VA 15

$A_{H,\max}$  = max. Fläche pro Heizkreis

## ■ LoWaTec Industrieflächenheizung System LoWaTec-Q4

Die LoWaTec Industrieflächenheizung LoWaTec-Q4 wird mit einer Ringleitung als Verteilleitung verlegt. Der Vorteil dieser Verlegung ist, dass man bis zu 6000 m<sup>2</sup> pro Verteiler realisieren kann. Im Gegensatz zur klassischen Industrieflächenheizung mit nur ca. 1200 m<sup>2</sup> pro Verteiler.

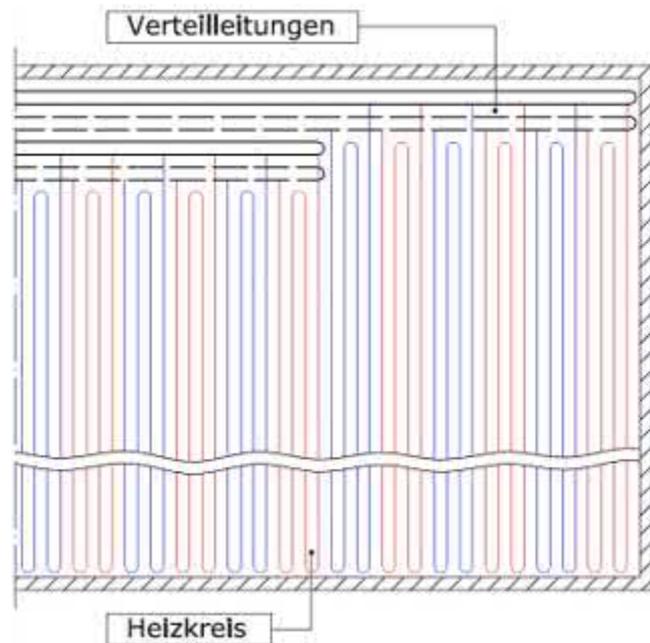
Der Massenstrom einer Heizgruppe (Verteilleitung mit den daran angeschlossenen Heizkreisen) verteilt sich bei dem System LoWaTec-Q4 auf zwei Anschlussleitungen und erlaubt somit eine Verringerung des Rohrquerschnitts. Die Heizflächenverrohrung erfolgt mit dem LoWaTec PE-X Rohr 20x2 mm. Die Heizkreise haben bei diesem System in etwa die gleiche Länge und werden parallel durchströmt, sodass alle Heizkreise etwa den gleichen Druckverlust haben und sich damit gleiche Volumenströme in den Heizkreisen einstellen. Der Anschluss der Heizkreise an die Verteilleitung erfolgt mit einem diffusionsdichten Messingfitting.

Die Verteilleitungen werden im gleichen Verlegeabstand verlegt wie die Heizkreise.

Somit ist die Verteilleitung gleichzeitig Heizfläche (siehe Verlegebeispiel). Die anteilige Fläche der Verteilleitungen an der Gesamtfläche beträgt ca. 15 bis 25%.

Eine Verteilleitung (Vor- und Rücklauf) mit den daran angeschlossenen Heizkreisen wird als Heizgruppe bezeichnet.

Die aufwendige Montage eines wärmegeprägten Rohrnetzes in schwer zugänglicher Installationshöhe (>5 m) entfällt, da der Zentralverteiler in der Nähe des Wärmeerzeugers installiert werden kann.



### Auslegungs-Beispiele:

- $t_i = 15^\circ\text{C}$ ,  $q_{H,\max} = 50 \text{ W/m}^2$ ,  
 $t_V/t_R = 50/35^\circ\text{C}$ ,  $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 350 \text{ m}^2$ , VA 45
- $t_i = 18^\circ\text{C}$ ,  $q_{H,\max} = 65 \text{ W/m}^2$ ,  
 $t_V/t_R = 50/35^\circ\text{C}$ ,  $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 275 \text{ m}^2$ , VA 30
- $t_i = 18^\circ\text{C}$  ( $t_i = 26^\circ\text{C}$ ), (Heizen/Kühlen)  
 $q_{H,\max} = 65 \text{ W/m}^2$  ( $q_{K,\max} = 24 \text{ W/m}^2$ )  
 $t_V/t_R = 40/30^\circ\text{C}$  ( $t_V/t_R = 16/20^\circ\text{C}$ ),  
 $S_{\ddot{u}} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{H,\max} = 200 \text{ m}^2$ , VA 15

$A_{H,\max}$  = max. Fläche pro Heizgruppe

## 15. DICHTHEITSPRÜFUNG

### ■ Dichtheitsprüfung nach DIN 1264 und VOB DIN 18380

Die Industrieflächenheizung ist, nach Fertigstellung und vor Einbringung des Betons, einer Dichtheits- und Belastungsprüfung zu unterziehen.

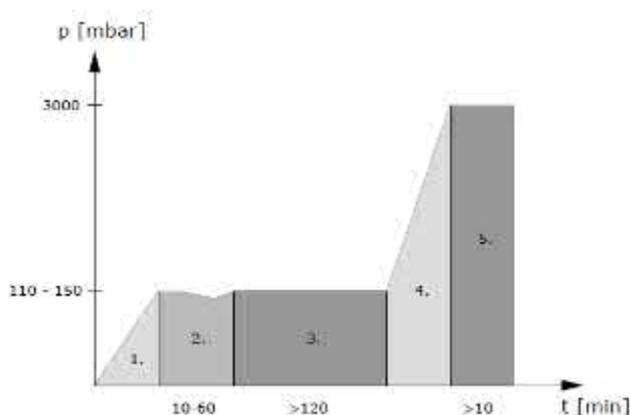
Die Einteilung in kleinere Prüfabschnitte erhöht die Prüfgenauigkeit, daher sollte die Dichtheitsprüfung mindestens pro Verteiler erfolgen.

Da zum Zeitpunkt der Druckprüfung oftmals der Zeitpunkt des Befüllens und der Inbetriebnahme der LoWaTec Industrieflächenheizung nicht feststeht, wird diese in der Regel mit ölfreier Druckluft oder inerten Gasen durchgeführt. Der erforderliche Prüfdruck zur Dichtheitsprüfung beträgt 110 - 150 mbar. Die Festigkeitsprüfung ist mit mind. 3 bar durchzuführen.

Die Dichtheit der Anlage wird durch Übereinstimmung des Anfangs- und Endprüfdrucks festgestellt. Dabei muss beachtet werden, dass der Prüfdruck temperaturabhängigen Schwankungen unterliegt. Daher ist nach aufbringen des Prüfdrucks zunächst der Temperaturabgleich abzuwarten und ggf. der Prüfdruck wieder aufzubauen. Anschließend ist mit der Prüfung zu beginnen, wobei die Temperatur möglichst konstant bleiben sollte.

Details zur Dichtheits- und Festigkeitsprüfung sind dem LoWaTec Dichtheitsprüfungsprotokoll, welches stets den Vertragsunterlagen beizufügen ist, zu entnehmen.

#### Ablaufdiagramm zur Druck- und Festigkeitsprüfung:



(die Dauer des Temperaturabgleichs (2.) sowie der Dichtheitsprüfung (3) ist Leitungsvolumenabhängig)

1. Prüfdruck zur Dichtheitsprüfung aufbringen
2. Temperaturabgleich abwarten, ggf. Prüfdruck wieder aufbringen
 

| <u>Leitungsvolumen</u> | <u>Dauer Temperaturabgleich</u> |
|------------------------|---------------------------------|
| < 100 l                | ca. 10 min                      |
| 100 – 200 l            | ca. 30 min                      |
| ≥ 200 l                | ca. 60 min.                     |
3. Dichtheitsprüfung gemäß Dichtheitsprüfungsprotokoll
 

| <u>Leitungsvolumen</u> | <u>Prüfzeit</u>  |
|------------------------|------------------|
| < 100 l                | 120 min          |
| ≥ 100 l                | +20 min je 100 l |
4. Prüfdruck zur Festigkeitsprüfung aufbringen
5. Festigkeitsprüfung gemäß Dichtheitsprüfungsprotokoll



Die Überprüfung mit Druckluft oder inerten Gasen darf nur für das LoWaTec Rohrsystem inkl. des angeschlossenen Verteilers erfolgen. Anbau- oder Anlagenteile wie Strangregulierventile für den Verteilerabgleich, Ausdehnungsgefäße oder sonstige Anlagenteile dürfen nicht mitgeprüft werden!

Die Überprüfung darf nur durch eine Fachkraft mit den erforderlichen Kenntnissen durchgeführt werden, eine Gefährdung von Personen muss ausgeschlossen sein.

# Dichtheitsprüfungsprotokoll LoWaTec Fußbodenheizung/-kühlung - mit Prüfmedium Luft und inerten Gasen -

(Protokoll ist von der Heizungsbaufirma auszufüllen und den Vertragsunterlagen beizufügen)

**Projekt <sup>1)</sup>:** \_\_\_\_\_

**Auftraggeber <sup>1)</sup>:** \_\_\_\_\_

**Heizungsfachfirma <sup>1)</sup>:** \_\_\_\_\_

**Prüfabschnitt:**  Gesamtanlage  
 Teilabschnitt: \_\_\_\_\_  
 (z.B. Bauabschnitt, Bauteil, Stockwerk, Wohnung)

**System:**  System Q2  System Q4

**Rohrdimension:**  20x2 (0,20 l/m)  25x2,3 (0,33 l/m)

**Anlagendruck:** \_\_\_\_\_ bar **Umgebungstemperatur:** \_\_\_\_\_ °C

**Prüfmedium:**  ölfreie Druckluft  Stickstoff  Kohlendioxid

Temperatur des Prüfmediums: \_\_\_\_\_ °C

**Hinweis:** Die Dichtheitsprüfung erfolgt in Anlehnung an das ZVSHK Merkblatt „Durchführung einer Druckprüfung mit Druckluft und inerten Gasen“. Alle Leitungen sind mit metallischen Stopfen bzw. Kappen zu verschließen. Es dürfen keine Absperrrichtungen zum Verschließen angewandt werden. Apparate, Druckbehälter und LoWaTec Verteiler sind von der Prüfung ausgeschlossen. Der **Prüfdruck** beträgt **110 bis 150 mbar**. Die **Prüfzeit bis 100 ltr.** Rohrleitungsvolumen beträgt **min. 120 Minuten**. Je weitere 100 Liter ist die Prüfzeit um 20 Minuten zu erhöhen.

## 1. Prüfpunkte vor der Druckprüfung

Sichtprüfung aller Verbindungen auf fachgerechte Ausführung vorgenommen  Ja  Nein

Pressverbindungen sind verpresst und Schraubverbinder verschraubt  Ja  Nein

Apparate, Ausdehnungsgefäße und sonstige Anlagenkomponenten sind von der Prüfung ausgeschlossen  Ja  Nein

Rohrenden sind mit metallischen Stopfen verschlossen  Ja  Nein

Druckluftkompressor bzw. Gasflasche ist mit geeignetem Sicherheits- und Druckregulierventil angeschlossen  Ja  Nein

<sup>1)</sup> vollständige Anschrift angegeben

## Dichtheitsprüfungsprotokoll LoWaTec Fußbodenheizung/-kühlung - mit Prüfmedium Luft und inerten Gasen -

### 2. Dichtheitsprüfung (Prüfdruck = 110 -150 mbar, Prüfzeit min. 120 Minuten bis 100 Liter Leitungsvolumen, je weitere 100 Liter Prüfzeit um 20 Minuten erhöhen)

Die Dichtheit wird durch Übereinstimmung des Anfangs-Prüfdruck mit dem End-Prüfdruck festgestellt. Normale Schwankungen durch die Medientemperatur sowie des Druckes am Manometer sind zulässig.

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| <b>Verteiler Nr. (ggf. Geschoss):</b>   | _____  | _____  | _____  | _____  |
| <b>Anfangs-Prüfdruck p<sub>a</sub>:</b> | _____ mbar   | _____ mbar   | _____ mbar   | _____ mbar   |
| <b>Prüfzeit:</b>                        | _____ Min.   | _____ Min.   | _____ Min.   | _____ Min.   |
| <b>End-Prüfdruck p<sub>e</sub>:</b>     | _____ mbar   | _____ mbar   | _____ mbar   | _____ mbar   |
| <b>Dichtheitsprüfung erfüllt:</b>       | <input type="checkbox"/> Ja<br><input type="checkbox"/> Nein |

### 3. Festigkeitsprüfung (Prüfdruck min. 3 bar, Prüfzeit 10 Minuten)

Temperaturabgleich und Beharrungszustand abwarten, danach beginnt die Prüfzeit.

|                                       |  |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Verteiler Nr. (ggf. Geschoss):</b> | _____  | _____  | _____  | _____  |
| <b>Dichtheitsprüfung erfüllt:</b>     | <input type="checkbox"/> Ja<br><input type="checkbox"/> Nein |

### 4. Bestätigung

Die Dichtheitsprüfung wurde ordnungsgemäß durchgeführt. Es ist keine Undichtigkeit und an keinem Bauteil eine bleibende Formänderung aufgetreten.

\_\_\_\_\_  
Auftraggeber (Bauherr)  
Datum/Stempel/Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Bauleitung/Architekt  
Datum/Stempel/Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Heizungsbaufirma  
Datum/Stempel/Unterschrift

## 16. FUNKTIONSSHEIZEN

### ■ Funktionsheizen gemäß VOB 18380

Industrieflächenheizungen in der Betonsohle, sind einem Funktionsheizvorgang nach VOB 18380 zu unterziehen. Diese Funktionsheizung dient zur Überprüfung der Funktion der beheizten Fußbodenkonstruktion und nicht zum Trockenheizen des Betons.

Das Funktionsheizen ist abhängig von der Betonart. Das Funktionsheizen ist mit der Bauleitung abzustimmen und zu dokumentieren.

Von folgenden Funktionsheizvorgängen ist auszugehen:

| Stahlbeton  | Walzbeton   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Funktionsheizbeginn nach ca. <b>28 Tagen</b></li> <li>2. Beginn mit 5 K über Betontemperatur und mindestens 1 Woche halten</li> <li>3. Tägliche Erhöhung der Vorlaufemperatur um 5 K bis zur Auslegungstemperatur</li> <li>4. Auslegungstemperatur 1 Tag halten</li> <li>5. Vorlaufemperatur um 10 K pro Tag bis zur Betriebstemperatur senken</li> <li>6. Betriebstemperatur einstellen</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Funktionsheizbeginn nach ca. <b>3 Tagen</b></li> <li>2. Beginn mit 5 K über Betontemperatur und mindestens 5 Tage halten</li> <li>3. Tägliche Erhöhung der Vorlaufemperatur um 5 K bis zur Auslegungstemperatur</li> <li>4. Auslegungstemperatur 1 Tag halten</li> <li>5. Vorlaufemperatur um 10 K pro Tag bis zur Betriebstemperatur senken</li> <li>6. Betriebstemperatur einstellen</li> </ol> |

# LoWaTec Industrieflächenheizung

## Funktionsheizprotokoll

**Bauvorhaben:** \_\_\_\_\_

**Auftraggeber:** \_\_\_\_\_

**Bauleitung:** \_\_\_\_\_

**Heizungsfachfirma:** \_\_\_\_\_

LoWaTec Industrieflächenheizung eingebaut am: \_\_\_\_\_

Betonarbeiten beendet am: \_\_\_\_\_ Betondicke: \_\_\_\_\_cm

Außentemperatur bei Heizbeginn: \_\_\_\_\_°C

Beginn der Funktionsheizung am: \_\_\_\_\_ mit: \_\_\_\_\_°C

Max. Auslegungstemperatur ab: \_\_\_\_\_ mit: \_\_\_\_\_°C

Auslegungstemperatur wurde \_\_\_\_\_ Tage beibehalten (ohne Nachtabsenkung)

Übergabe der Anlage am: \_\_\_\_\_ VL \_\_\_\_\_°C Außentemp.: \_\_\_\_\_°C

Die Heizungsanlage war dabei außer Betrieb  Ja  Nein

Die beheizte Fläche war frei von jeglichen Überdeckungen  Ja  Nein

Es besteht Frostgefahr  Ja  Nein

Ergriffene Maßnahmen bei Frostgefahr \_\_\_\_\_

### Bestätigung

\_\_\_\_\_  
Ort/Datum

\_\_\_\_\_  
Ort/Datum

\_\_\_\_\_  
Ort/Datum

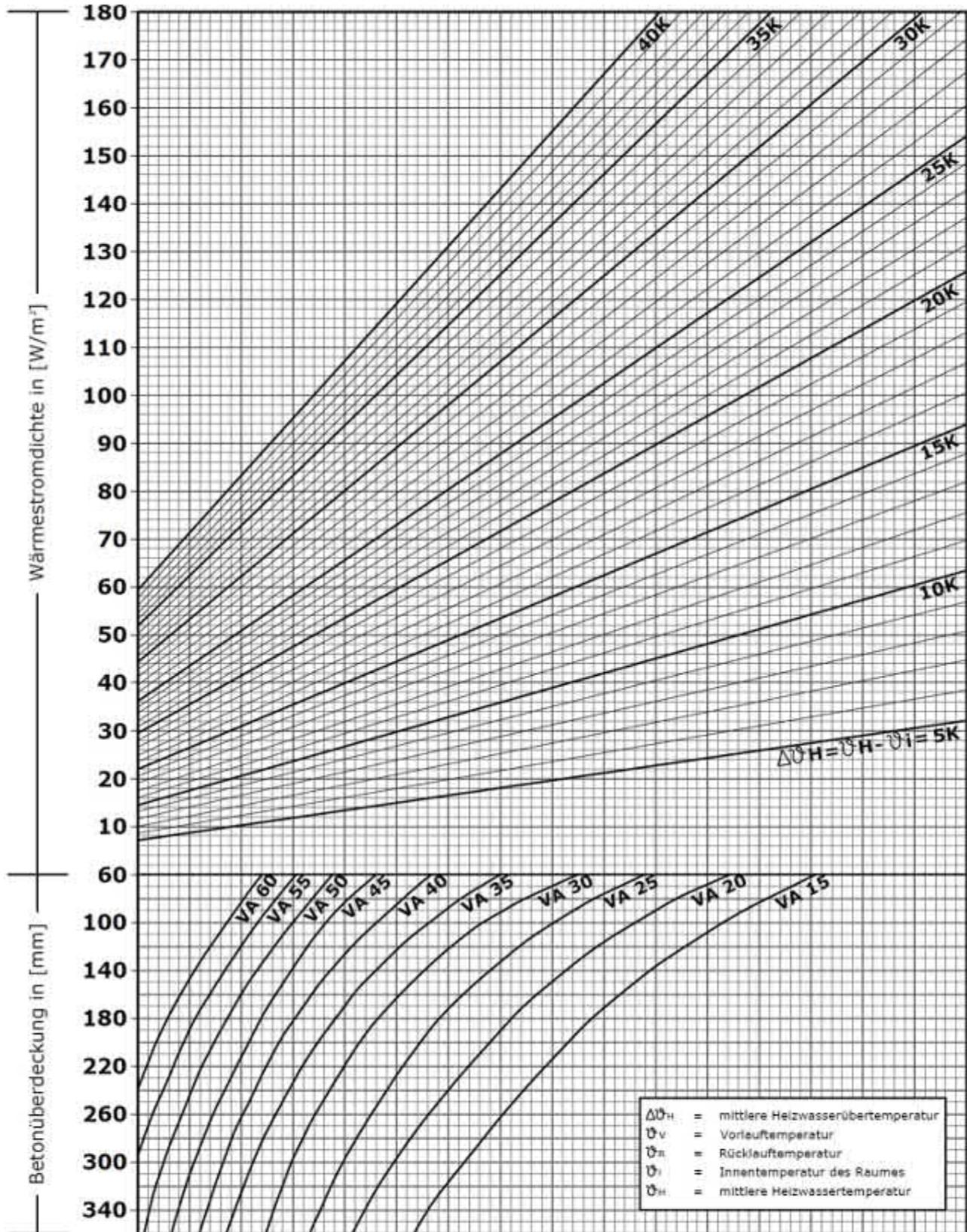
\_\_\_\_\_  
Auftraggeber/Bauherr  
Stempel/Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Bauleitung/Architekt  
Stempel/Unterschrift

\_\_\_\_\_  
Heizungsfachfirma  
Stempel/Unterschrift

## 17. AUSLEGUNGSDIAGRAMME

### ■ Auslegungdiagramm LoWaTec Industrieflächenheizung mit PE-X Heizrohr 20 x 2,0 mm



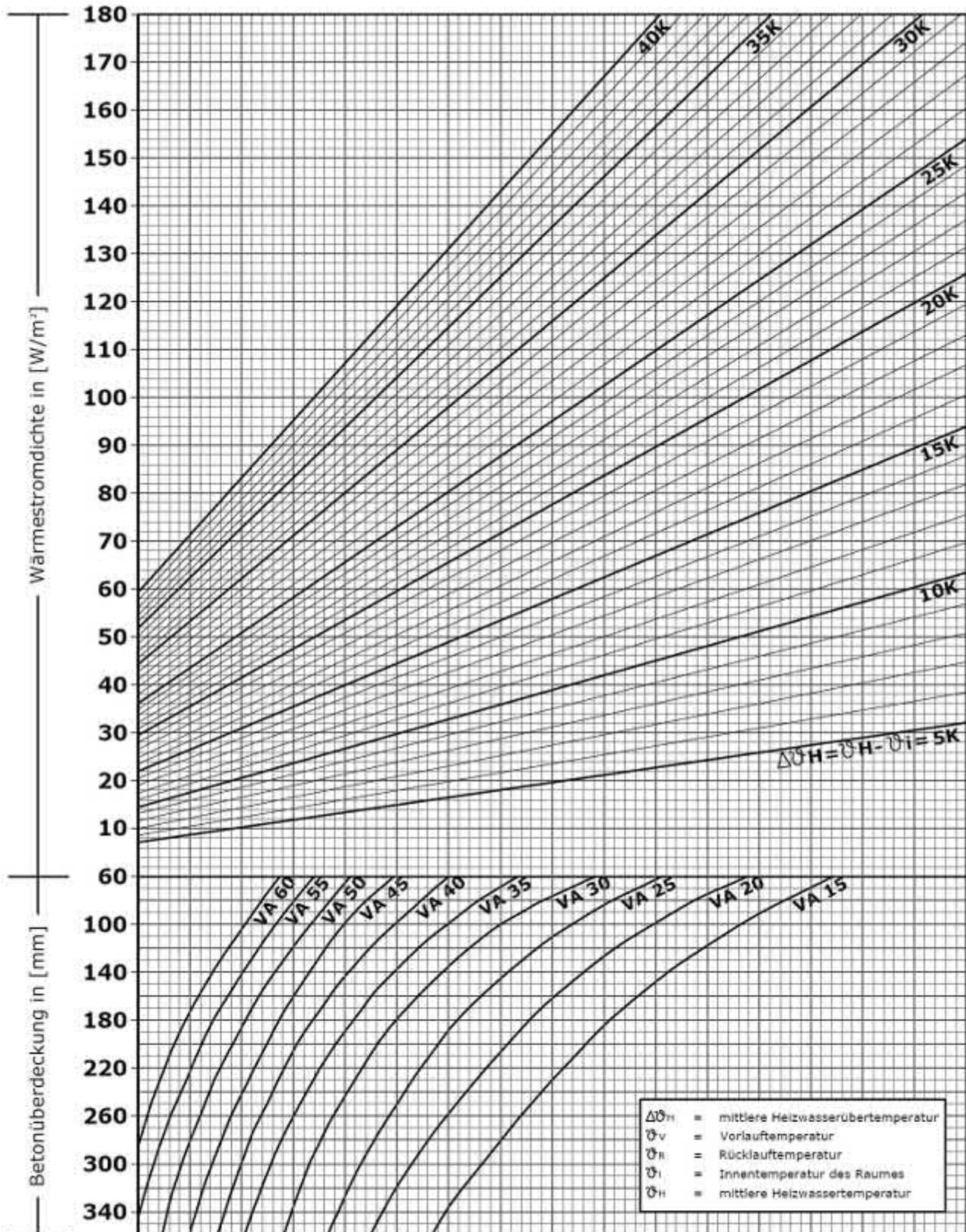
Wärmeleitfähigkeit Beton  $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$   
 Verschleißschicht  $R_{\lambda 0} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

oder vereinfacht:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v + \theta_R}{2} - \theta_i$$

■ Auslegungsdiagramm LoWaTec Industrieflächenheizung mit PE-X Heizrohr 25 x 2,3 mm



Wärmeleitfähigkeit Beton  $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$   
 Verschleißschicht  $R_{\lambda 0} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

oder vereinfacht:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v + \theta_R}{2} - \theta_i$$

## 18. PHYSIKALISCHE UMRECHNUNGSTABELLEN

### ■ Druckeinheiten

|                 | bar       | mbar    | Pa<br>(N/m <sup>2</sup> ) | kPa<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | mWs<br>(bei 4°C) | atm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Torr<br>(mmHG) |
|-----------------|-----------|---------|---------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|----------------|
| <b>1 bar =</b>  |           | 1000    | 100000                    | 100                         | 10,1972          | 0,986923                     | 750,062        |
| <b>1 mbar =</b> | 0,001     |         | 100                       | 0,1                         | 0,0101972        | 0,00098692                   | 0,750062       |
| <b>1 Pa =</b>   | 0,00001   | 0,01    |                           | 0,001                       | 0,00010197       | 9,86923x10 <sup>-6</sup>     | 0,007501       |
| <b>1 kPa =</b>  | 0,01      | 10      | 1000                      |                             | 0,10197          | 0,00986923                   | 7,501          |
| <b>1 mWs =</b>  | 0,098067  | 98,0665 | 9806,65                   | 9,80665                     |                  | 0,096784                     | 73,5559        |
| <b>1 atm =</b>  | 1,01325   | 1013,25 | 101325                    | 101,325                     | 10,3323          |                              | 760            |
| <b>1 Torr =</b> | 0,0013332 | 1,33322 | 133,322                   | 0,133322                    | 0,0135951        | 0,00131579                   |                |

### ■ Leistungseinheiten

|                   | W    | kW      | kcal/s                | kcal/h | Kp m/s | PS      |
|-------------------|------|---------|-----------------------|--------|--------|---------|
| <b>1 W =</b>      |      | 0,001   | 2,39x10 <sup>-4</sup> | 0,86   | 0,102  | 0,00136 |
| <b>1 kW =</b>     | 1000 |         | 0,239                 | 860    | 102    | 1,36    |
| <b>1 kcal/s =</b> | 4190 | 4,19    |                       | 3600   | 427    | 5,69    |
| <b>1 kcal/h =</b> | 1,16 | 0,00116 | 0,00028               |        | 0,119  | 0,00158 |
| <b>1 Kp m/s =</b> | 9,81 | 0,00981 | 0,00234               | 8,43   |        | 0,0133  |
| <b>1 PS =</b>     | 736  | 0,736   | 0,176                 | 623    | 75     |         |

### ■ Energieeinheiten

|                 | J                   | kJ    | kWh                   | kcal                  |
|-----------------|---------------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| <b>1 J =</b>    |                     | 0,001 | 2,78x10 <sup>-7</sup> | 2,39x10 <sup>-4</sup> |
| <b>1 kJ =</b>   | 1000                |       | 2,78x10 <sup>-4</sup> | 0,239                 |
| <b>1 kWh =</b>  | 3,6x10 <sup>6</sup> | 3600  |                       | 860                   |
| <b>1 kcal =</b> | 4200                | 4,2   | 1,16x10 <sup>-3</sup> |                       |







## LoWaTec – Ihr Spezialist für Industrieflächenheizsysteme

Für Ihre individuellen Anforderungen im **industriellen und gewerblichen Bereich** (Logistik- und Produktionshallen, Verkaufsstätten, Autohäuser, Wartungshallen, etc.), liefert die LoWaTec GmbH zukunftsorientierte Lösungen im Bereich der Flächenheizung und -kühlung. Die Systeme stehen für ein energieeffizientes Bauen sowie einen schonenden Umgang mit der Umwelt.

Die hohe Qualität unserer Produkte, zum Beispiel des LoWaTec PE-X Rohres als eine wichtige Systemkomponente, ist die Grundlage der LoWaTec Industrieflächenheizung und garantiert eine optimale Ökonomie und Ökologie ihres Heizsystems.

**LoWaTec bietet Professionalität von Anfang an:** Von der Beratung über die Projektierungsunterstützung für Planer, Handwerker und Generalunternehmer bis zum Vertrieb und dem Montageservice vor Ort.

Profitieren Sie von unserem Know-how und unserer Kundennähe.

**Wir wollen, dass Sie zufrieden sind.**

**LoWaTec GmbH**  
Am Wiesengrund 8  
D-35410 Hungen

T +49 (0) 6402 512993-0  
F +49 (0) 6402 512993-9

[info@lowatec-online.de](mailto:info@lowatec-online.de)  
[www.lowatec-online.de](http://www.lowatec-online.de)