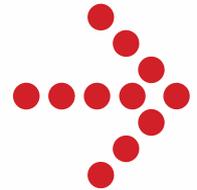


Die Flächenheizung in Hallen

Frank Hartmann (BDH) im Dialog mit: Sven Petersen (Uponor)

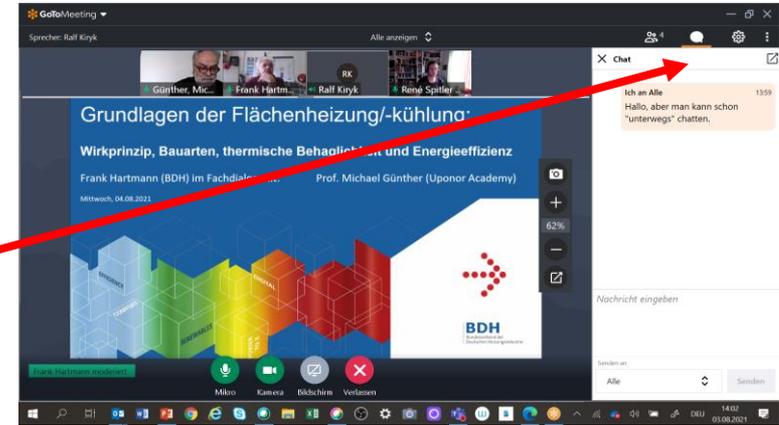
Mittwoch, 14.06.2023 – 17.00 Uhr



BDH
Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie

Der Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

- SPIELREGELN zu diesem Online-Seminar
- Bitte deaktivieren Sie Ihre Kamera und ihr Mikrofon.
- Bitte nutzen Sie den Chat für Ihre Fragen, die wir am Ende des Vortrags gemeinsam beantworten.



<https://www.flaechenheizung-bdh.de/>

Der Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

The image displays three screenshots of the BDH website's interface. The first screenshot shows the main navigation menu with categories like 'Neubau', 'Altbau', 'Systemkomponenten', 'Veranstaltungen', 'Publikationen', and 'Service'. Below the navigation is a large banner for 'FLÄCHENHEIZUNG UND FLÄCHENKÜHLUNG' with the subtitle 'Informationen zu Neubau/Altbau'. The main content area is divided into several sections: 'Altbau/Modernisierung' (Energie sparen und Komfort steigern in bestehenden Gebäuden), 'Neubau' (Vorteile bei Betriebskosten und Umwelt), 'Heizen / Kühlen' (Doppelnutzen mit einem System), and 'Publikationen'. The second screenshot shows a 'Projektierungsleitfaden zur Modernisierung der Wärmeübergabe' (Projecting guide for modernization of heat transfer). It includes an introductory paragraph, a section titled 'Wärmewende in drei Schritten' (Heat transition in three steps), and a small image of a house. The third screenshot shows a search page with the text 'SUCHE' and 'Etwas nicht gefunden?' (Nothing found?). It features a search input field and a 'Suchen' (Search) button.

Die Mitgliedsunternehmen des Fachbereichs finden Sie auf unserer Website <https://www.flaechenheizung-bdh.de/system/hersteller-flaechenheizung-und-flaechenkuehlung-deutschland> und am Ende dieser Präsentation.

<https://www.flaechenheizung-bdh.de/>

Die Flächenheizung in Hallen

Einleitung – „Anwendungen der Flächenheizung/-kühlung außerhalb von Wohngebäuden“

➔ Im Dialog 1 – Vorstellung des Dialogpartners

Themenblock 1 – Grundlagen und Systemvorteile

➔ Im Dialog 2

Themenblock 2 – Energieeffizienz und Planung

➔ Im Dialog 3

Themenblock 3 – Ausführung

➔ Im Dialog 4 – Fazit – *Chat...*



Flächenheizung/-kühlung in Hallen

Die Klimaziele der EU und in Deutschland sehen vor, dass Gebäude bis spätestens 2050 klimaneutral sein sollen. Dementsprechend müssen auch Nicht-Wohngebäude, wozu Hallen zählen, zum einen die Energieeffizienz und zum anderen den Einsatz Erneuerbarer Energien steigern. Zur Realisierung dieser Ziele ist eine optimierte Strategie für die Planung und Ausführung von Hallengebäuden zur Erfüllung der benötigten Funktionen (Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung) und des gewünschten Nutzens (z.B. Produktion/Fertigung, Lagerung, Sport oder Misch-Nutzung) notwendig. Dies gilt sowohl für Neubauten als auch für den Bestand.

Die Kosten für die Integration Erneuerbarer Energien bei Nicht-Wohngebäuden wie z. B. Gewerberäumen werden zur Hälfte zwischen Mieter und Vermieter aufgeteilt. Im Gebäudebereich soll der CO₂-Preis Vermieter motivieren, energetische Sanierungen ihrer Gebäude voranzutreiben und Mieter dazu, sparsam mit Energie umzugehen. Vor dem Hintergrund der stärkeren Nutzung von Erneuerbaren Energien auch im Nicht-Wohngebäudebereich, sollte zum einen eine optimierte Planung mit dem Ziel den Einsatz erneuerbarer Energien zu maximieren durchgeführt werden. Zum anderen sollte die Energieeffizienz der im Nicht-Wohngebäude eingesetzten technischen Anlagen optimiert werden. Die entsprechenden Berechnungen zur Energieeffizienz werden auf Basis der Normenreihe DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung“ durchgeführt. Ein der gesamten Zielsetzungen unterstützendes Wärmeübergabesystem ist die Flächenheizung/-Kühlung.

Bei der Berechnung der Fußbodenheizung/-kühlung in Nicht-Wohngebäuden kann die Ausführung der Wärmedämmung endreichberührender Hallenbodenplatten einen wesentlichen Einfluss auf die Wärmeverluste haben. Dabei wird empfohlen im Rahmen von Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599 für Hallen mit Fußbodenheizungen – einschließlich deren Wärmedämmung – in der Wärmebilanz des Gebäudes nach Teil 2 den Wärmerückkoeffizienten als stationären Wärmetransferkoeffizienten nach DIN EN ISO 13770 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmetransfer über das Erdreich - Berechnungsverfahren“ zu berechnen. In einer Studie des IfU Dresden [1] wurde nachgewiesen, dass diese detaillierte Berechnung einen um bis zu 30% geringeren Endenergiebedarf gegenüber der vereinfachten Berechnung mit Korrekturfaktoren ergibt und somit eine Überschätzung der Wärmeverluste über das Erdreich vermeiden werden kann.

Neben den energetischen Anforderungen ist die Wirtschaftlichkeit ein weiterer entscheidender Faktor. Die Investitions- und Betriebskosten bestimmen die Wirtschaftlichkeit, wobei der Faktor Heizung besonders stark ins Gewicht fällt. Das einmal installierte Heizsystem einer Halle soll möglichst flexibel sein, damit es an betriebliche oder technologische Nutzungsänderungen angepasst werden kann. Außerdem sind die typischen Nutzungsbedingungen, z.B. Schichtbetrieb, bei dem die Halle nur zeitweise genutzt wird, oder nur Teilbereiche beheizt werden müssen oder schnelle Lastwechsel (Toröffnungen, Materialtransporte, innere Wärmequellen) bei der Planung zu berücksichtigen.

In diesem Informationsblatt werden die Grundlagen für die Planung einer Fußbodenheizung/-kühlung in Hallengebäuden beschrieben.

1 Einleitung

Die Grundlagen für die Planung von Nicht-Wohngebäuden, inklusive Hallen, liefert das Gebäudeenergiegesetz (GEG). Das GEG ist nicht auf Betriebsgebäude anzuwenden, welche nach ihrem Verwendungszweck großflächig und lang anhaltend offen gehalten werden müssen.

Wer ein Gebäude nach GEG errichtet, hat dieses als Niedrigstenergiegebäude zu errichten. Dabei ist das Gebäude so zu errichten, dass der Gesamtenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und auch für eingebaute Beleuchtung, den jeweiligen Höchstwert nach GEG nicht überschreitet. Für das zu errichtende Nicht-Wohngebäude und das Referenzgebäude ist der Jahres-Primärenergiebedarf nach DIN V 18599 zu ermitteln.



Bundesverband Flächenheizung
und Flächenkühlung e.V.
Wandweg 1
4449 Dortmund
Tel.: +49 231 68121-30
Fax: +49 231 68121-32
E-Mail: info@flaechenheizung.de
Internet: www.flaechenheizung.de

Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie e.V.
Frankfurter Straße 270-276
51455 Köln
Tel.: (0 22 03) 35 93-0
Fax: (0 22 03) 35 93-22
E-Mail: info@bdh-industrie.de
Internet: www.bdh-industrie.de

<https://www.flachenheizung-bdh.de/publikationen/informationsblaetter>

Im Dialog (1)

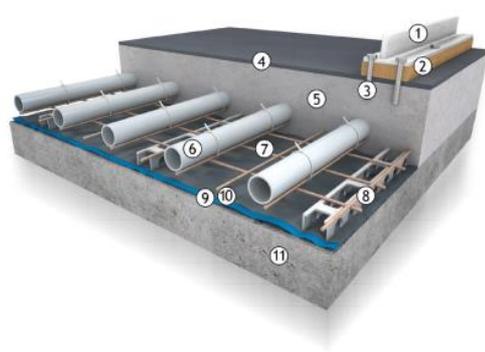
Die Flächenheizung in Hallen – Grundlagen und Systemvorteile

Mit Sven Petersen

uponor

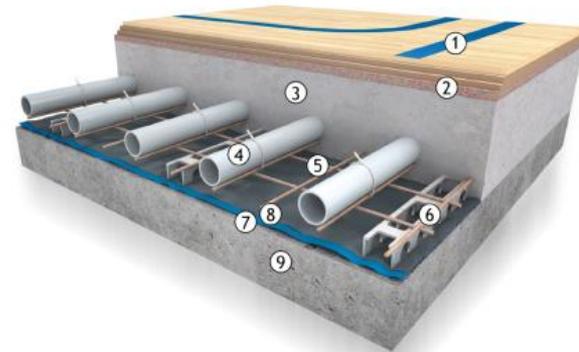


Die Flächenheizung in Hallen



- ① *Schiene
- ② *Ausgleichssockel
- ③ *Befestigung/
Verankerung
- ④ Bodenbelag/
Verschleißschicht
- ⑤ Estrich
- ⑥ Heizrohr
- ⑦ Bewehrung
- ⑧ Abstandhalter
- ⑨ Trenn-/Gleitschicht
- ⑩ Bauwerksabdichtung
- ⑪ Bodenfläche

**Befestigungsmöglichkeiten auf dem Estrich für Trennwände, Haltekonstruktionen, Maschinen und andere Anwendungen in Industriehallen.*



- ① Schwingboden
- ② Schwingboden
Unterbau
- ③ Estrich
- ④ Heizrohr
- ⑤ Bewehrung
- ⑥ Abstandhalter
- ⑦ Trenn-/Gleitschicht
- ⑧ Bauwerksabdichtung
- ⑨ Bodenfläche
(Untergrund)

Anwendungsbereiche für Hallenheizung



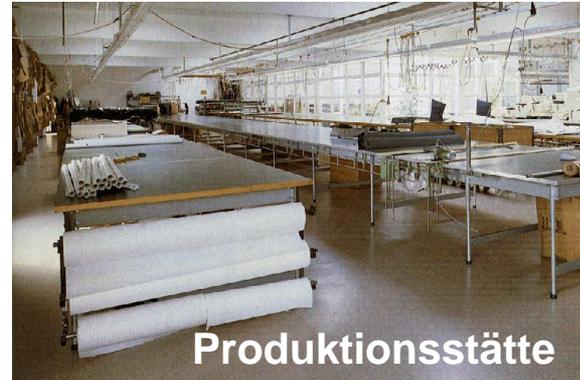
- Werkstätten
- Fertigungshallen
- Logistikhallen
- Wartungshallen
- Handelsmärkte
- Sporthallen

≠ TABS

Gebäudenutzungsarten



- Die Industrieflächenheizung hat
- allgemeine Vorteile im Vergleich zu anderen Heizsystemen
 - spezifische Vorteile je nach Hallennutzung



Allgemeine Vorteile

- Zusatznutzen
 - ASR und Kühlung

Ausgabe: Juni 2010
zuletzt geändert GMBI 2022, S. 198

Technische Regeln für Arbeitsstätten	Raumtemperatur	ASR A3.5
---	-----------------------	-----------------

ASR A1.5 und A 3.6

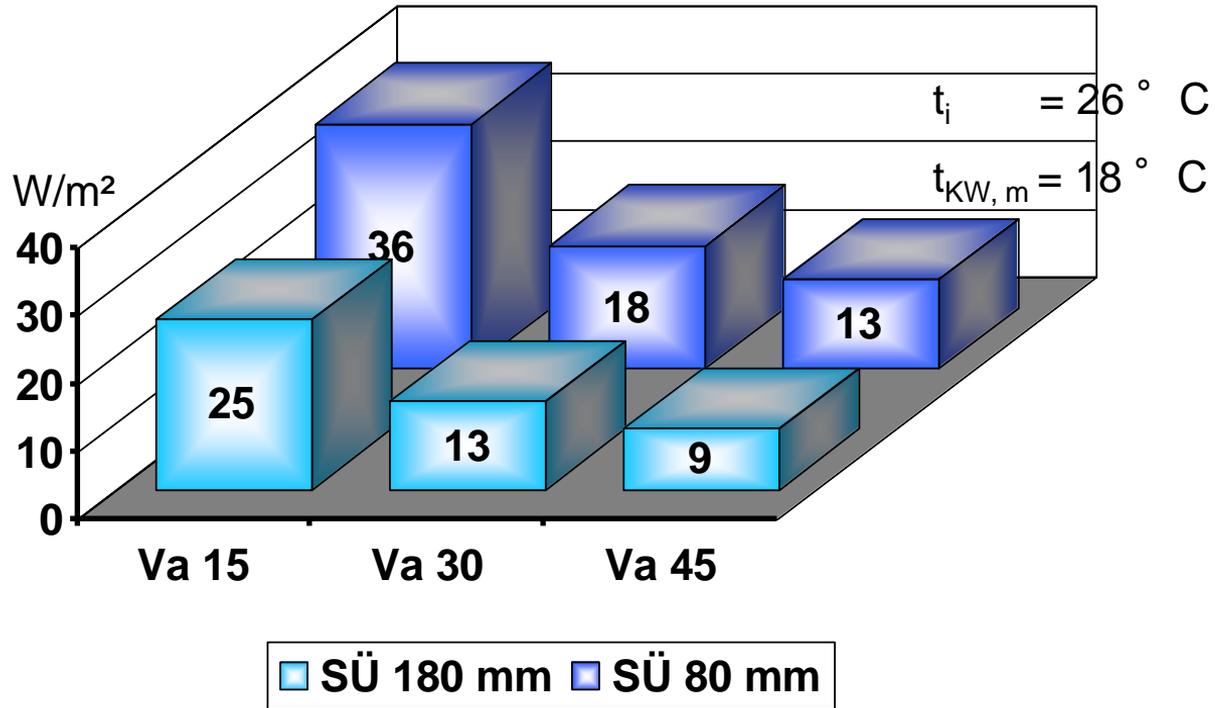
- ASR A 1.5
- “Ein ausreichender Schutz gegen **Wärmeableitung oder Wärmezuführung** liegt vor, wenn die Oberflächentemperatur des Fußbodens nicht mehr als 3°C unter oder 6°C über der Lufttemperatur liegt“.

- ASR A 3.6
- In den Aufenthaltsbereichen darf keine **unzumutbare Zugluft** auftreten. Zugluft ist vorwiegend von der Lufttemperatur, der Luftgeschwindigkeit, dem Turbulenzgrad und der Art der Tätigkeit (d. h. Wärmeerzeugung durch körperliche Arbeit) abhängig. Bei einer Lufttemperatur von $+20^{\circ}\text{C}$, einem Turbulenzgrad von 40 % und einer mittleren Luftgeschwindigkeit unter 0,15 m/s tritt bei leichter Arbeitsschwere üblicherweise keine unzumutbare Zugluft auf.

ASR A3.5 Raumtemperatur

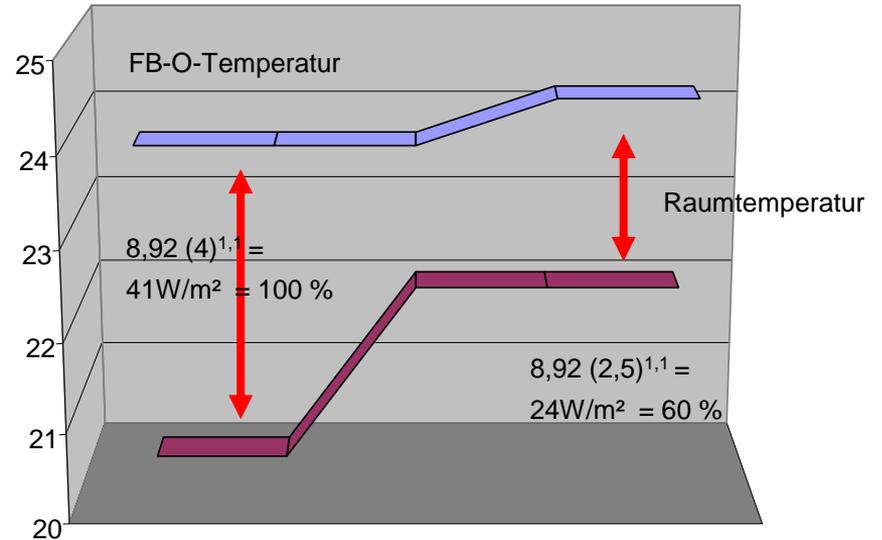
- Die Lufttemperatur in Arbeits- Pausen-, Bereitschafts-, Sanitär-, Kantinen- und Erste-Hilfe-Räumen soll **+26 ° C** nicht überschreiten. Bei Außenlufttemperaturen über **+26 ° C** gilt Punkt 4.4.
- Wenn die Außenlufttemperatur über **+26 ° C** beträgt, **sollen** beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von **+26 ° C** zusätzliche Maßnahmen (Tabelle 4) ergriffen werden. (geeignete Sonnenschutzmaßnahmen vorausgesetzt)
- Bei Überschreitung der Lufttemperatur im Raum von **+30 ° C** **müssen** wirksame Maßnahmen gemäß Gefährdungsbeurteilung ergriffen werden.
- Wird die Lufttemperatur im Raum von **+35 ° C** überschritten, so ist der Raum für die Zeit der Überschreitung ohne
 - technische Maßnahmen (z. B. Luftduschen, Wasserschleier),
 - organisatorische Maßnahmen (z. B. Entwärmungsphasen) oder
 - persönliche Schutzausrüstungen (z. B. Hitzeschutzkleidung),
nicht als Arbeitsraum geeignet.

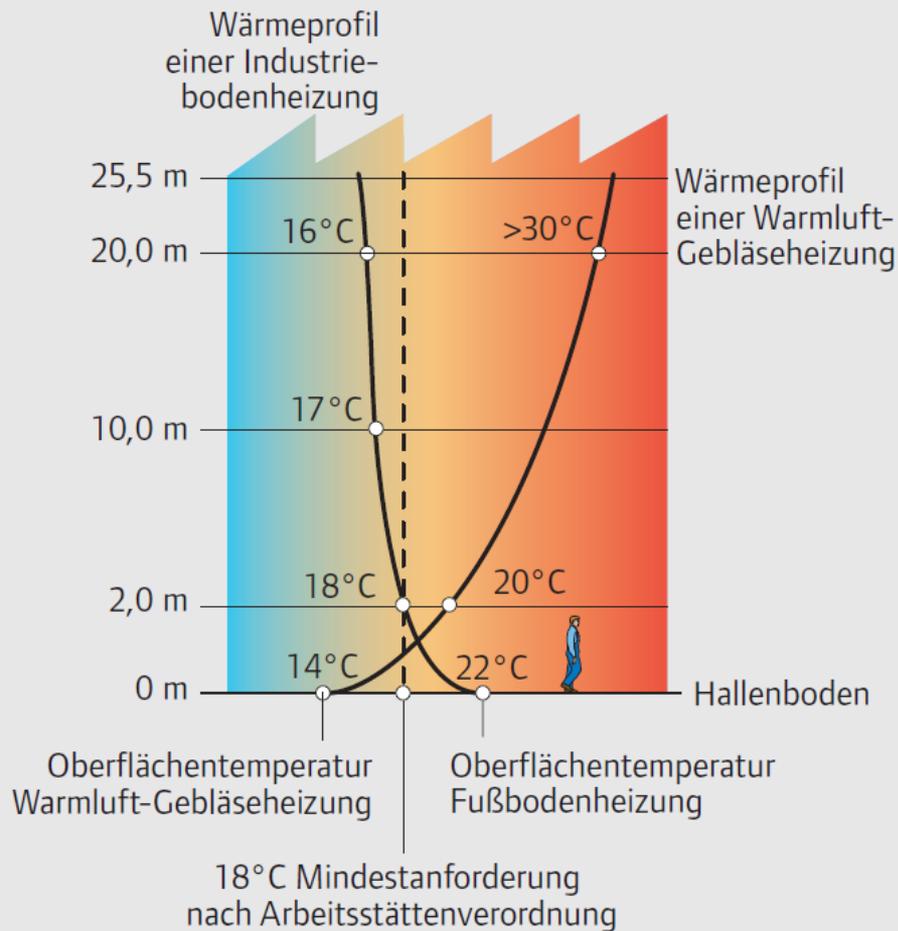
Kühlleistung



Allgemeine Vorteile

- Niedrige Systemtemperaturen
 - Energieeffizienz
 - Selbstregeleffekt
- Geringe Temperaturgradienten
 - Wärmebedarf nach DIN EN 12831





- Konstantes Temperaturniveau
- Niedrige Luftgeschwindigkeiten ohne Staubaufwirbelungen
- Effiziente und sichere Arbeitsumgebung

Fußbodenheizung
 $g_{Lt} = 0 \dots 0,3 \text{ K/m}$

Luftheizung
 $g_{Lt} = 0,4 \dots 1,0 \text{ K/m}$

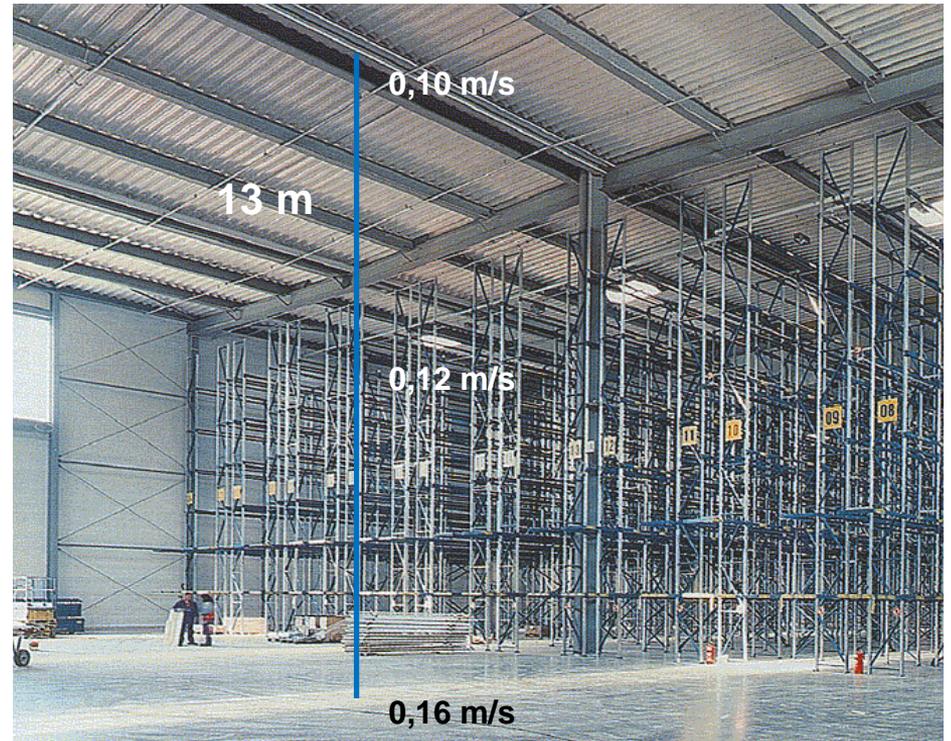
geringe Luftgeschwindigkeiten

Randbedingungen:

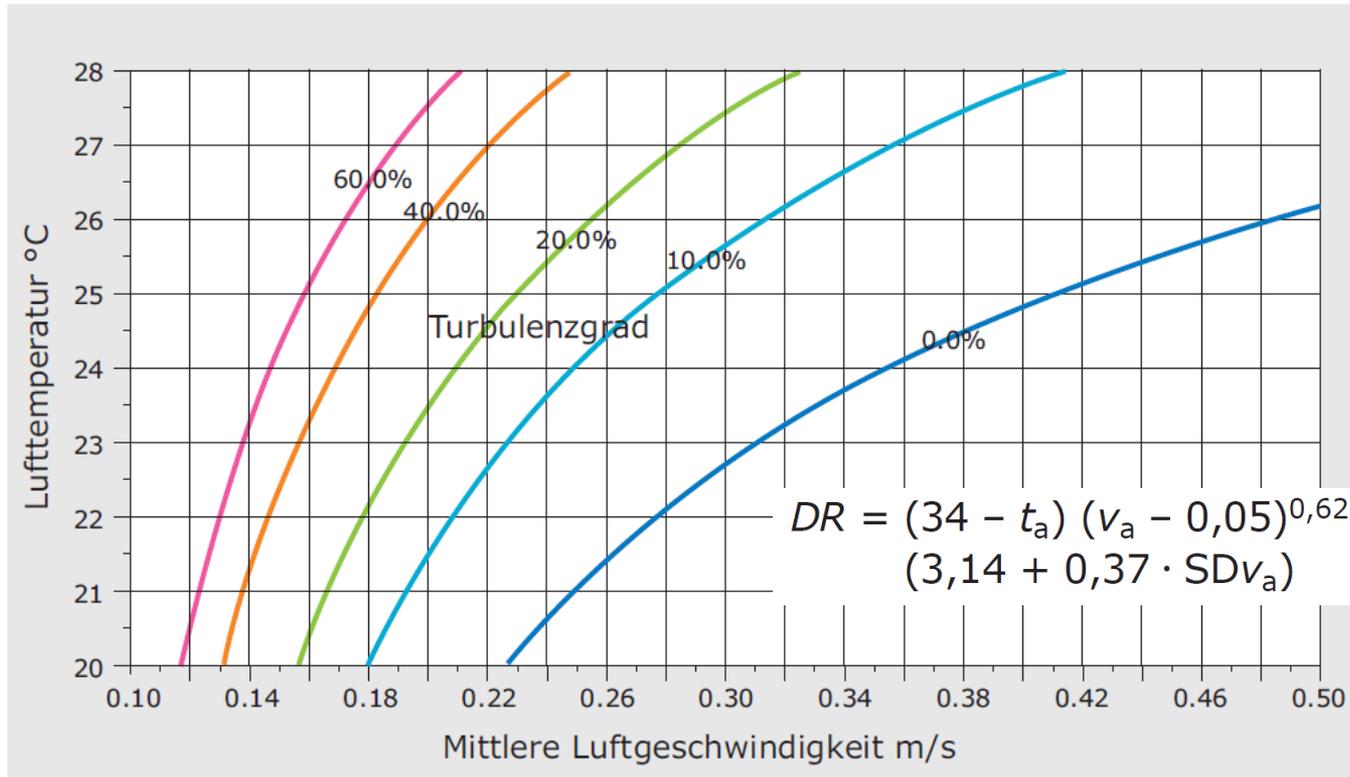
- Hochregallager 13 m
- Heizwärmestromdichte ca. 40 W/m²

Messergebnisse:

- niedrige mittlere Luftgeschwindigkeiten
- turbulenzarme Raumluft

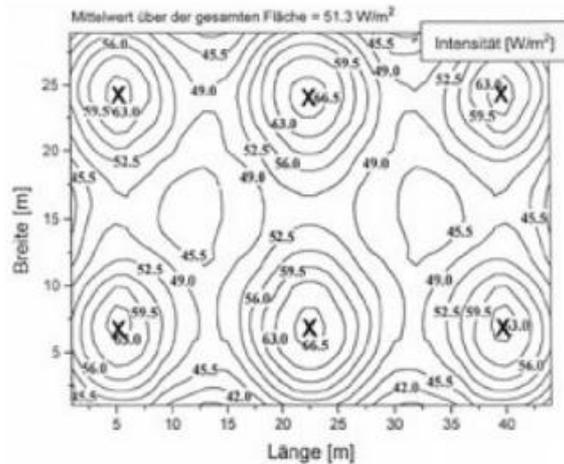


Luftgeschwindigkeiten

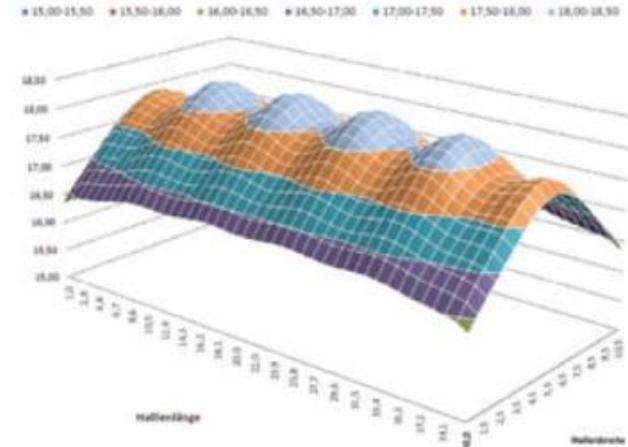


Behaglichkeit

Ist eine gleiche Behaglichkeit immer Bewertungsgrundlage?



Strahlungsintensität mehrerer Strahler



Temperaturverteilung in einer Halle

Spezifische Vorteile

Produktion:

- Die Abwärme aus Produktionsprozessen kann genutzt werden, um z.B. Lagerhallen zu beheizen. Dies reduziert die Energiekosten und die Investitionskosten in den benötigten Wärmeerzeuger.



Spezifische Vorteile

Wartungshallen:

- Ob Reparaturdepos für Eisenbahnen, Hangars für Flugzeugwartung oder einfache Kfz-Werkstätten: Immer, wenn großflächige Hallentore geöffnet werden findet ein Luftaustausch statt.



Spezifische Vorteile

Logistikhallen:

- Hier kommt es darauf an mit möglichst geringes Raumvolumen die benötigte Lagerfläche zur Verfügung zu stellen.



Logistikzentrum Hückelhoven



„Mit der nach außen gelegten Tragkonstruktion erreichten wir beispielsweise eine Volumenersparnis von ca.10 000 m³ und konnten gleichzeitig gestalterische Akzente setzen“.



„Rund 5 000 m³ konnten durch den Einbau einer Industrie-Fußbodenheizung eingespart werden.“

Dipl.-Ing. Arch. Michael Jühr

Mindestabstände

Mindestabstände

Strahlertyp	Mindestabstand im Strahlungsbereich						Mindestabstand ausserhalb Strahlungsbereich	
	Senkrecht- und Schrägstrahler	Aufhängehöhe Abstand zum Fussboden					Senkrecht- und Schrägstrahler	
primo+supra- schwank		Abstand zu brennbaren Stoffen	Senkrecht- strahler Mass A	Schrägstrahler Mass A				seitlich, vor- und hinter Strahler
	15°			30°	45°	60°		
10	min. 2,0 m	4,7 m	4,5 m	4,2 m	4,0 m	4,0 m	0,2 m	0,8 m
15	min. 2,0 m	5,7 m	5,5 m	5,1 m	4,5 m	4,0 m	0,2 m	0,8 m
20	min. 2,0 m	6,5 m	6,2 m	5,8 m	5,2 m	4,2 m	0,2 m	0,8 m
30	min. 2,3 m	8,0 m	7,5 m	7,2 m	6,3 m	5,2 m	0,2 m	0,8 m

Wartung: Luftsysteme und Deckenstrahler

ASR A 3.6

- Die RLT-Anlage darf nicht selbst zur Gefahrenquelle (z. B. durch Gefahrstoffe, Bakterien, Schimmelpilze oder Lärm) werden.
- Entsprechend § 4 Abs. 3 ArbStättV sind RLT-Anlagen nach den in Absatz 1 festgelegten Intervallen sachgerecht zu warten. Die Wartungsintervalle sind so festzulegen, dass die
 - technischen,
 - hygienischen und
 - raumluftechnischen (z. B. Einstellung und Zustand der Luftdurchlässe) Eigenschaften und der sichere Betrieb der Anlage während der gesamten Betriebszeit gewährleistet werden.

Deckenstrahlssysteme

- **Hellstrahler:** Strahlungsplatten werden direkt beheizt und auf hohe Temperaturen gebracht. Reflektoren leiten die Strahlungswärme gezielt in den Aufenthaltsraum. Die Verbrennung ist sehr sauber, weshalb kein Abgassystem erforderlich ist. Hellstrahler sind für Hallen mit mehr als **8 Meter** Höhe geeignet.
- **Dunkelstrahler** bestehen aus einem langen U-Rohr aus Stahl. An einem Ende befindet sich ein Brenner, der heiße Abgase durch das Rohr leitet. Letzteres erwärmt sich und strahlt Wärme mithilfe von Reflektoren gerichtet an den Raum ab. Die Oberflächentemperatur ist niedriger als bei Hellstrahlern, wodurch die Systeme für Hallen ab **4 Meter** Höhe geeignet sind. Die Abgase strömen über Abgassysteme **direkt über das Dach nach draußen**.
- **Wasserführende Deckenstrahlplatten** bestehen aus Stahlblechprofilen, die mit wasserführenden Rohrleitungen verbunden sind.

Zu beachten:

- Raumhöhen
- Strahlungstemperatur(asymetrien)
- Gleichmäßige Erwärmung?
- Zugänglichkeit
- Statik?
- U.U. Abgasführung
- Wartungsintervalle



Wartung

„ Vom Gesetzgeber ist vorgeschrieben, dass Gasfeuerungsanlagen mit Dunkelstrahlern aus Gründen der Funktionssicherheit, Betriebsbereitschaft und Wirtschaftlichkeit mindestens einmal jährlich überprüft werden müssen.“

Zu beachten:

BSP: Wartung

„ Bei staubhaltiger Luft reinigen Sie die Strahlerplatten periodisch mit Pressluft (Druck 5 bar, Düse 3 mm) wie folgt:

- Löcher der Keramikplatten von außen freiblasen
- Gerät durch Injektoröffnung von innen ausblasen
- Löcher der Keramikplatten nochmals von außen freiblasen

Aufgefischt im www



Nichts ist unmöglich ...

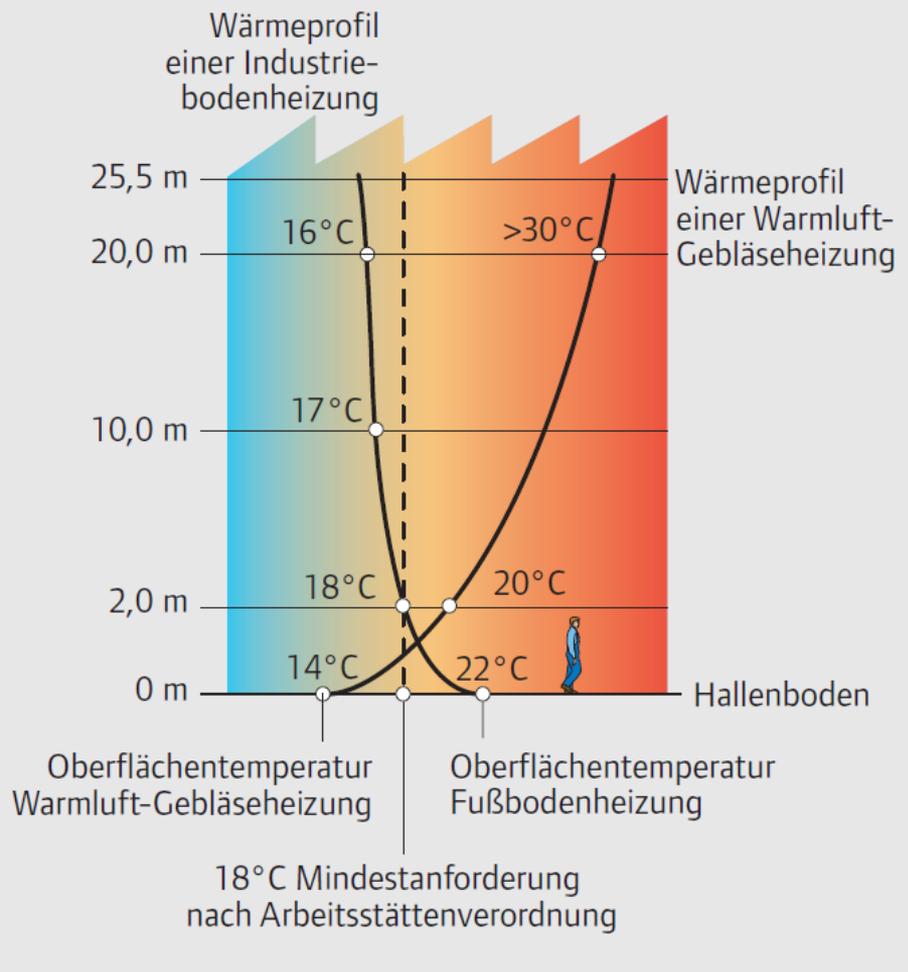
Im Dialog (2)

Die Flächenheizung in Hallen - Energieeffizienz

Mit Sven Petersen

uponor





➤ Geringer Temperaturgradient

Fußbodenheizung
 $g_{Lt} = 0 \dots 0,3 \text{ K/m}$

Luftheizung
 $g_{Lt} = 0,4 \dots 1,0 \text{ K/m}$

Gebäudeenergiegesetz (GEG) Hallenheizsystem im Vergleich

Hierbei gelten die seit 01.01.2016 verschärfte Anforderungswerte ($Q_{P, Ref} - 25\%$; verringerte U_{max}) auch für dezentral beheizte Hallen.

Dezentral beheizte Hallen werden von der geltenden Nutzungspflicht für erneuerbare Energien ausgeschlossen.

„Es wird somit die eine Ausnahmeregelung durch eine neue Ausnahmeregelung ersetzt. Diese Zwischenlösung wird von allen Verbändepartnern als durchaus kritisch betrachtet.“



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit
Herrn Ministerialrat Peter Rathert
Referat B 13
Stresemannstr. 128 – 130
10117 Berlin

Bonn, den 31. März 2016

**Verbändekooperation zur „Erarbeitung technischer Anregungen zur künftigen
Behandlung von Hallengebäuden im Energiesparrecht“**

Sehr geehrter Herr Rathert,

Heizlast Hallen

- Heizlast ist heizsystemabhängig
- Pauschale Annahme eines Luftwechsels von $0,5 \text{ h}^{-1}$ bis 2 h^{-1} zu hoch
- Praxiserfahrung: $0,1 \text{ h}^{-1}$ bis $0,3 \text{ h}^{-1}$

Empfehlungen

- Außenluftvolumenstrom entsprechend der Technologie und der Personen (ASR) festlegen
- Einfluss großer Tore nach DIN EN 12831 berücksichtigen



4.17.2 Schätzung des Außenluftvolumenstroms durch große Öffnungen

4.17.2.1 Allgemeines und Bilanz der effektiven Volumenströme

EN 12831 (alt)

Heizlastdichte < 60 W/m² : $\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i}$

Tabelle B.1 — Raumhöhenkorrekturfaktor, f_{hi}

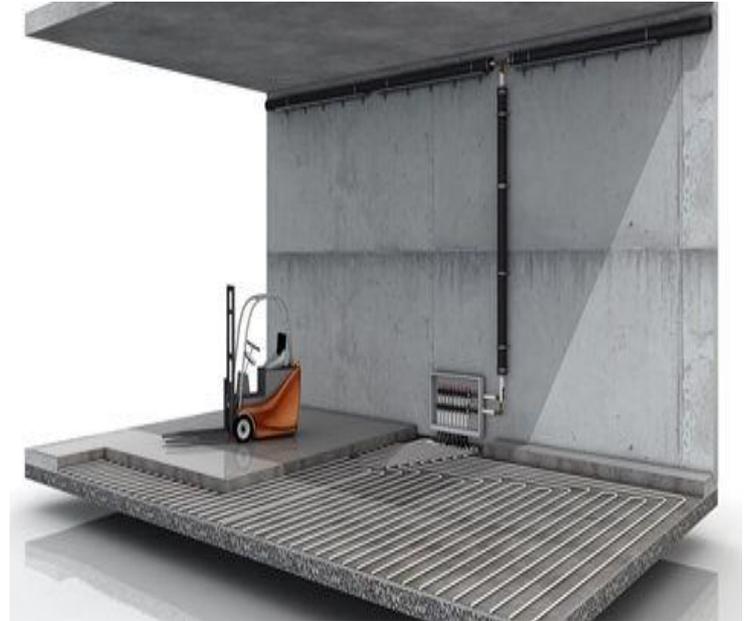
Heizverfahren und Art oder Anordnung der Raumheizflächen	f_{hi}	
	Höhen des beheizten Raumes	
	5 m bis 10 m	10 m bis 15 m
ÜBERWIEGEND STRAHLUNG		
Warmer Fußboden	1	1
Warme Decke (Temperaturniveau < 40 °C)	1,15	nicht geeignet
abwärts gerichtete Strahlung mittlerer und hoher Temperatur aus großer Höhe	1	1,15
ÜBERWIEGEND KONVEKTIV		
Natürliche Warmluftkonvektion	1,15	nicht geeignet
ZWANGSKONVEKTION WARMLUFT		
Querstrom aus niedriger Höhe	1,30	1,60
abwärts gerichtet aus großer Höhe	1,21	1,45
Querstrom mittlerer und hoher Temperatur aus mittlerer Höhe	1,15	1,30

EN 12831 (neu)

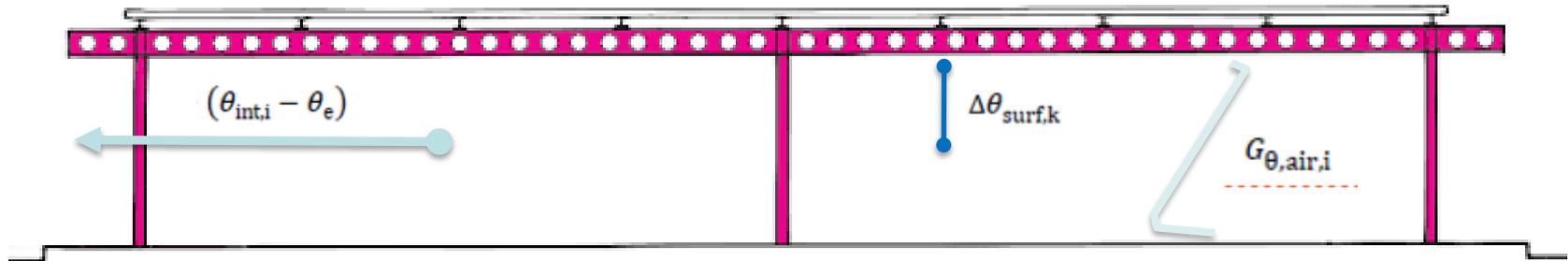
Hohe Räume ($h > 4 \text{ m}$)

Parameter der Wärmeübergabe

Wärmeübergabesystem	Lufttemperaturgradient	Unterschied zwischen Lufttemperatur und operativer Temperatur	Korrekturterm für den Einfluss des Wärmeübergabesystems auf Oberflächentemperaturen
	$G_{\text{air},j}$ in K/m	$\Delta\theta_{\text{rad},j}$ in K	$\Delta\theta_{\text{surf},j}$ in K
Luftheizung ohne Warmluftrückführung (z. B. Deckenventilatoren)	1,00	0,00	0,00
Luftheizung mit zusätzlicher Warmluftrückführung (z. B. Deckenventilatoren)	0,35	0,00	0,00
Deckenstrahlplatten	0,35	1,50	0,00
Dunkelstrahler	0,20	1,50	0,00
Hellstrahler	0,20	1,50	0,00
bauteilintegrierte Flächenheizung	0,20	1,50	1,50
Heizkörper/Radiatoren	1,00	0,00	0,00



Definition der Faktoren



$\theta_{\text{int},i}$ die Norm-Innentemperatur,

θ_e die Norm-Außentemperatur,

$G_{\theta,\text{air},i}$ der Lufttemperaturgradient des im Raum (i) genutzten Wärmeabgabesystems, K/m

$\Delta\theta_{\text{surf},k}$ der Korrekturterm zur Berücksichtigung der Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur (z. B. erhöhte Fußboden- oder Wandtemperaturen aufgrund von Bestrahlung durch Heizstrahler usw.), K

$\Delta\theta_{\text{rad}}$ der Korrekturterm zur Berücksichtigung der Differenz zwischen Luft- und Betriebstemperaturen, K

Berechnungsansatz

Transmissionswärmeverlust

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (4)$$

$$\Phi_{T,ix} = H_{T,ix} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5)$$

mit

$\Phi_{T,i}$	die (Gesamt-)Norm-Transmissionswärmeverlust des beheizten Raums (i),	W
$\Phi_{T,ix}$	die Norm-Transmissionswärmeverlust des beheizten Raums (i) an einen weiteren Raum (x), bei dem (x) Folgendes ist, entweder:	W
$H_{T,ix}$	die Transmissionswärmetransferkoeffizient des beheizten Raums (i)	W/K

Korrektur für Bauteile mit Abweichungen von $(\theta_{int,i} - \theta_e)$:

Temperaturanpassungsfaktor: $f_{ix,k}$

Berechnungsansatz

Der Temperaturanpassungsfaktor $f_{ix,k}$ muss wie folgt berechnet werden:

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2 \quad (9)$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (10)$$

$$f_2 = \frac{\theta^*_{int,k} - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (11)$$

mit f_2 die Anpassung für Abweichungen zwischen der Norm-Innentemperatur eines Raums (i) – und der mittleren Oberflächentemperatur des Bauteils (k) nach Gleichung (11) und Tabelle 8,

Tabelle 8 – Temperaturen der Innenflächen

Raumhöhe des betrachteten Raums (i)	$\theta^*_{int,k}$	Bemerkungen
	[°C]	
< 4 m	$\theta_{int,i}$	$\rightarrow f_2 = 0$
≥ 4 m („hohe Räume“)	$\theta^*_{int,k}$	Mittlere Temperatur der inneren Oberflächen nach 6.3.8.2

Berechnungsansatz

Die Berechnung der Wärmeverluste an andere beheizte Räume, andere beheizte Räume in Nachbargebäuden oder durch unbeheizte Räume nach außen folgt grundsätzlich demselben Schema. In der Bestimmungsgleichung für $H_{T,x}$ [W/K] wird ein zusätzlicher Faktor f_x [ohne Einheit] eingeführt. Der Platzhalter "x" wird steht für folgende Indices:

- "ie" - Wärmeverlust des beheizten Raumes von innen (i) direkt nach außen (e),
- "ia" - Wärmeverlust von innen (i) zu einem angrenzenden beheizten Raum (a),
- "iaBE" - Wärmeverlust von innen (i) zu einem angrenzenden beheizten Raum (a) in einer anderen Gebäudeeinheit
- "iae" - Wärmeverlust von innen (i) über einen angrenzenden unbeheizten Raum (a) nach außen (e),
- "ig" - Wärmeverluste von innen (i) an das Erdreich (g).

$$\rightarrow H_{T,x} = \Sigma A \cdot (U + \Delta U_{WB}) \cdot f_x$$

Für den Temperaturkorrekturfaktor gilt folgende allgemeine Bestimmungsgleichung:

$$f_x = f_1 + f_2 = \frac{\theta_{int} - \theta_x}{\theta_{int} - \theta_e} + \frac{\theta_{int}^* - \theta_{int}}{\theta_{int} - \theta_e} \hat{=} \frac{\theta_{int} - \theta_x}{\theta_{int} - \theta_e}$$

Berechnungsansatz

Es sind folgende Temperaturen relevant: die Norm-Innentemperatur des Raumes, für den die Heizlast berechnet wird (θ_{int}), die Norm-Außentemperatur (θ_e), die Nachbarraumtemperatur bzw. die Temperatur hinter einer betrachteten Hüllfläche (θ_x) sowie die mittlere Temperatur der inneren Raumbooberflächen (θ_{int}^*). Die Norm definiert, dass der Term f_2 nur berechnungsrelevant wird, wenn die Heizlast für Räume großer Höhe (> 4 m) berechnet wird. Anderenfalls vereinfacht sich der Ansatz wie folgt

$$f_x = f_1 = \frac{\theta_{int} - \theta_x}{\theta_{int} - \theta_e}$$

Beispiel:

Für einen Raum mit $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ \text{ C}$

und einen unbeheizten Nachbarraum mit $\theta_u = 5 \text{ }^\circ \text{ C}$

ergibt sich bei einer Außentemperatur von $\theta_e = -10 \text{ }^\circ \text{ C}$ ein Wert

$f_x = f_{iae} = (20-5) / (20-(-10)) = 0,5$.

Berechnungsansatz

Innenflächentemperatur

$$\theta_{\text{int},k}^* = \theta_{\text{int},i} + G_{\theta,\text{air},i} \cdot (h_k - h_{\text{occup},i}) + \Delta\theta_{\text{surf},k} \quad (48)$$

Dabei ist

$\theta_{\text{int},k}^*$ die mittlere Temperatur der Innenflächen für den Bauteil (k),

$\theta_{\text{int},i}$ die Norm-Innentemperatur des Raums (i), der die Bauteile (k) umfasst,

$G_{\theta,\text{air},i}$ der Lufttemperaturgradient des im Raum (i) genutzten Wärmeabgabesystems,

$\Delta\theta_{\text{surf},k}$ der Korrekturterm zur Berücksichtigung der Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur (z. B. erhöhte Fußboden- oder Wandtemperaturen aufgrund von Bestrahlung durch Heizstrahler usw.),

h_k die mittlere Höhe des betrachteten Bauteils (k) über dem Fußboden,

Sofern im selben Raum signifikant unterschiedliche Bodenhöhen vorliegen, dürfen die flächengewichtete mittlere Bodenhöhe als Fußbodenniveau angesetzt und die weiteren für diesen Raum relevanten Höhenwerte entsprechend angepasst werden.

$h_{\text{occup},i}$ die Höhe des Aufenthaltsbereichs für einen Raum (i),

°C

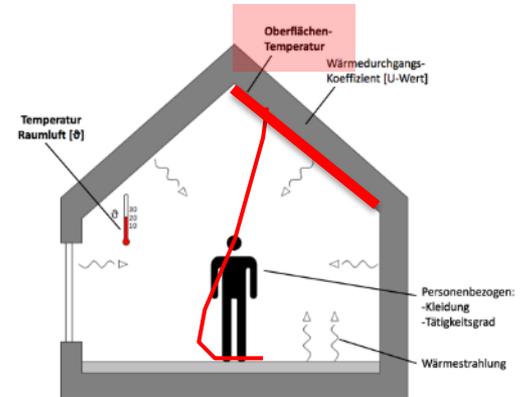
°C

K/m

K

m

m



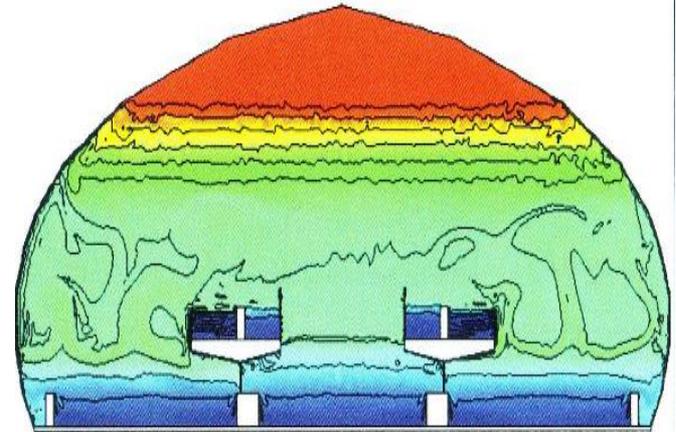
Berechnungsansatz

Innenlufttemperatur

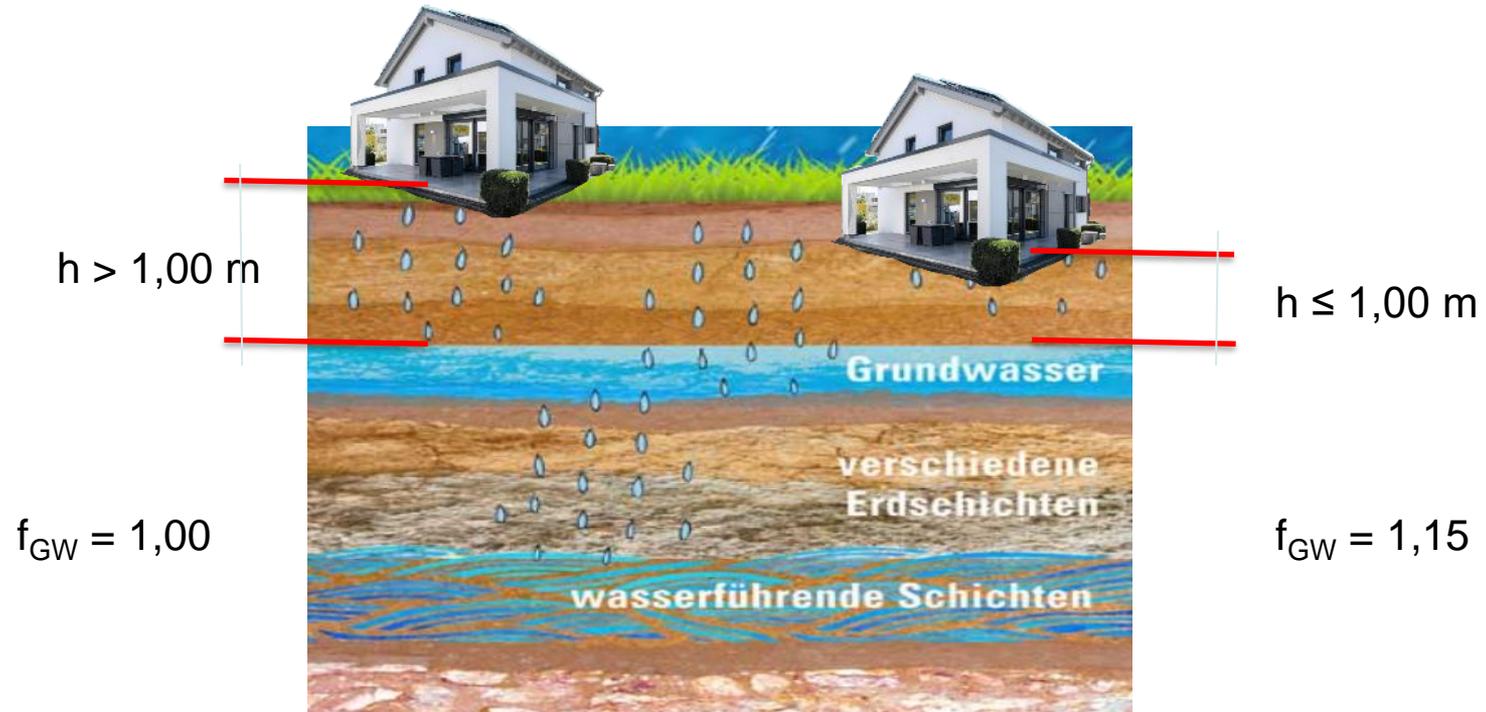
$$\theta_{\text{int},i}^* = \theta_{\text{int},i} + G_{\theta,\text{air},i} \cdot \left(\frac{h_i}{2} - h_{\text{occup},i} \right) - \Delta\theta_{\text{rad}} \quad (49)$$

Dabei ist

$\theta_{\text{int},i}^*$	die mittlere Innenlufttemperatur für den betrachteten Raum (i), $\theta_{\text{int},i}^*$ hängt ab von	°C
	— der mittleren Raumhöhe und	
	— dem Wärmeabgabesystem (Temperaturgradient, konduktiver/Strahlungs-/konvektiver Wärmetransport)	
$\theta_{\text{int},i}$	die Norm-Innentemperatur des Raums (i),	°C
$G_{\theta,\text{air},i}$	der Lufttemperaturgradient des im Raum (i) genutzten Hauptwärmeübergabesystems,	K/m
$\Delta\theta_{\text{rad}}$	der Korrekturterm zur Berücksichtigung der Differenz zwischen Luft- und Betriebstemperaturen,	K
h_i	die mittlere Raumhöhe des betrachteten Raums (i),	m
$h_{\text{occup},i}$	die Höhe des Aufenthaltsbereichs für einen Raum (i),	m



Temperaturkorrekturfaktor erdreichberührende Bauteile



Erdreichberührende Bauteile

Ermittlung des Wertes U_{equiv} gemäß NA (3)

$$U_{equiv} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n1} + (c_2 + z)^{n2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n3}} + d \quad \text{NA (3)}$$

mit

$$B' = A_g / (0,5 \cdot P) \quad \text{NA (4)}$$

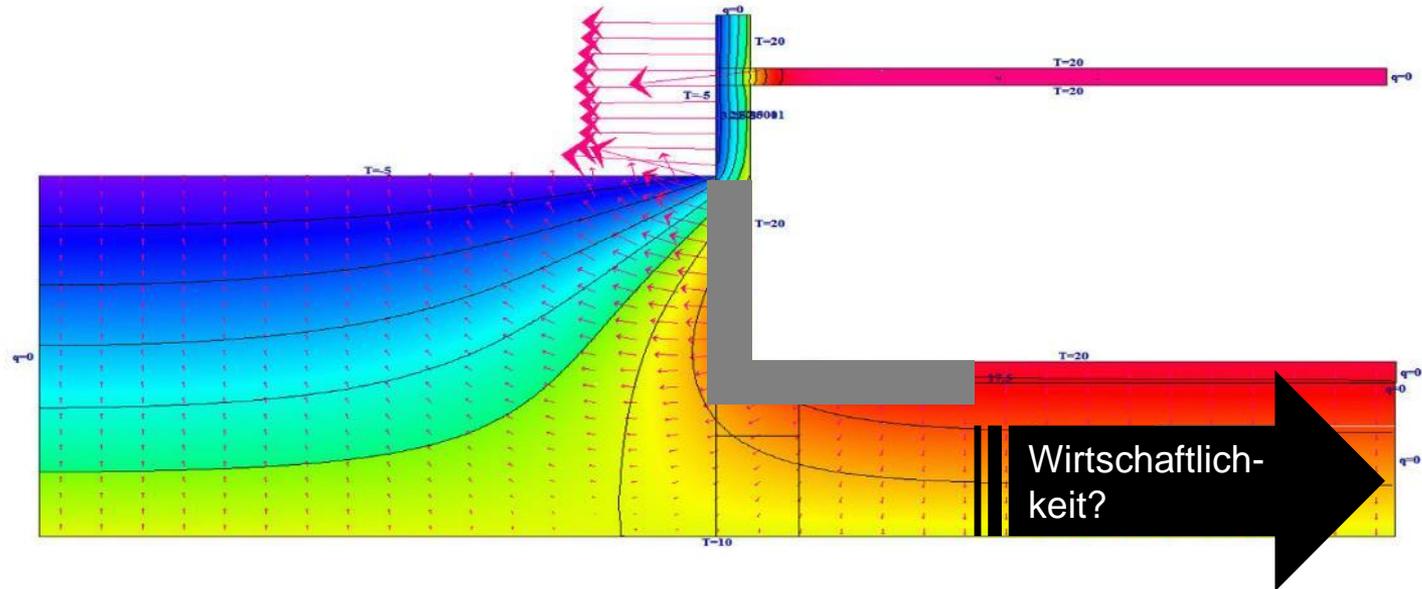
U_k = U-Wert des Bauteils

ΔU_{TB} = Wärmebrückenzuschlag

und den Konstanten aus NA Tab 3

Tab 3	a	b	c1	c2	c3	n1	n2	n3	d
Bodenplatte	0,9671	-7,4550	10,7600	9,7730	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Wände	0,9333	-2,1552		1,4660	0,1006		0,4533	-1,0068	-0,0692

Erdreichberührende Bauteile



GEG Anlage 3 (zu § 19)

Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (Nichtwohngebäude)

Bei der Berechnung des Mittelwerts des jeweiligen Bauteils sind die Bauteile nach Maßgabe ihres Flächenanteils zu berücksichtigen.

Die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen gegen unbeheizte Räume (außer Dachräumen) oder Erdreich sind zusätzlich mit dem Faktor 0,5 zu gewichten.

Bei der Berechnung des Mittelwerts der an das Erdreich angrenzenden Bodenplatten bleiben die Flächen unberücksichtigt, die mehr als 5 m vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind.

Senkrechte Dämmung

Auslegung XIX-5 zu Anlage 2 Absatz 2.3 EnEV 2013 (Berechnung des Mittelwerts des Wärmedurchgangskoeffizienten)

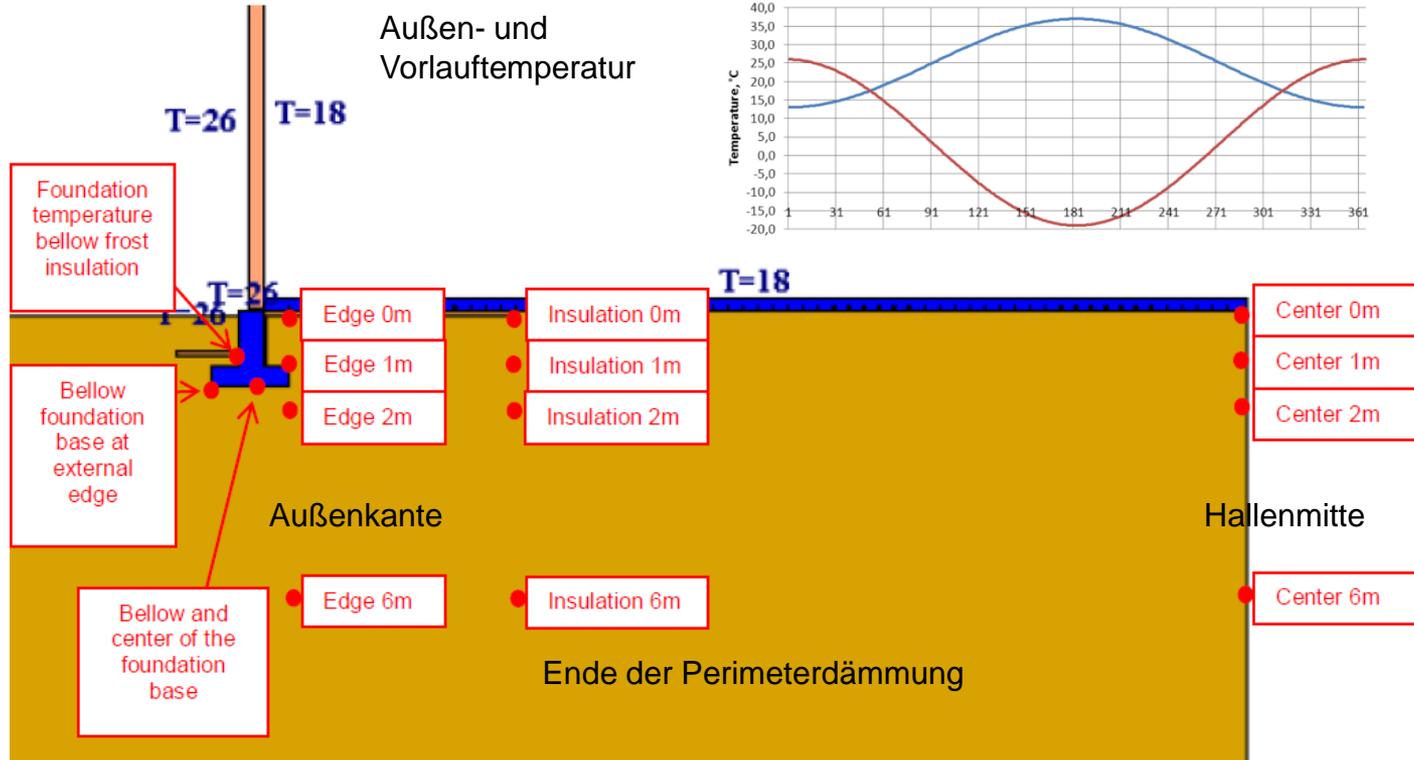
Frage:

- Bei der Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten opaker Bauteile nach Anlage 2 Nummer 2.3 EnEV 2013 wird eine ans Erdreich grenzende Bodenplatte über den "konstruktiven Wärmedurchgangskoeffizienten" für diejenigen Teilflächen berücksichtigt, die bis zu 5 m vom äußeren Gebäuderand entfernt sind. Inwieweit kann dabei eine Perimeterdämmung, die vertikal in das Erdreich verbaut ist, als gleichwertige Lösung zu einer horizontalen Dämmschicht angesehen werden?

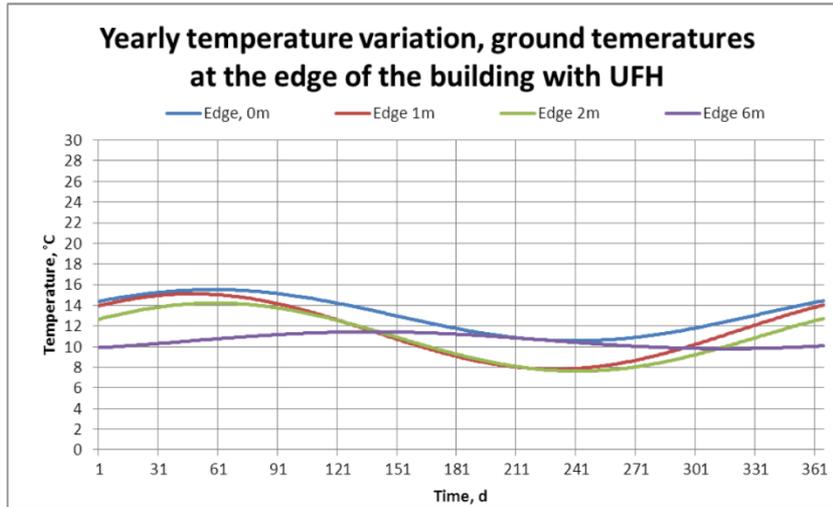
Antwort:

- Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, anstelle einer Dämmung welche unterhalb der Bodenplatte angeordnet ist, eine vertikale Perimeterdämmung vorzusehen. **Gemäß DIN V 18599-2, Tabelle 5, ist eine energetische Gleichwertigkeit näherungsweise gegeben, wenn anstelle der 5 m breiten, waagerechten Anordnung einer Dämmschicht eine 2 m hohe, senkrecht angeordnete Dämmung mit demselben Wärmedurchlasswiderstand eingebaut wird.**

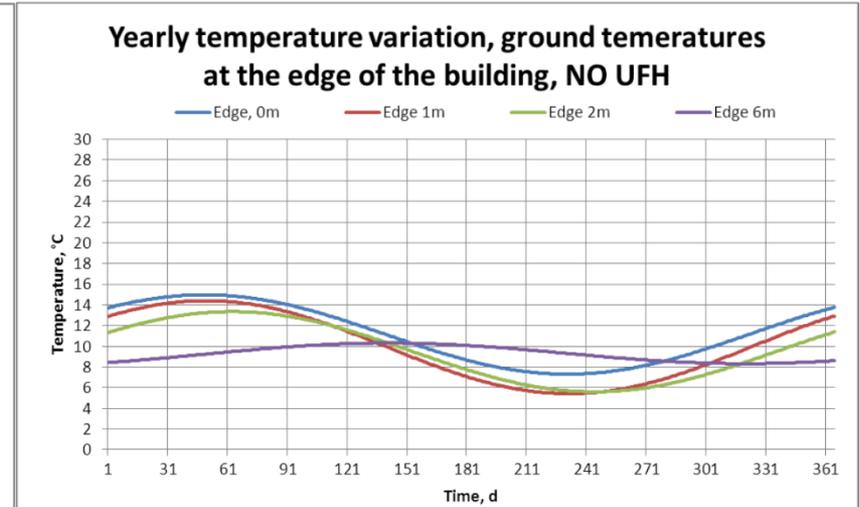
Simulation Wärmelinse



Temperatur an der Außenkante



mit Industrieflächenheizung

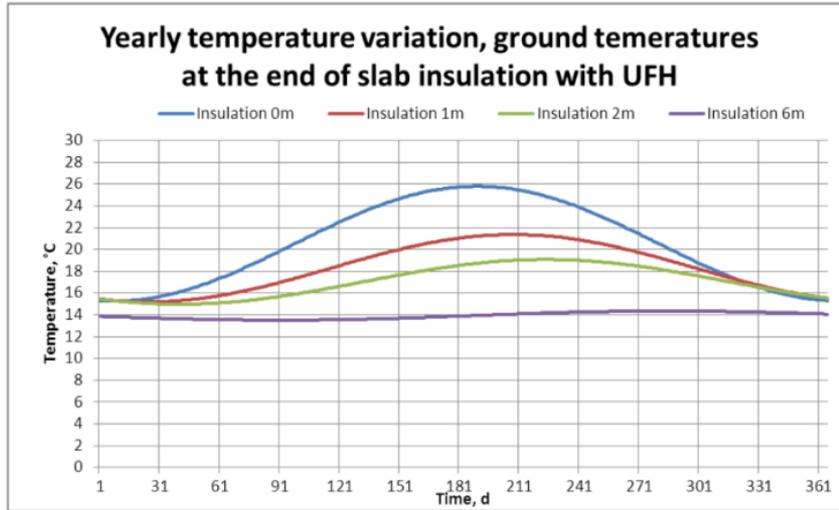


ohne Industrieflächenheizung

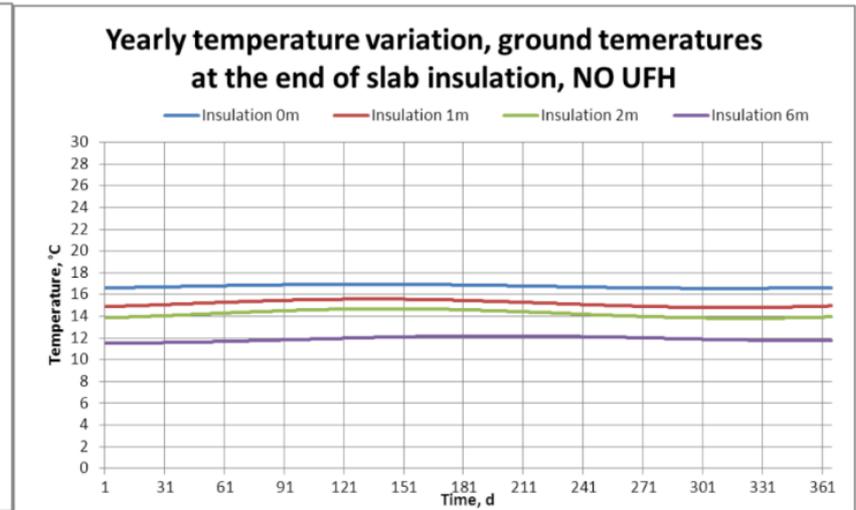
Optisch kein Unterschied:

Die Wärmelinse reicht bei einer Perimeterdämmung nicht über den Rand des Gebäudes hinaus

Temperaturen am Ende der Perimeterdämmung



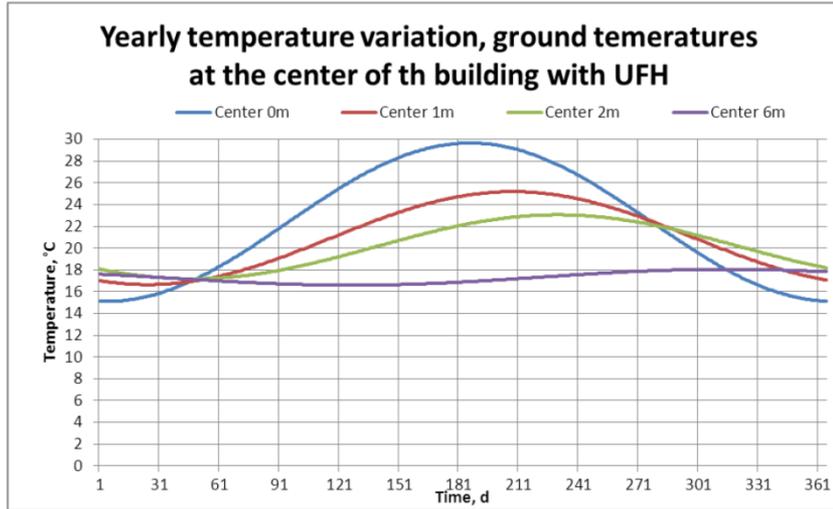
mit Industrieflächenheizung



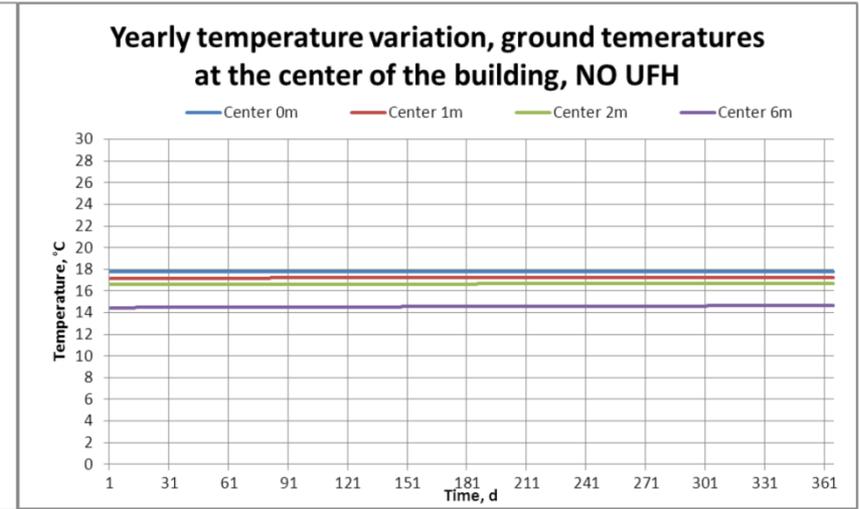
ohne Industrieflächenheizung

Die Wärmelinse ist deutlich zu sehen. Bodentemperatur (6m) 2° C höher.

Temperaturen Hallenmitte



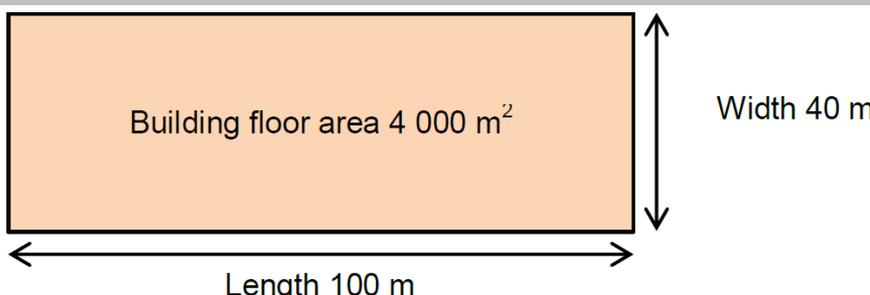
mit Industrieflächenheizung



ohne Industrieflächenheizung

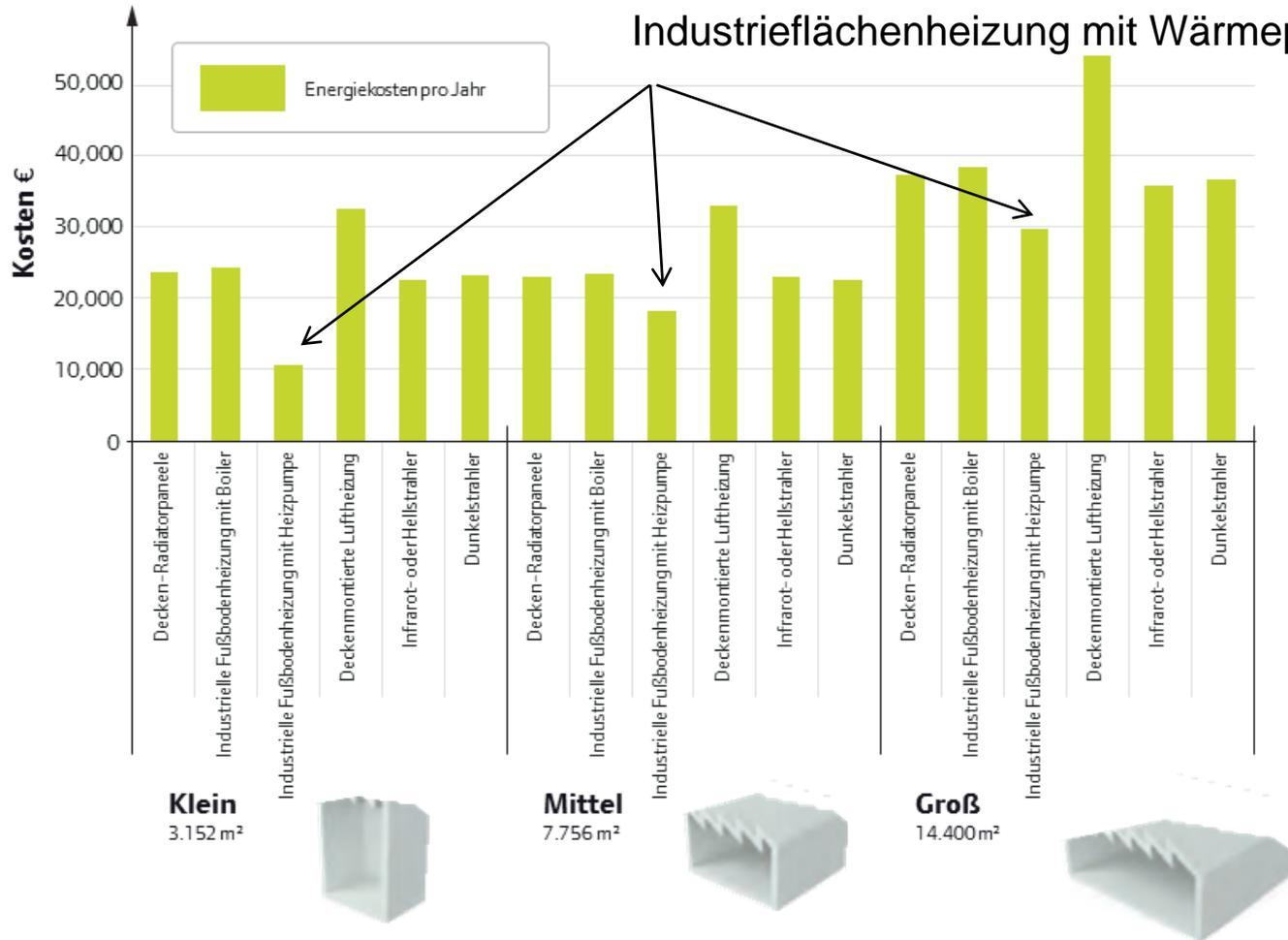
Wärmelinse nicht tiefer als 6m, Bodentemperatur (6m) 4° C höher.

Wärmeverlust

 <p>Building floor area 4 000 m²</p> <p>Width 40 m</p> <p>Length 100 m</p> <p><i>Picture 5. Studied building plan.</i></p>	Ground constant temperature 10 °C in depth of 30 meters			
	UFH	Ideal heating	Difference between UFH and ideal heating	
Delivered energy during heating season, MWh	726	726		
Downward energy loss during heating season, MWh	68	26		
Total delivered heating energy, MWh	794	752	41,8	5,6 %
Annual total heating energy cost, €	47624	45113	2511	5,6 %

Kalkuliert gegenüber einer (nicht existierenden) idealen Heizung ohne Verluste

Industrieflächenheizung mit Wärmepumpe



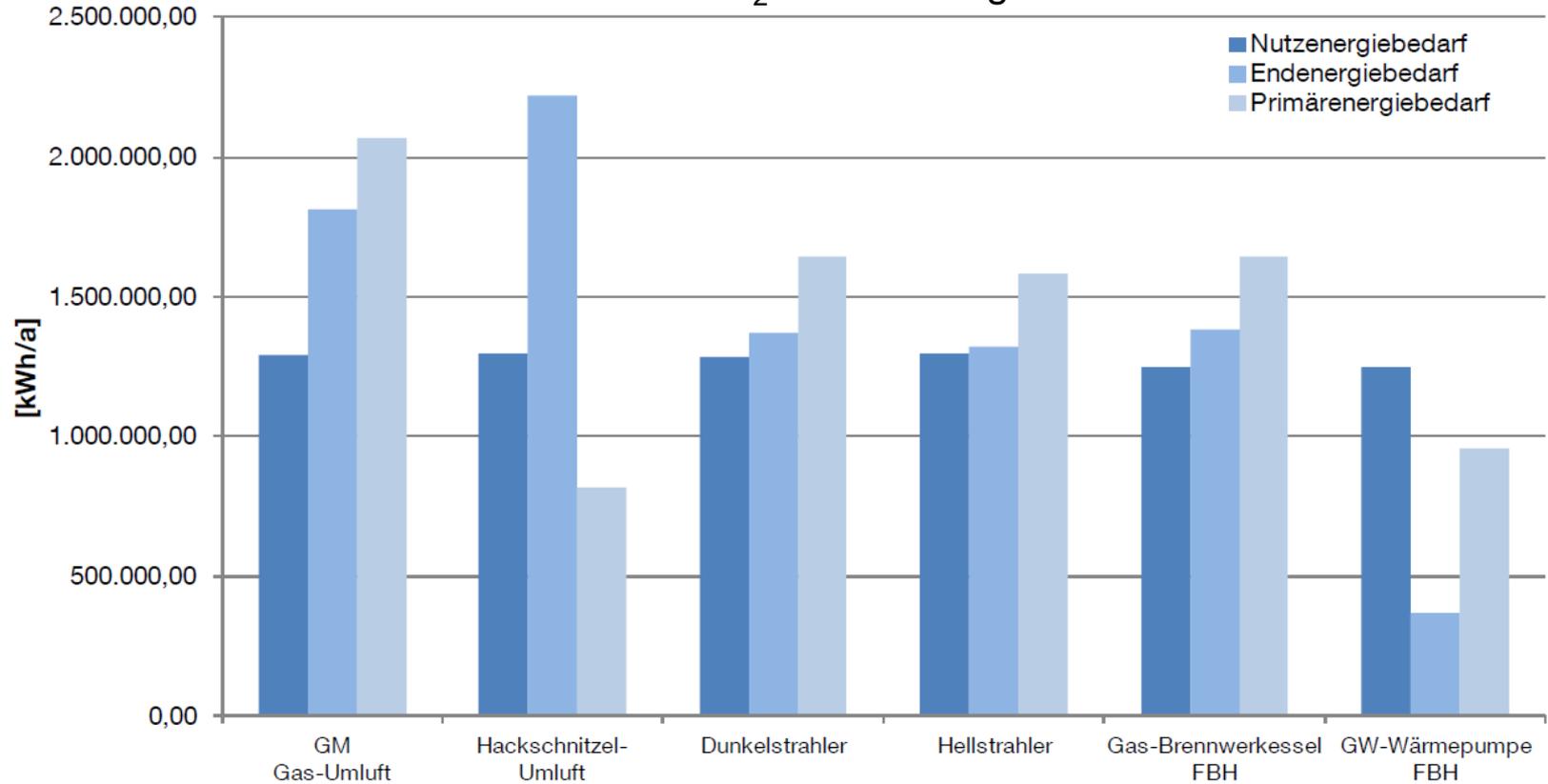
Quelle: Hausladen: Das CO₂-neutrale Logistikzentrum

Abbildung 5.52: Vergleich von Nutz-, End- und Primärenergiebedarf der manuellen Lagerhalle ohne Intralogistik, 17 °C, bei unterschiedlichen Wärmeübergabesystemen

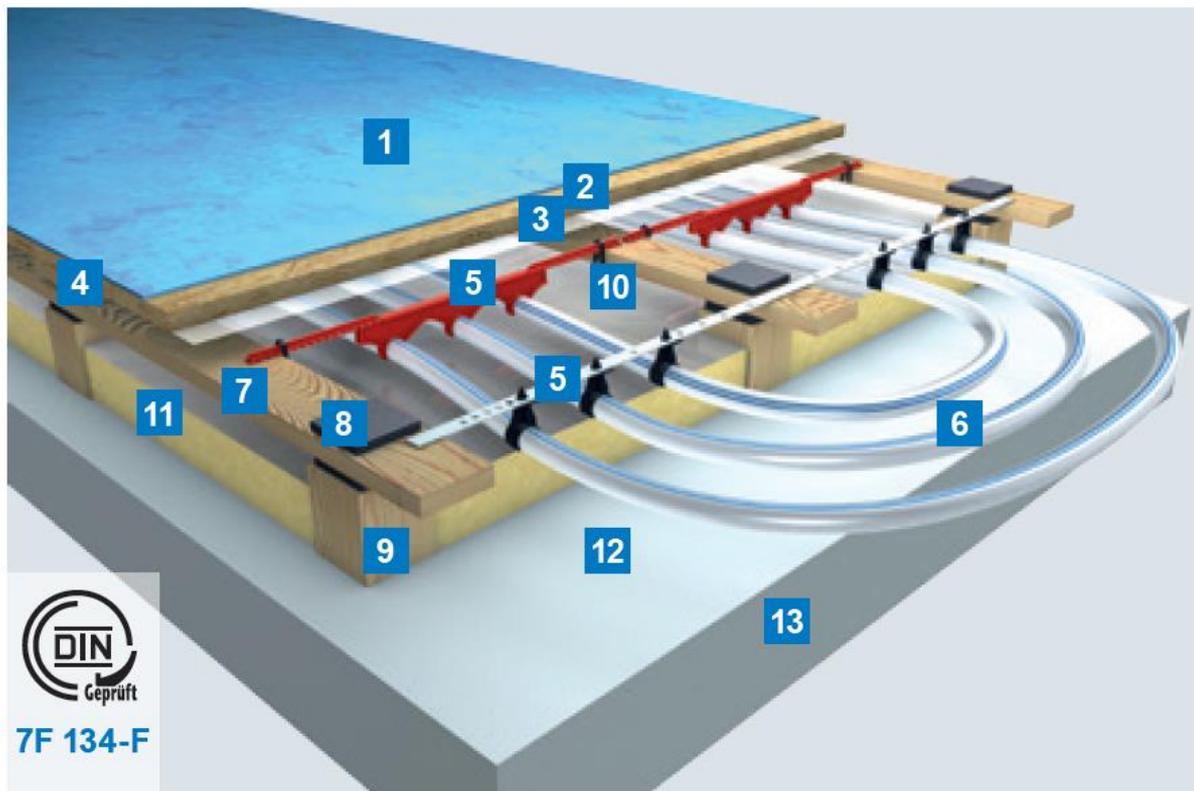
Im Dialog (3)

Die Flächenheizung in Hallen - Ausführung

Mit Sven Petersen

uponor



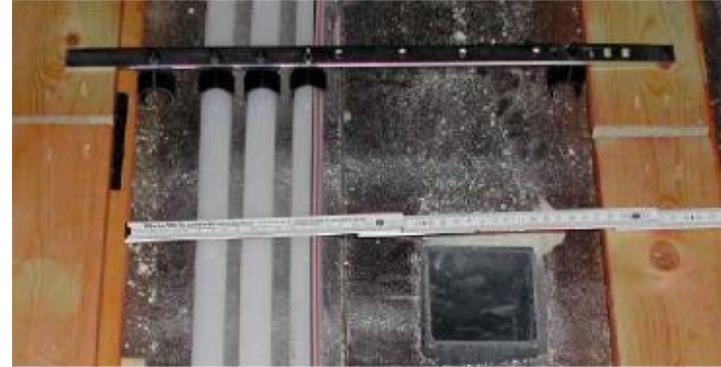


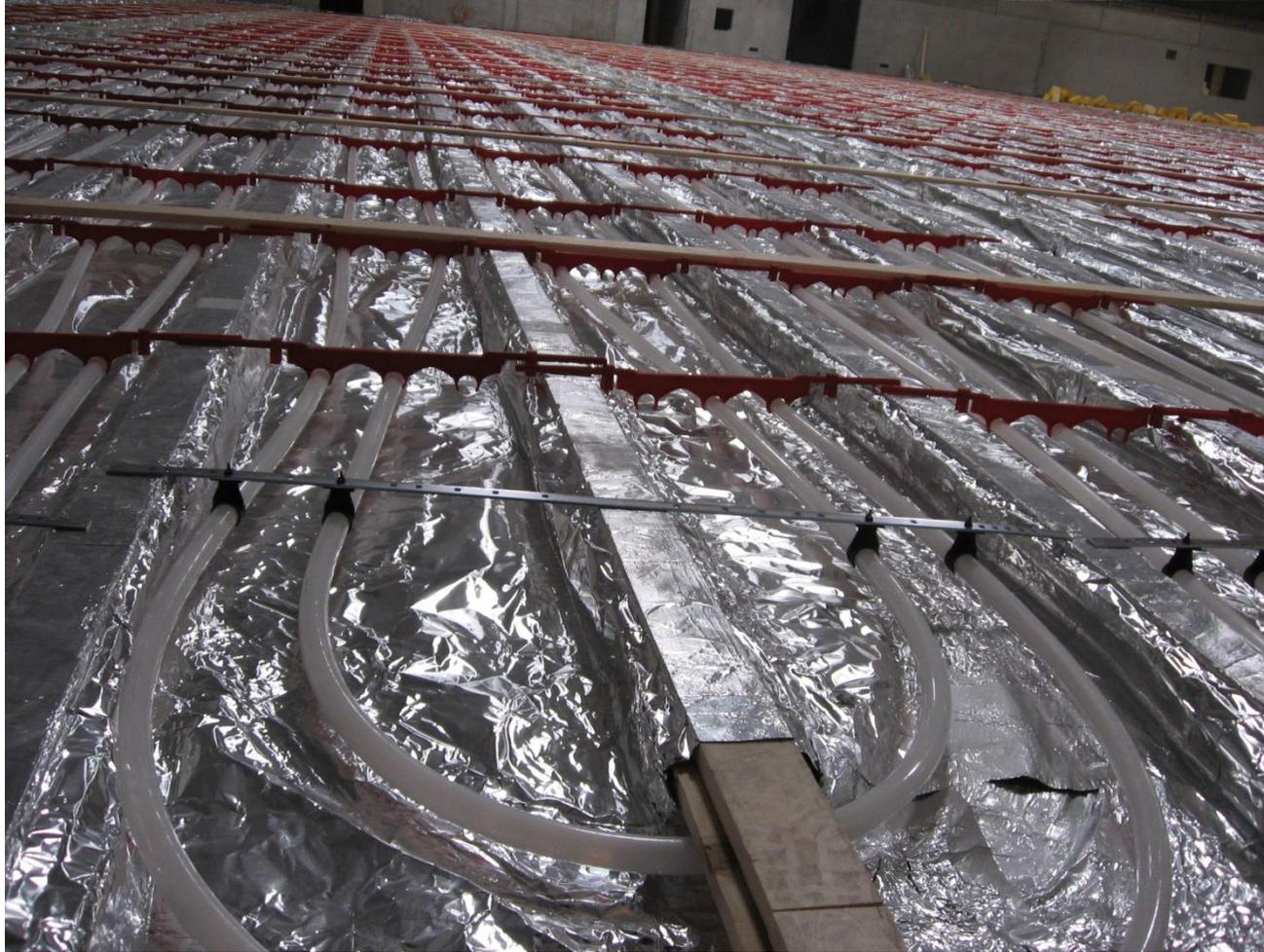
Beispielaufbau einer Uponor Sport Schwingbodenheizung

- 1 Linoleum-Belag
- 2 Holzspanplatte
- 3 PE-Folie
- 4 Blindboden
- 5 Uponor Sport Rohrhalter
- 6 Uponor Comfort Pipe PLUS PE-Xa Rohr
- 7 Schwingträger
- 8 Elastikpads
- 9 Auffütterungsklotz
- 10 Luftraum
- 11 Wärmedämmung
- 12 Bauwerksabdichtung
- 13 Beton

Bei der Uponor Schwingbodenheizung werden die Heizrohre für eine optimale Wärmeabgabe mittels spezielle Halteschienen direkt unter den Blindboden installiert.

Schwingbodenhalterung

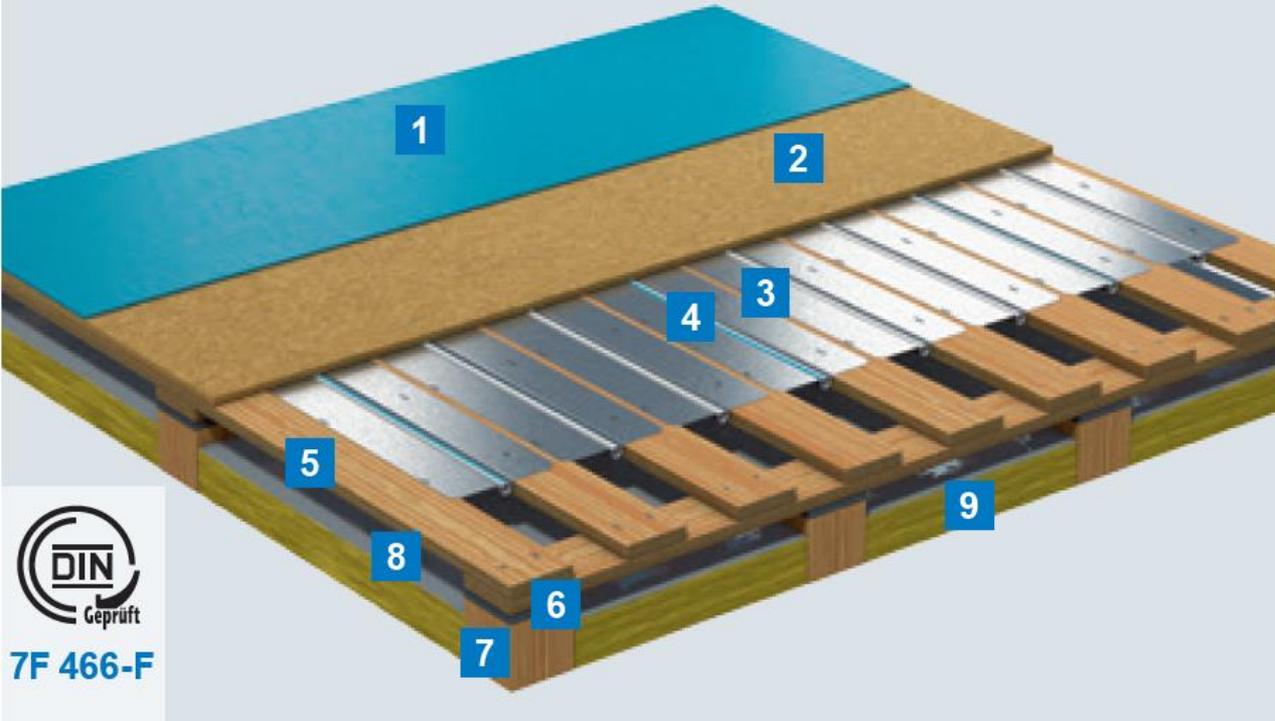








Beispielaufbau einer Uponor Siccus Schwingbodenheizung



- 1 Linoleum-Belag
- 2 Holzspanplatte
- 3 Uponor Siccus Aluminium Wärmeleitlamellen
- 4 Uponor Comfort Pipe PLUS 14 x 2 mm PE-Xa Rohr
- 5 Schwingträger
- 6 Elastikpads
- 7 Auffütterungsklotz
- 8 Luftraum
- 9 Wärmedämmung

Uponor Siccus Schwingbodenheizung

Schnelle Modernisierung mit Siccus



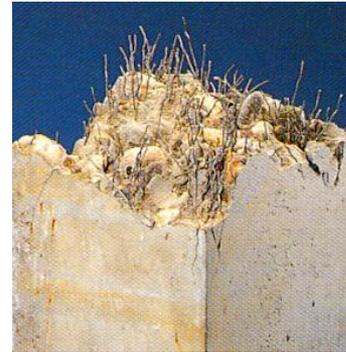
Bauarten



mattenbewehrter
Stahlbeton



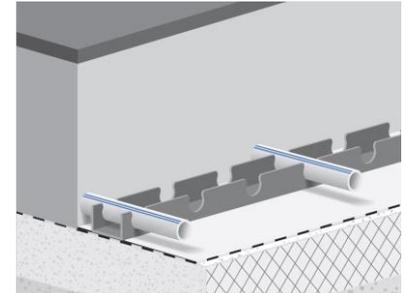
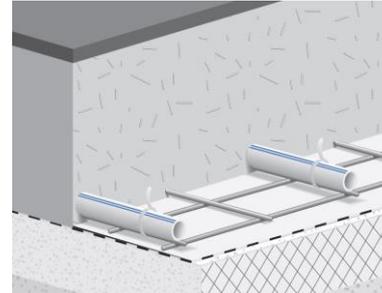
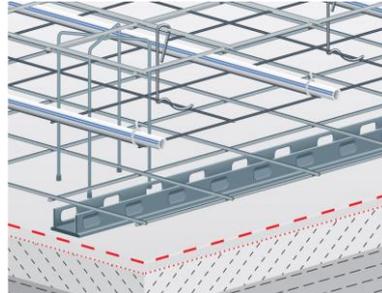
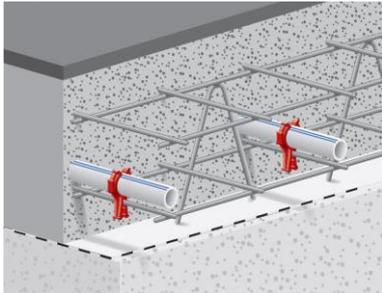
Spannbeton



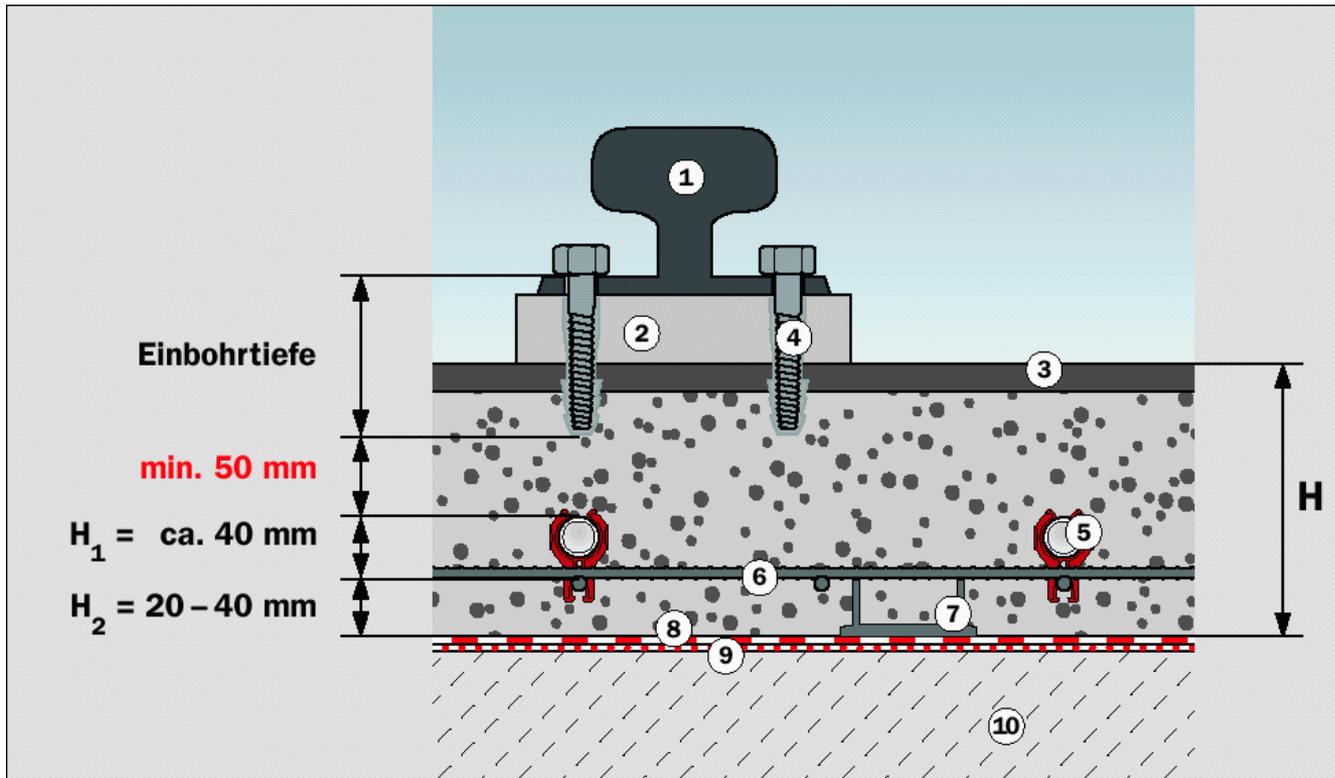
Stahlfaserbeton



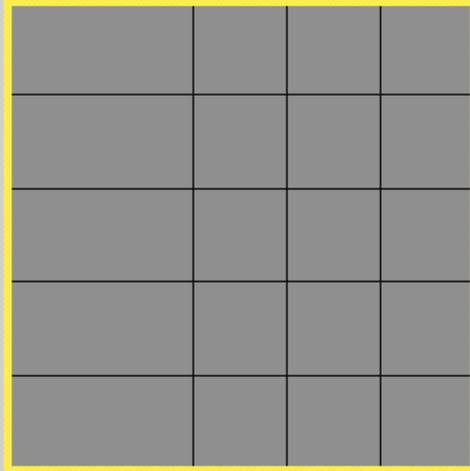
Walzbeton



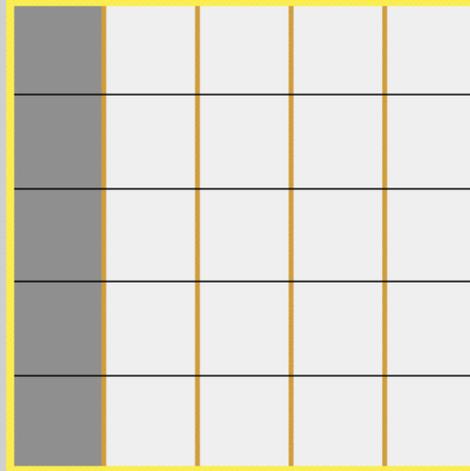
Einbohrtiefe



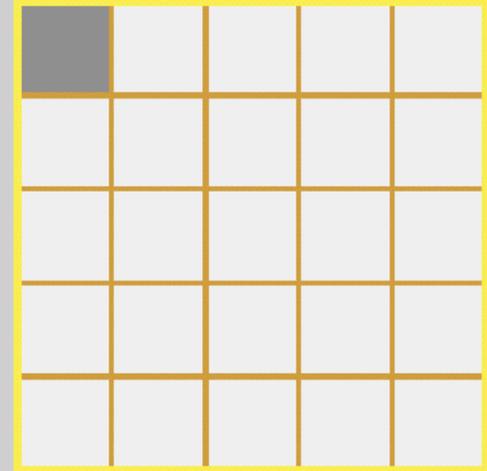
Betoneinbringung in einem Arbeitsgang



Betoneinbringung in Bahnen



Betoneinbringung in Feldern



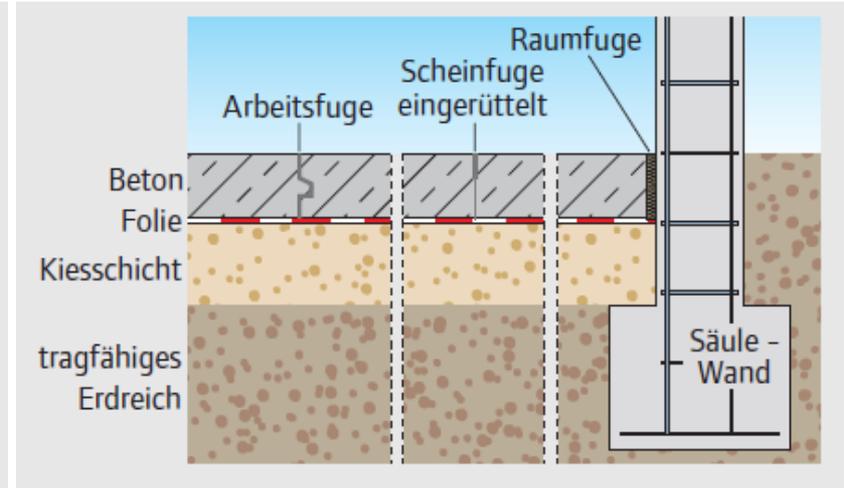
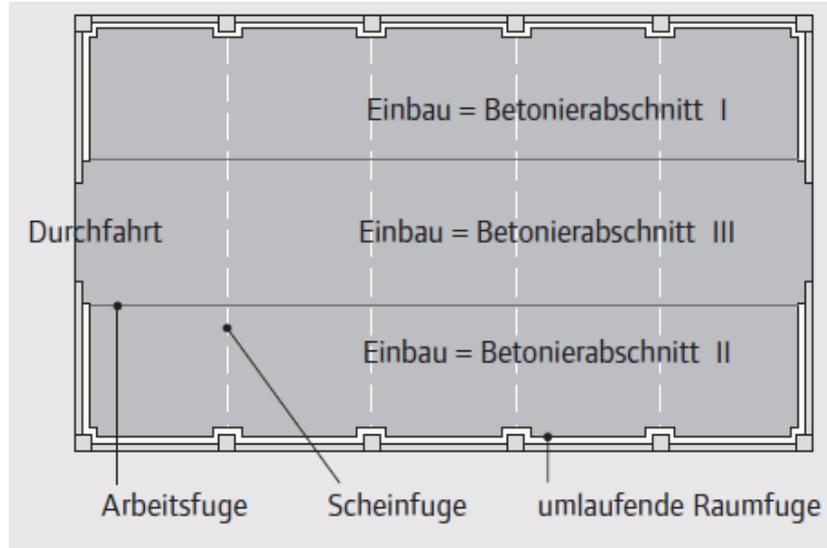
Einflussfaktoren:

- örtliche Verhältnisse (Stützen, Wände etc.)
- langfristige Lasten
- Plattendicke
- Betonart

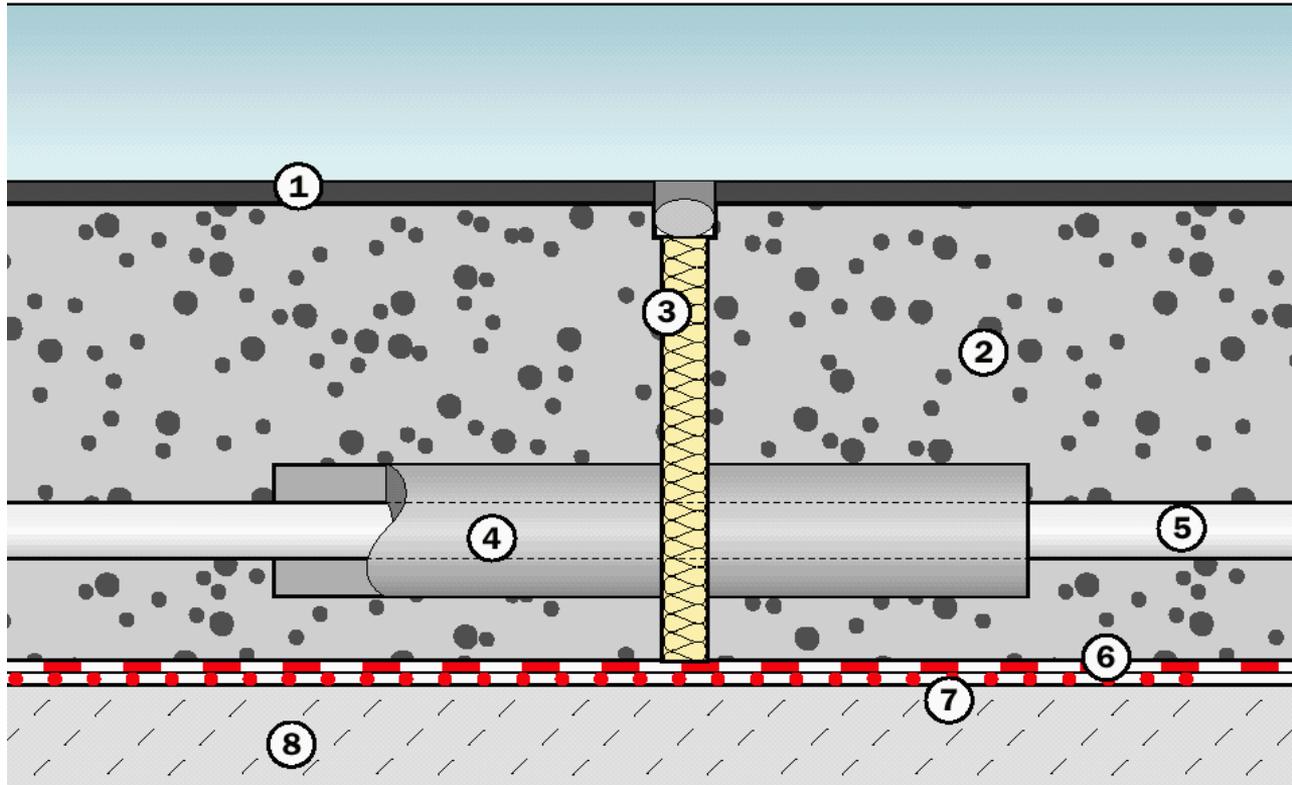
Wichtige Planungshinweise:

- Fugenplan vom Statiker besorgen
- Heizkreise und Anbindeleitungen auf Fugenplan abstimmen

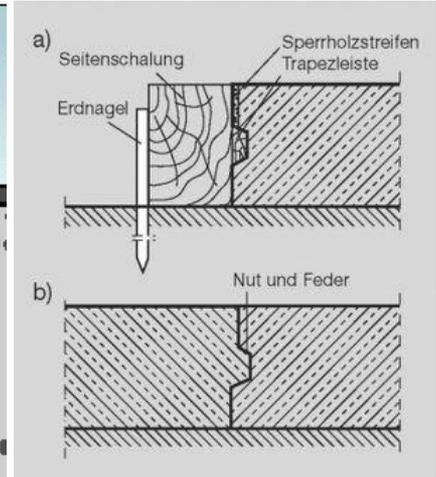
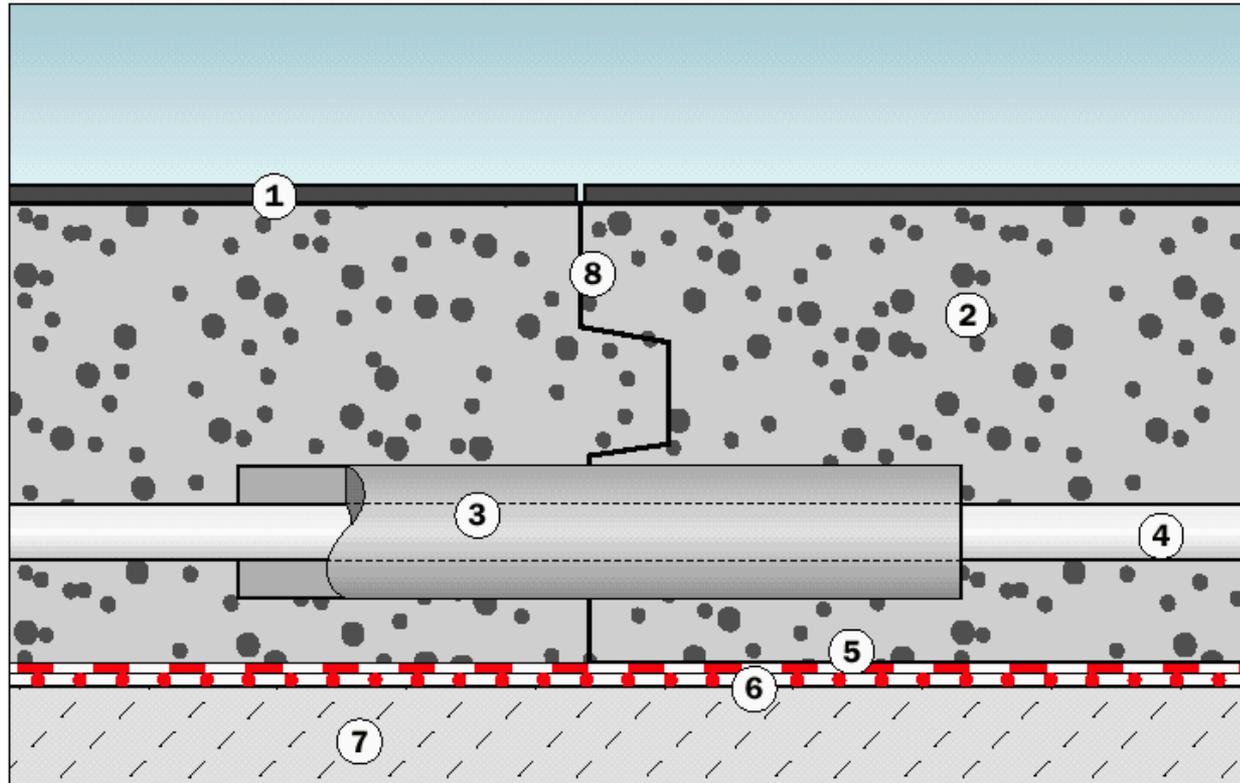
Fugenarten



Raumfugen



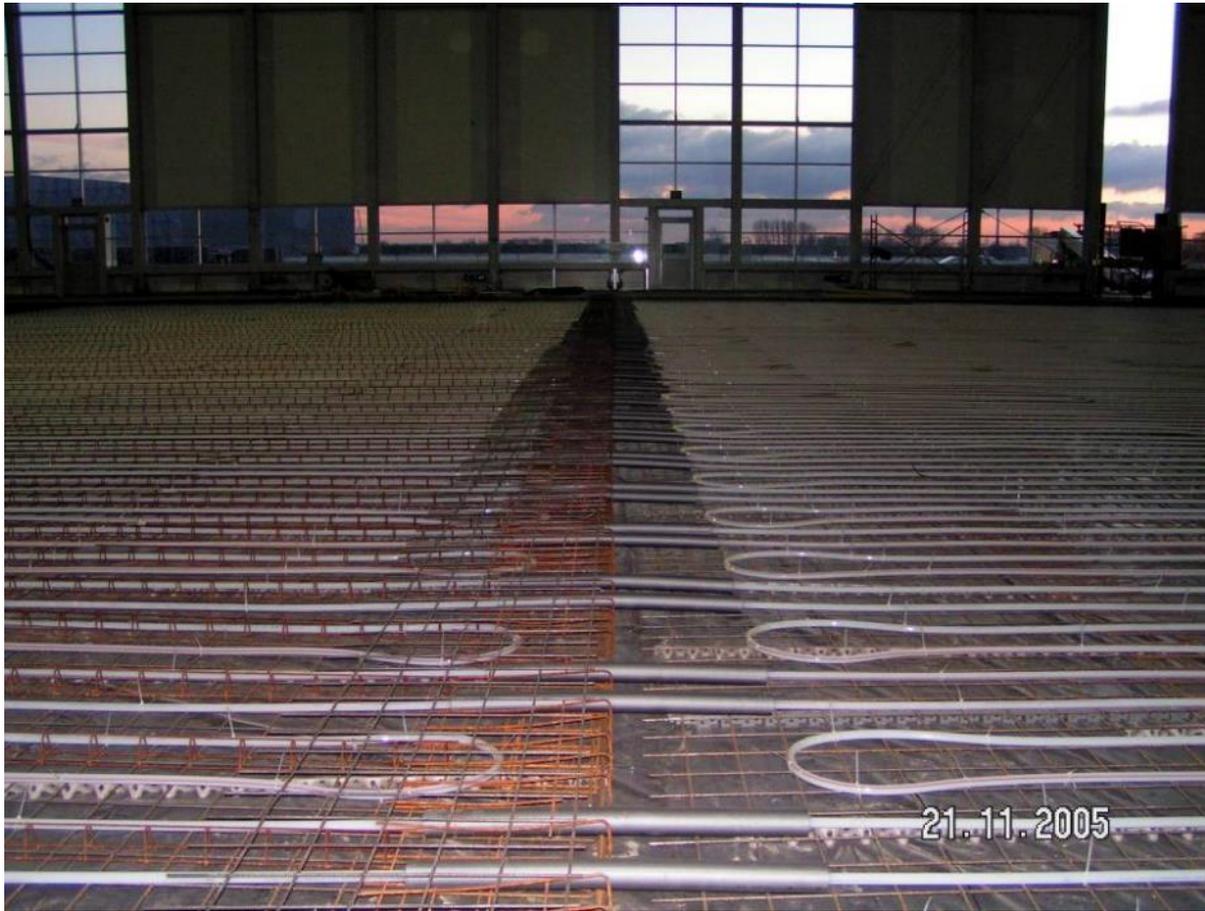
Press- (Tages-) fugen



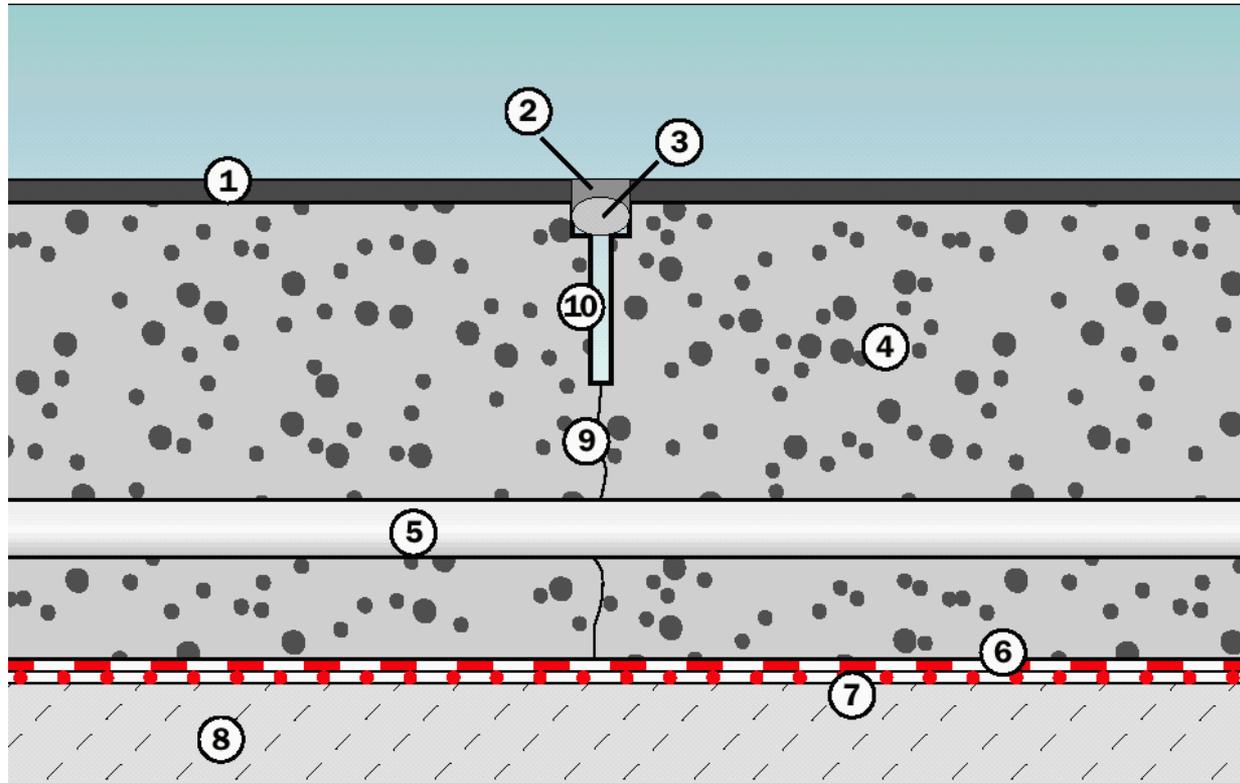
Beton-Informationen.de

Press- (Tages-) fugen



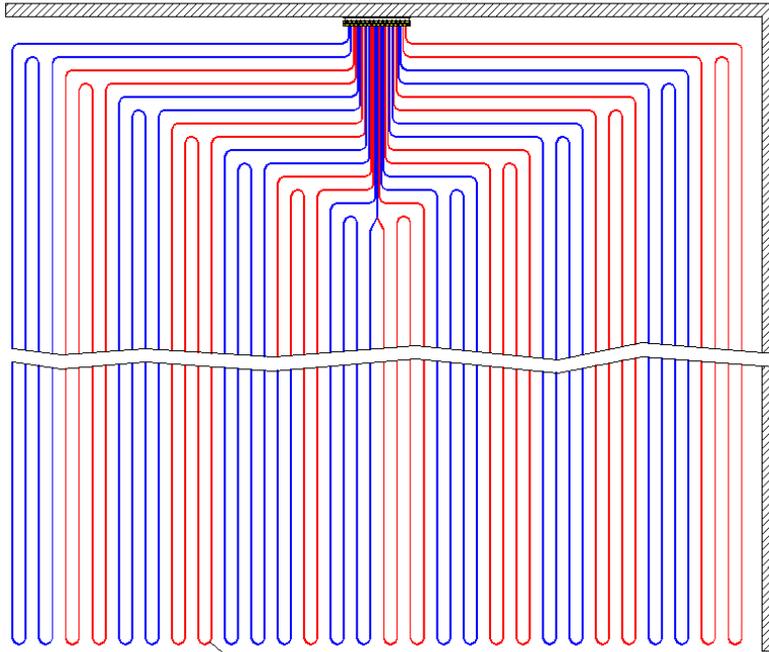


Scheinfugen (Einschnitttiefe beachten)



Standard

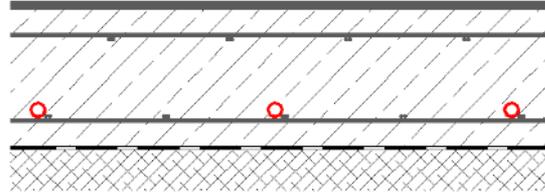
Industrieverteiler 1 1/2"



PE-Xa Rohr 25x2,3 mm

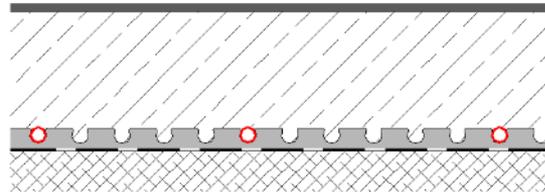
Variante 1:

- oberhalb der bauseitigen Mattenbewehrung



Variante 2:

- mittels Uponor Industrieschiene 25

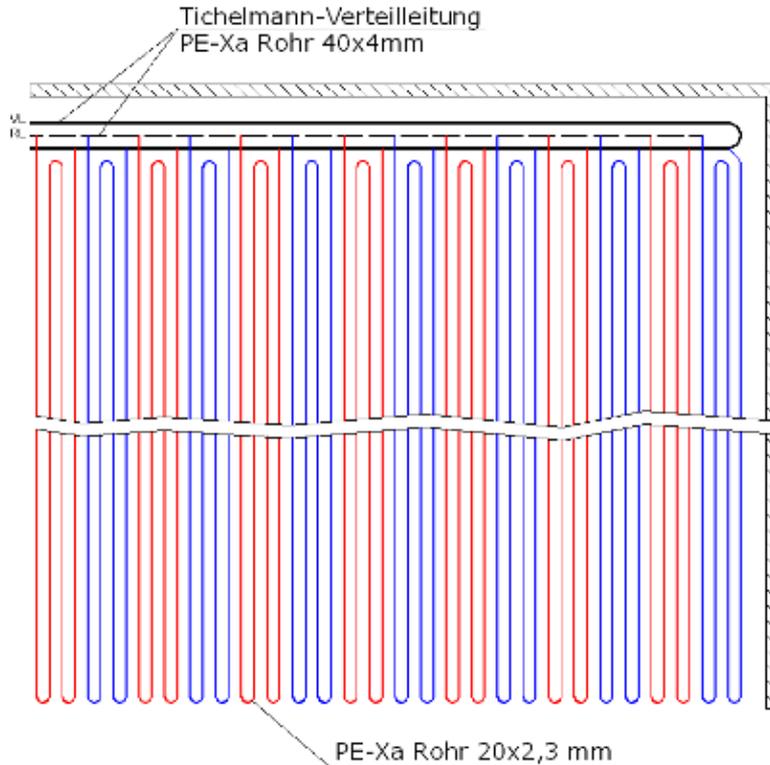


Fläche pro Verteiler

- $t_i=15^\circ\text{C}$, $q_{H,\text{max.}}=50 \text{ W/m}^2$,
 $t_V/t_R=50/35^\circ\text{C}$, $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=1.750 \text{ m}^2$, VA 45
- $t_i=18^\circ\text{C}$, $q_{H,\text{max.}}=65 \text{ W/m}^2$,
 $t_V/t_R=50/35^\circ\text{C}$, $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=1.350 \text{ m}^2$, VA 30
- $t_i=18^\circ\text{C}$ ($t_i=26^\circ\text{C}$), (Heizen/Kühlen)
 $q_{H,\text{max.}}=65 \text{ W/m}^2$ ($q_{K,\text{max.}}=24 \text{ W/m}^2$)
 $t_V/t_R=40/30^\circ\text{C}$ ($t_V/t_R=16/20^\circ\text{C}$), $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=900 \text{ m}^2$, VA 15

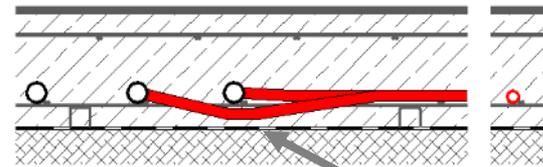


Tichelmann 40-F20



Variante 1:

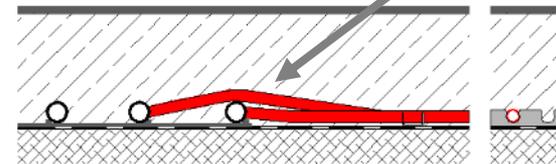
- oberhalb der bauseitigen Mattenbewehrung



Variante 2:

- mittels Uponor-Industrieschiene 20

1 Rohr
Über-/Untersprung

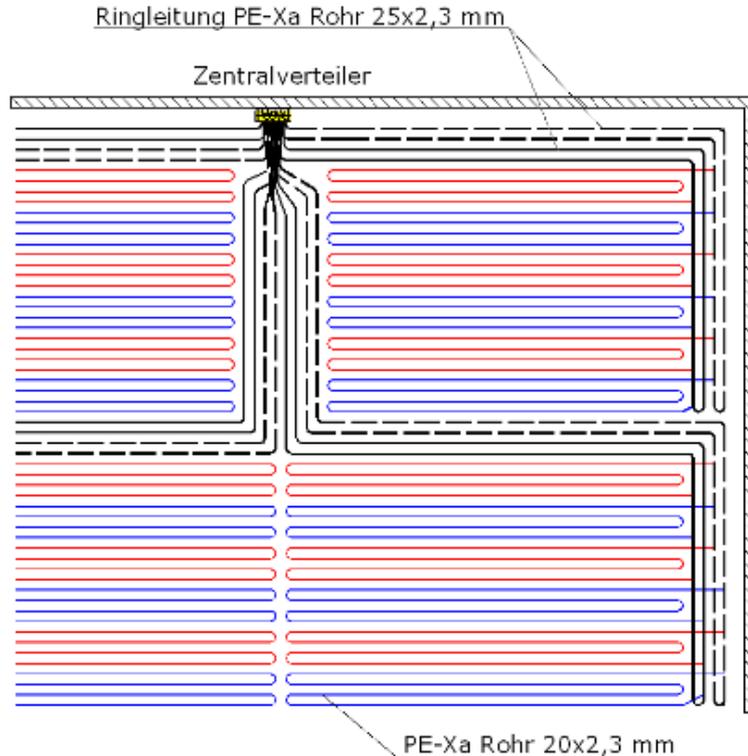


Fläche pro Verteilleitung

1. $t_i=15^\circ\text{C}$, $q_{H,\text{max.}}=50 \text{ W/m}^2$,
 $t_V/t_R=50/35^\circ\text{C}$, $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=500 \text{ m}^2$, VA 45
2. $t_i=18^\circ\text{C}$, $q_{H,\text{max.}}=65 \text{ W/m}^2$,
 $t_V/t_R=50/35^\circ\text{C}$, $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=400 \text{ m}^2$, VA 30
3. $t_i=18^\circ\text{C}$ ($t_i=26^\circ\text{C}$), (Heizen/Kühlen)
 $q_{H,\text{max.}}=65 \text{ W/m}^2$ ($q_{K,\text{max.}}=24 \text{ W/m}^2$)
 $t_V/t_R=40/30^\circ\text{C}$ ($t_V/t_R=16/20^\circ\text{C}$), $S_{\ddot{U}}=200 \text{ mm}$
 $A_{H,\text{max}}=300 \text{ m}^2$, VA 15

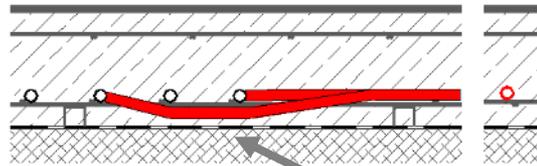


Quattro 25-F20



Variante 1:

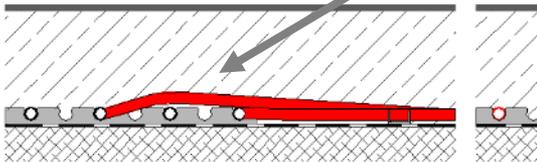
- oberhalb der bauseitigen Mattenbewehrung



Variante 2:

- mittels Uponor-Industrieschiene 20/25

2 Rohre
Über-/Untersprung



Heizkreislänge Quattro

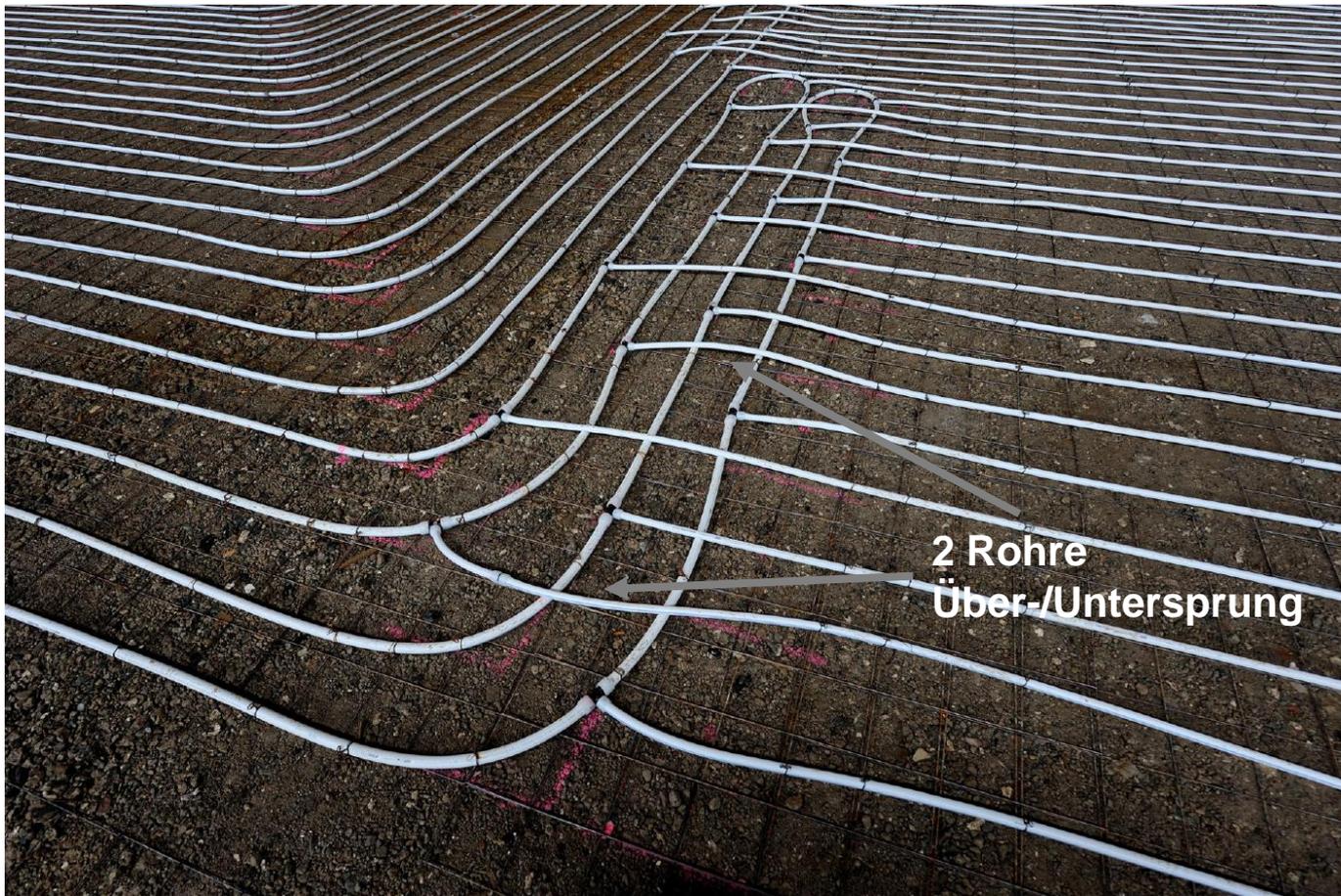
Die maximal anschließbare Fläche pro Verteilleitung (bei einer Ringleitungslänge von ca. 2x150 m und einer Heizkreislänge von ca. 100 m) kann z.B. wie folgt überschlägig angesetzt werden.

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

Die Verteilleitungen werden in der Regel im gleichen Verlegeabstand verlegt wie die eigentlichen Heizkreise. Somit ist die Ringleitung gleichzeitig Heizfläche (siehe Verlegebeispiel). Die anteilige Fläche der Verteilleitungen an der Gesamtfläche beträgt in der Regel ca. 15 bis 25 %.

Quattro





2 Rohre
Über-/Untersprung

Heizkreisplanung

- Montageort der Heizkreisverteiler- und Sammleranlage festlegen.
- prüfen, ob Art und Nutzung (Raumaufteilung, Trennwände) Einfluß auf die Heizkreisaufteilung nehmen.
- Heizrohrtrasse auf Kreuzungen durch Kabel, Rohre oder Bauelemente überprüfen.
- bestehen brandschutztechnische Forderungen wie Gefällebeton etc., die Einfluß auf die Heizrohrführung nehmen?
- Unterteilung und Anordnung der Heizkreise nach unterschiedlichen, regeltechnischen Anforderungen vornehmen.
- Raumfugen (Bewegungsfugen) nach Möglichkeit nur mit Anbindungen durchqueren.
- ganz meiden: Schienenbereiche von schweren Regalbediengeräten, Halleneinrichtungen mit Bodenankern für hohe Druck- und Zuglasten.
- Einbohrtiefen von Halleneinrichtungen erkunden und Heizrohrüberdeckung prüfen.

Im Dialog (4)

Schlussfazit

Fragen und Antworten



Weitere Informationen gerne direkt von Herrn Petersen sven.petersen@uponor.com

Weitere Informationen



Unser nächstes Online-Seminar:

„Der Heiz-/Kühlkreisverteiler und Anbindeleitungen“

am 05.07.2023 um 17.00 Uhr.

➔ <https://www.flaechenheizung-bdh.de/seminare/online-seminare/online-seminar-details-zum-seminar/der-heiz-kuehlkreisverteiler-und-anbindeleitungen>

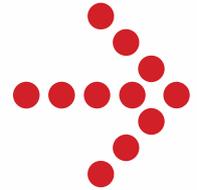


Mitgliedsunternehmen des BDH-Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung



→ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

→ Weiteres unter www.flaechenheizung-bdh.de



BDH
Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie