

ITG-Studie

Hallenfußbodenheizungen

Moderne Industrie-, Logistik- und Lagerhallen kommen ohne ausreichende Wärmedämmung und eine optimierte Anlagentechnik nicht mehr aus. Zugleich sollte die Heiz- und Anlagentechnik aber nicht überdimensioniert werden. Die ITG-Studie „Genauere Berücksichtigung teilgedämmter Bodenplatten bei Hallenfußbodenheizungen in Energiebedarfsrechnungen nach DIN V 18599“ liefert neue Erkenntnisse.



① Das Thema Wärmedämmung und optimierte Anlagentechnik erlangt zunehmend auch im Hallenbau Priorität.

Klimaschutz, gesetzliche Vorgaben und der notwendige Verzicht auf Öl und Gas erfordern auch im Hallenbau optimierte Gebäudehüllen und Anlagentechnik. Letztere und hier insbesondere Wärmepumpen müssen dabei exakt dimensioniert werden. Bei großer Raumhöhe müssen zudem die Verteilung der gewünschten Raumtemperatur optimal und wirtschaftlich gestaltet sowie Wärmeverluste an das Erdreich minimiert werden.

Die Ergebnisse der Studie „Genauere Berücksichtigung teilgedämmter Bodenplatten bei Hallenfußbodenheizungen in Energiebedarfsrechnungen nach DIN V 18599“ unterstützen dabei, eine Überdimensionierung der Heiz- und Anlagentechnik zu vermeiden und zeigen Vorteile der Bodendämmung. Die Studie entstand am ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden im Auftrag des Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V. und des Bundesverbandes der Heizungsindustrie.

Grundlagen

Industriefußbodenheizungen für Hallen fallen unter die Vorschriften des GEG Teil 2.2 Errichtung von Nichtwohngebäuden und hier insbesondere unter den § 18 Gesamtenergiebedarf. Für die Berechnung

der Energiebilanz werden Nichtwohngebäude in Nutzungszonen eingeteilt. Der berechnete Wert für die Anlagentechnik bezogen auf die Gebäudenettofläche darf nicht höher sein als 75 % des Jahresprimärenergiebedarfs des Referenzgebäudes. Hinzukommt, dass Neubauten einen Teil des benötigten Wärme- und Kältebedarfs über Quellen aus erneuerbaren Energien decken müssen (GEG § 34). Somit gilt der Auslegung der Anlagentechnik besonderes Augenmerk.

Dämmvorschriften für Hallen

Bei zu errichtenden Gebäuden sind Bauteile, die gegen die Außenluft, das Erdreich oder Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen abgrenzen, so auszuführen, dass die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes (GEG § 11) nach den anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden. Hier ist im Besonderen die DIN 4108-2 zu beachten. Eine Wärmedämmung der Bodenplatte ist jedoch nicht notwendig bei:

- Industriebauten mit einer Norm-Innentemperatur $\leq 12 \text{ °C}$
- Industriebauten mit einer Norm-Innentemperatur von mehr als 12 °C und weniger als 19 °C .



Alexandra Borke,
Technikreferentin,
Bundesverband
Flächenheizungen und
Flächenkühlungen e. V.,
Dortmund

Grundsätzlich wirkt sich eine Bodendämmung positiv auf die Betriebskosten der Anlagentechnik aus. Darüber hinaus danken es auch die Beschäftigten in einer Produktionshalle, wenn das Raumklima konstant und angenehm ist. Die Mitarbeitenden werden durch das optimierte Klima seltener krank und die Zufriedenheit am Arbeitsplatz steigt. Nicht zuletzt werden so auch die gesetzlichen Anforderungen an die Arbeitsstättenverordnung erfüllt.

Fokus der ITG-Studie

Die Ausführung der Wärmedämmung erdreichberührender Hallenbodenplatten kann wesentlichen Einfluss auf die Wärmeverluste haben. Im Rahmen von Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599 für Hallen mit Fußbodenheizungen wirkt sich die Ausführung von Bodenplatten – einschließlich deren Wärmedämmung – an zwei Stellen aus, einmal in der Wärmebilanz des Gebäudes nach Teil 2 und einmal in der darauf aufbauenden Ermittlung ggf. zusätzlicher Verluste der Anlagentechnik (Teil 5). Die Studie untersucht die bestehenden Möglichkeiten des Verfahrens nach DIN V 18599:2018-09 zur Abbildung teilgedämmter Bodenplatten sowie im Vergleich das alternative Verfahren nach DIN EN 13370 „Berechnungsverfahren der Wärmeübertragung über das Erdreich“.

Wärmeverluste an das Erdreich nach DIN V 18599 – Vereinfachte Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren

Die Berechnung der Transmissionswärmeverluste an das Erdreich kann im Rahmen von Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599 vereinfacht mit Temperaturkorrekturfaktoren erfolgen. Berücksichtigt werden hierbei folgende Einflussparameter in vergleichsweise grober Unterteilung:

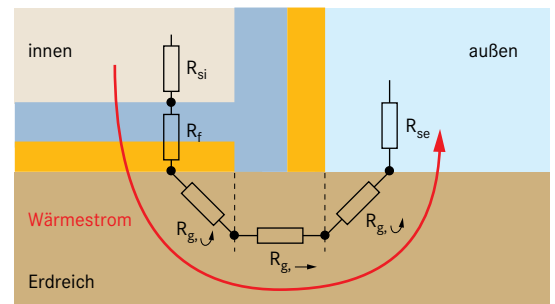
- Bodenplattengeometrie durch das charakteristische Bodenplattenmaß B (vier Abstufungen)
- Wärmedurchlasswiderstand der Bodenplatte (vier Abstufungen)
- Randdämmung (drei Varianten: ohne, 5 m horizontal, 2 m vertikal)
- Grundwasser (zwei Varianten: fließend, nicht fließend).

Gut zu wissen!

Vorteile von Flächenheiz- und -kühlsystemen

- Optimale Systemtemperatur für Wärmepumpen und Brennkessel. **JAZ**
- Niedrigtemperaturesystem mit Vorlauftemperaturen unter 35 °C.
- Strahlungswärme wird als besonders angenehm und behaglich empfunden.
- Energiesparpotenzial von ca. 12 % durch niedrigere Temperaturen.
- Strahlungswärme führt zu weniger Staubeufwirbelung und weniger trockener Luft.
- Innenarchitektonische Gestaltungsfreiheit und mehr Wohnfläche.
- Flexibel: für jedes Projekt das passende System.
- Fördermöglichkeiten über BAFA, Steuerabzug und KfW.

② Infografik Industriefußbodenheizungen



③ Bodenplatte und Erdreich als Widerstandsnetz, ITG-Studie

Tabelle ① zeigt die einzusetzenden Faktoren für Bodenplatten auf Erdreich. Der Temperaturkorrekturfaktor kann als Minderungsfaktor der den Wärmestrom antreibenden Temperaturdifferenz verstanden werden; gleichermaßen gibt er das Verhältnis zwischen dem indirekt über Erdreich

Tabelle ① Temperaturkorrekturfaktoren nach Tabelle 6 DIN V 18599 für Bodenplatten auf Erdreich

Grundwasser	Randdämmung	Temperaturkorrekturfaktor F_x															
		B < 5				5 ≤ B ≤ 7,5				7,5 < B ≤ 10				10 < B			
		Wärmedurchlasswiderstand R (m ² K/W) des Bauteils															
		R ≤ 0,3	0,3 < R ≤ 1	1 < R ≤ 3	R > 3	R ≤ 0,3	0,3 < R ≤ 1	1 < R ≤ 3	R > 3	R ≤ 0,3	0,3 < R ≤ 1	1 < R ≤ 3	R > 3	R ≤ 0,3	0,3 < R ≤ 1	1 < R ≤ 3	R > 3
nicht fließend	ohne	0,30	0,55	0,70	0,80	0,25	0,50	0,60	0,75	0,20	0,40	0,55	0,65	0,15	0,35	0,45	0,60
	waagrecht 5 m	-	-	-	-	0,15	0,35	0,45	0,60	0,10	0,30	0,45	0,55	0,10	0,25	0,40	0,50
	senkrecht 2 m	0,20	0,40	0,50	0,65	0,15	0,35	0,50	0,60	0,15	0,35	0,45	0,60	0,10	0,30	0,40	0,55
fließend	-	wie oben, aber +15 %															
alternativ für alle Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses ohne jedwede Differenzierung		0,8															

erfolgenden Wärmestrom und demjenigen Wärmestrom an, welcher sich ohne Erdreichwirkung direkt an Außenluft ergäbe. Beispielsweise bedeutet ein Faktor von 0,6 eine Verringerung des Wärmestroms durch Erdreich auf 60 % eines analogen Wärmestroms direkt an Außenluft. Deutlich wird hierbei allerdings, dass die hier angegebenen Bodenplattenmaße den in der heutigen Praxis üblichen nicht entsprechen (siehe Tabelle 1 orange Kennzeichnung).

Der vereinfachte Ansatz mit Temperaturkorrekturfaktoren ist problemlos anwendbar auf folgende Fälle:

- Alle Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses für undifferenzierte Betrachtung. Es darf ein einheitlicher Korrekturfaktor von 0,8 für alle Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses angenommen werden.
- Vollflächig ungedämmte und vollflächig gedämmte Bodenplatten ohne (zusätzliche) Randdämmung.
- Vollflächig ungedämmte und vollflächig gedämmte Bodenplatten mit (zusätzlicher) Randdämmung in einer der beiden genannten Ausführungen, wobei der Wärmedurchlasswiderstand der Randdämmung $R > 2 \text{ m}^2\text{K/W}$ sein muss.

Es ist zu beachten, dass vollflächig gedämmte Bodenplatten nicht automatisch auch als randgedämmte Bodenplatten gelten. Die Option Randdämmung im Sinne der Norm ist nur dann zu wählen, wenn eine Randdämmung zusätzlich zu ggf. bereits existierenden vollflächigen Dämmschichten vorhanden ist.

Genauere Berechnung mit stationärem Wärmeübertragungskoeffizienten H_g nach DIN EN ISO 13370 Gemäß DIN V 18599-2 stellt die Berechnung von Transmissionswärmeverlusten an das Erdreich mithilfe des stationären Wärmeübertragungskoeffizienten $H_{T,s}$ aus der DIN EN ISO 13370 den Standardrechenweg dar.

$$Q_{T,s} = H_{T,s} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) \cdot t \quad \text{Gl. 2}$$

$Q_{T,s}$ Transmissionswärmeverlust an/über das Erdreich

$H_{T,s}$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, entspricht H_g nach DIN EN ISO 13370

$\vartheta_i - \vartheta_e$ Differenz zwischen Bilanzinnen- und monatsmittlerer Außentemperatur

t Zeitschritt.

Der Wärmetransferkoeffizient $H_{T,s}$ wird detaillierter nach DIN EN ISO 13370 ermittelt. Der hierbei heranzuziehende Wärmedurchgangskoeffizient $U_{fg,soq}$ bildet die thermische Wirkung der Bodenplatte und des Erdreichs gemeinsam ab. Bild 3 zeigt die zugrundeliegende Idee vereinfacht als elektroanaloges Widerstandsmodell.

Der stationäre Wärmetransferkoeffizient H_g nach DIN EN ISO 13370 ist aus Anwendersicht problemlos anwendbar auf folgende Fälle:

- Vollflächig ungedämmte und vollflächig gedämmte Bodenplatten ohne (zusätzliche) Randdämmung.

Tabelle 2 Gebäudeparameter der Fertigungshalle in der Beispielrechnung gem. S. 41

Gebäudetyp (überwiegende Nutzungsart)			Fertigungshalle	
Nutzung nach DIN V 18599-10			22.2 (17 °C)	
Außenmaße	Länge (m)		100,00	
	Breite (m)		100,00	
	Höhe (m)		12,00	
	Grundfläche (m ²)		10.000	
	Volumen (m ³)		120.000	
Innenmaße	Nettogrundfläche		9.801	
	Höhe (m)		11,60	
	Volumen (m ³)		113.692	
Wärmedurchgangskoeffizient U^a (W/m ² K)	Bodenplatte	ungedämmt	3,5	
		gedämmt	5 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}^b$	0,70
			10 cm, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}^c$	0,33
	Dach	opaker Dachaufbau	0,35	
		Lichtband/Lichtkuppel	2,4	
	Wand	opaker Wandaufbau	0,35	
		Tor	1,5	
		Tür	1,5	
		Fenster	1,3	
	Wärmebrücken			0,10
Luftdichtheit			Kategorie I	

a Die Werte entsprechen mindestens der Referenzgebäudeausführung nach GEG und sind darüber hinaus so ausgewählt, dass die EE-Nutzungspflicht für die Modellgebäude bereits vollständig durch die Unterschreitung der GEG-Anforderungen zum baulichen Wärmeschutz erfüllt wird.
 b Entspricht Grenze zwischen folgenden beiden Kategorien nach Tabelle 16 DIN V 18599-5:2018-09: Mindestdämmung nach DIN 4108-2 und DIN EN 1264-4
 c erfüllt bei geringer Bedeckung die Anforderungen an die Kategorie *thermisch entkoppelt* nach Tabelle 16 DIN V 18599-5:2018-09

Tabelle 3 Varianten von Bodenplatten

Variante	tatsächliche Ausführung			Einordnung nach Tabelle 16 DIN V 18599-5:2018-09	
	Dämmung (horizontal)	Dämmschicht	Bedeckung der Heizrohre ^a	Wärmeschutz (mittlerer Bereich immer ungedämmt)	Bedeckung ^a
1	ohne	-	hoch	ungedämmt	hoch
2			gering		gering
3 ^b	Randstreifen 5 m breit	5 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$	hoch	Minstdämmung nach DIN 4108-2 ^b	hoch
4 ^b				Minstdämmung nach DIN EN 1264-4 ^b	
5	Randstreifen 10 m breit	5 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$	hoch	Minstdämmung nach DIN EN 1264-4	hoch
6	vollflächig	5 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$	hoch	Minstdämmung nach DIN EN 1264-4	hoch
7		10 cm, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	gering	thermisch entkoppelt ^c	

a hoch = > 10 cm, gering ≤ 10 cm

b Beide Varianten sind baulich identisch. Der Wärmedurchlasswiderstand des Randdämmstreifens ist so festgelegt, dass er beiden genannten Kategorien nach Tabelle 16 DIN V 18599-5 zugeordnet werden kann – der Unterschied zwischen beiden Varianten liegt daher lediglich in der Auswahl der Dämmkategorie nach Tabelle 16.

c Die Einstufung als thermisch entkoppelte Ausführung erfordert einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ und eine geringe Bedeckung.

- Vollflächig ungedämmte und vollflächig gedämmte Bodenplatten mit (zusätzlicher) Randdämmung beliebiger Ausführung und Abmessungen. Der Berechnungsansatz nach DIN EN ISO 13370 liefert gute Näherungsergebnisse bei der Bewertung von Randdämmungen und ungedämmten Bodenplatten sowie bei zusätzlichen Randdämmungen an bereits flächig gedämmten Bodenplatten. Damit ist der Ansatz für beide Fälle anwendbar.

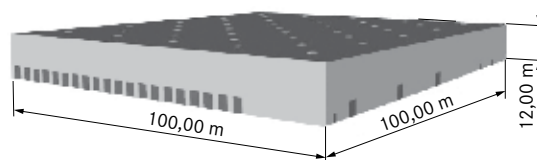
Beispielrechnung anhand einer Modellhalle

Für die Berechnungen wird beispielhaft eine Fertigungshalle (Bild ④) mit den Außenabmessungen 100 m x 100 m x 12 m herangezogen. Die Gebäudeparameter der Fertigungshalle sind gemäß Tabelle ② festgelegt. Als Anlagentechnik wurde eine direkte Beleuchtung mit LED-Leuchten sowie einem Tageslichtanteil über Fenster/Dachlichter gewählt. Es sind eine natürliche Lüftung und ein zentraler Speicher zur Trinkwassererwärmung vorhanden. Die Wärmeübergabe wurde per Fußbodenheizung in verschiedenen Ausführungsvarianten festgelegt. Alle Varianten von Bodenplatten sind in Tabelle ③ aufgeführt. Die Berechnungsergebnisse nach Tabelle ④ zeigen, dass die Berechnung mittels Korrekturfaktoren besonders bei großen Bodenplatten mit nur

moderater oder gänzlich ohne Dämmung zu einer deutlichen Überschätzung der Wärmeverluste über Erdreich gegenüber der genaueren Betrachtung nach DIN EN ISO 13370 führt. Dabei spielt die Bodenplattengröße und -form eine signifikante Rolle. Das charakteristische Bodenplattenmaß beträgt 50 m und führt in allen dargestellten Berechnungsmethoden zu einer vergleichsweise starken Verringerung der Wärmeverluste über das Erdreich gegenüber ungestörter Transmission an die Außenluft. Für kleinere Bodenplatten und/oder weniger kompakte Grundflächen ist ein höherer Einfluss der Bodendämmung zu erwarten.

Fazit

Die Studie zeigt, dass bei der Auslegung der Heiz- und Anlagentechnik einer Halle eine genauere Ermittlung des Primärenergiebedarfs Sinn ergibt. Die Berechnung mittels Temperaturkorrekturfaktoren führt besonders bei mittleren und großen Bodenplatten, wie bei Lager- und Logistikhallen gängig, mit nur moderater oder gänzlich ohne Dämmung zu einer Überschätzung von bis zu 30 % des Primärenergiebedarfes gegenüber der exakteren Betrachtung nach DIN EN ISO 13370 (siehe Tabelle ④). Um eine Überdimensionierung der Fußbodenheizung und des Wärmeerzeugers wie beispielsweise einer Wärmepumpe zu verhindern und damit eine wirtschaftliche sowie CO₂-reduzierte Betriebsweise zu garantieren, empfiehlt der BVF bei mittleren und großen Bodenplatten, den Primärenergiebedarf nach DIN EN ISO 13370 zu berechnen. Dies ist mit einigen marktgängigen Berechnungsprogrammen möglich. Nur so lassen sich Heizungssysteme energiearm und angesichts stetig steigender Betriebskosten auch kostensparend betreiben.



④ Modell einer Fertigungshalle

Tabelle ④ Berechnungsergebnisse

Variante	Bodendämmung (horizontal)	Dämmschicht	Einordnung nach Tabelle 16 DIN V 18599-5:2018-09		Primärenergiebedarf Gebäudekonditionierung (kWh/m ² a)			
			Wärmeschutz	Bedeckung	H _s DIN EN ISO 13370: 2018-03	F _x nach Tabelle 16 DIN V 18599-5:2018-09		
						ohne Randdämmung	Randdämmung als separates Bauteil	Randdämmung durch F _x
1	ohne	-	ungedämmt	hoch	97,67	124,65 (+28 %)	-	-
2				gering	95,74	121,83 (+27 %)		
3 ^b	Randstreifen 5 m breit	5 cm, λ = 0,04 W/mK	Mindestdämmung nach DIN 4108 ^b	hoch	95,95	-	121,48 (+27 %)	112,26 (+17 %)
4 ^b			Mindestdämmung nach DIN EN 1264-4 ^b		95,59	-	120,96 (+27 %)	111,80 (+17 %)
5	Randstreifen 10 m breit	5 cm, λ = 0,04 W/mK	Mindestdämmung nach DIN EN 1264-4	hoch	94,80	-	117,72 (+24 %)	111,06 (+17 %)
6	vollflächig	5 cm, λ = 0,04 W/mK	Mindestdämmung nach DIN EN 1264-4	hoch	92,34	106,02 (+15 %)	-	-
7			10 cm, λ = 0,035 W/mK	Mindestdämmung nach DIN EN 1264-4	hoch	91,24	95,54 (+5 %)	-
8				thermisch gekoppelt ^c		87,52	91,50 (+5 %)	-

a hoch = > 10 cm, gering ≤ 10 cm

b Beide Varianten sind baulich identisch. Der Wärmedurchlasswiderstand des Randdämmstreifens ist so festgelegt, dass er beiden genannten Kategorien nach Tabelle 16 DIN V 18599-5 zugeordnet werden kann – der Unterschied zwischen beiden Varianten liegt daher lediglich in der Auswahl der Dämmkategorie nach Tabelle 16.

c Die Einstufung als thermisch entkoppelte Ausführung erfordert einen Wärmedurchgangskoeffizienten von U ≤ 0,35 W/m²K und eine geringe Bedeckung.