

FLACHGRÜNDUNG AUF WÄRMEDÄMMSCHICHT

**STATISCHE PROBLEMSTELLUNG AUS OPTIMIERTER
FUNDAMENTPLATTEN – DÄMMUNG GEGEN ERDREICH**

INHALT

AUSGANGSLAGE

STATISCHE PROBLEMSTELLUNG

MODELLBETRACHTUNG

VERGLEICHSERGEBNISSE SETZUNGSVERHALTEN

VERGLEICHSERGEBNISSE MOMENTENZUNAHME

FAZIT UND AUSBLICK

AUSGANGSLAGE

Mit Inkraftsetzung der Europäischen Norm EN ISO 13370:1998 „WÄRMETECHNISCHES VERHALTEN VON GEBÄUDEN – WÄRMEÜBERTRAGUNG ÜBER DAS ERDREICH – BERECHNUNGSVERFAHREN“ steht dem Planer endlich ein allgemein anerkanntes Instrument zur Verfügung, mittels welchem die baulichen Massnahmen gegen Wärmeabfluss ins Erdreich optimiert werden können. Allzu lange hat der Disput gedauert, ob eine Dämmschicht unter der gesamten Bodenfläche anzuordnen sei – oder ob „dank Wärmeträgheit des Erdreichs“ generell auf separate Dämmschichten unter der Gründungsplatte verzichtet werden könne. Das neue Planungsinstrument zeigt auf, wie die Wärmeverluste durch den Boden (und allenfalls

durch die Aussenwände eines beheizten Kellers) mit einem Minimum an Materialbedarf begrenzt werden können. Nach verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten geht es dabei letztlich immer darum, im umlaufenden Randbereich der Bodenplatte stärker zu dämmen als unter der übrigen Bodenfläche. Unter Beachtung der separaten Norm EN ISO 13793: 2001 „WÄRMETECHNISCHES VERHALTEN VON GEBÄUDEN – WÄRMETECHNISCHE BEMESSUNG VON GEBÄUDEGRÜNDUNGEN ZUR VERMEIDUNG VON FROSTHEBUNG“ kann durch zweckmässige Anordnung der Randdämmung zugleich auch dem Unterfrieren von nicht – unterkellerten Gründungsplatten entgegen getreten werden.

STATISCHE PROBLEMSTELLUNG

Die Beanspruchung der Gründungsplatte und der aufgehenden Tragkonstruktion hängt, ausser von der gegebenen Lasteinwirkung, sehr stark von der Bettungssituation für die Gründungsplatte ab. Dabei ist eine sogenannte „harte Bettung“ – d.h. zunächst einmal eine Erdreich – Qualität mit hohem Steifemodul $[MN/m^2]$ – von grossem Vorteil.

Wird die gewachsene Gründungssituation mit einer Zwischenlage aus Dämmstoff ergänzt, so verändert sich die Beanspruchung des Gebäudes je nach spezifischer Steifigkeit dieser Zwischenlage. Handelt es sich dabei um Wärmedämmplatten aus FOAMGLAS mit einem Steifemodul $\sim 150 MN/m^2$ bis $250 MN/m^2$, so wird die Lagerung durch den gemittelten Steifemodul aus Dämmstoff + Erdreich (Erdreich in der Regel $\leq 150 MN/m^2$) nicht nachteilig verändert. Demzufolge spielt es hier statisch und bodenmechanisch keine Rolle, ob die gesamte Bodenplatte gleichmässig gedämmt wird, oder ob sie

entlang der Aussenränder wärmetechnische Verstärkungen erfährt.

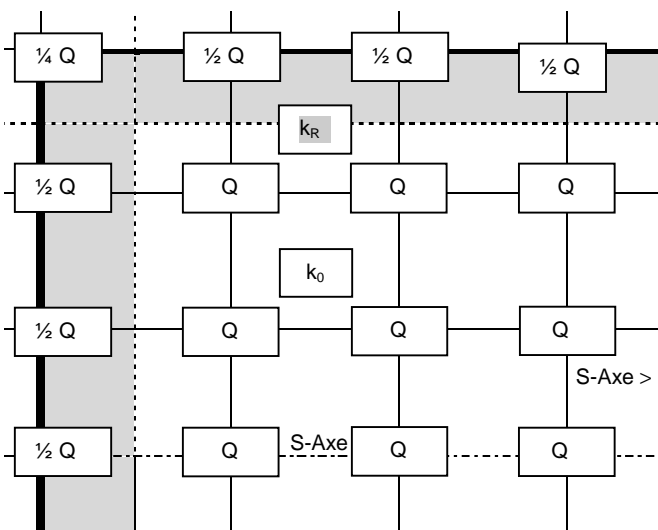
Kommt dagegen ein stauch – und kriechfähiger Dämmstoff zum Einsatz, spielt schon die über die Plattenfläche gleichmässig verteilte Dämmdicke eine statisch nachteilige Rolle. Lineare Randverstärkungen auf die nach EN ISO 13370:1998 optimierte Wirkungsbreite (oder umgekehrt: auf die nach gewählter Randbreite optimierte Stärke der Randdämmung) führen durch das Stauch – und Kriechverhalten unter Dauerlast zu lokal ungleichen Lagerungsbedingungen für ein und dieselbe Gründungsplatte! Diese Situation verkompliziert nicht nur die Plattenbemessung an sich, sondern hat auch kostenmässige Auswirkungen auf die Konstruktion. Zum ersten ist den daraus resultierenden Zwängs - Spannungen im Überbau Rechnung zu tragen, und zum zweiten sind die gegenüber „harter Bettung“ im Randbereich der Platte markant höheren Biegemomente durch zusätzliche Bewehrung aufzunehmen.

MODELLBETRACHTUNG

Die folgende Modellbetrachtung soll die Unterschiede je nach Dämmstofflagerung veranschaulichen. Es wird zu diesem Zweck eine nicht – unterkellerte Gründungsplatte mit Stützenraster 6 x 6 m und entsprechender Einzellast – Beanspruchung betrachtet. Diese soll als Referenzmodell direkt auf Erdreich mit Steifemodul 100 MN/m^2 – bzw. auf einer Zwischenlage aus FOAMGLAS – Dämmstoff – aufliegen. Für diese Konstruktion werden – einmal für eine Betonstärke $d = 250 \text{ mm}$, einmal für $d = 400 \text{ mm}$ – die elastischen, bezogenen Setzungen (lokale Einsenkung / lokale Lasteinwirkung) an ausgewählten Stellen ermittelt. Ebenso werden für diese Referenz - Konstruktion in näher bezeichneten Bereichen die (negativen) Biege (-zug) – Momente ermittelt. Gegenübergestellt wird dieser Referenz – Situation eine Gründungsplatte identischer Stärke, welche auf einer XPS 700 – Dämmschicht mit Langzeit – Steifemodul 8.0 MN/m^2 laut DIBt Zulassung aufliegt. Die Breite der Dämmschicht soll hier 3.0 m

ab Plattenrand betragen, und die Stärke der Dämmschicht wird zwischen 50 mm und 150 mm variiert. Die Ermittlung der jeweiligen Bettungsmoduli k [MN/m^3] basiert auf dem Steifezifferverfahren unter Verwendung der Basisformeln von Boussinesq und Oedmark. Diese Vorgaben (Bettungsmoduli) für die weitere Berechnung sind in **Tabelle 1** aufgeführt. Die statische Berechnung der Plattenbeanspruchung erfolgt mittels CEDRUS – Plattenprogramm nach der Finite – Elemente – Methode, wobei die Verformungen der Platte $d = 250 \text{ mm}$ direkt übernommen, und jene für die Platte $d = 400 \text{ mm}$ unter Verwendung der Setzungsformeln nach Westergaard daraus abgeleitet werden. Die resultierenden Biegemomente (bzw. die gesuchten Zunahmen +% je nach Lagerung) hingegen, entsprechen für beide Plattenstärken ohne weitere Angleichung den Ergebnissen nach CEDRUS – Plattenprogramm.

Schema – Grundriss:



XPS [mm]	Betonplatte d=250 mm		Betonplatte d=400 mm	
	k_R	k_0	k_R	k_0
0	68	68	42	42
50	49		34	
80	42		30	
100	38		28	
120	35		27	
150	31		24	

Tabelle 1: Bettungsmoduli für Cedrus – Berechnung je nach Lagerungsbedingungen (E – Modul Erdreich = 100 MN/m^2 , E – Modul XPS 700 = 8 MN/m^2).

Stützenraster	= 6.0 m
Dämmbreite	= 3.0 m
Bettungsmodul	= k_R, k_0
Stützenlast	= Q

VERGLEICHSERGEBNISSE SETZUNGSVERHALTEN

Die spezifischen Setzungen (lokale Einsenkung / lokale Lasteinwirkung $[(\text{mm}/\text{N}) \cdot 10^6]$) sind im abgebildeten Schema – Grundriss eingezeichnet und in den **Tabellen 2** und **3** festgehalten.

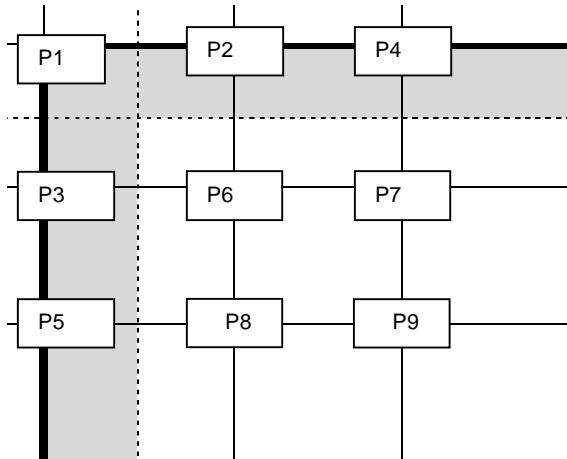


Tabelle 2: Bezogene Setzungen (lokale Einsenkung / lokale Last in $[\text{mm} \cdot 10^6]$) je nach Lage und Bettungssituation. Für Bodenplatte **d = 250 mm**

Für FOAMGLAS – Lagerung gelten bei allen Dämmstärken die Werte in der Spalte für XPS = 0 mm. Die Abhängigkeit zwischen Lagerbedingungen und Verformungsverhalten ist unmittelbar ersichtlich.

Betonplatte d = 250 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
P1	17.2	20.4	22.4	23.6	24.4	26.0
P2 / P3	7.0	7.8	8.4	8.7	9.2	9.6
P4 / P5	7.0	7.8	8.4	8.7	9.2	9.6
P6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
P7 / P8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
P9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

Betonplatte d = 400 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
P1	10.8	12.1	13.1	13.6	13.9	14.5
P2 / P3	4.4	4.6	4.9	5.0	5.2	5.4
P4 / P5	4.4	4.6	4.9	5.0	5.2	5.4
P6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
P7 / P8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
P9	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

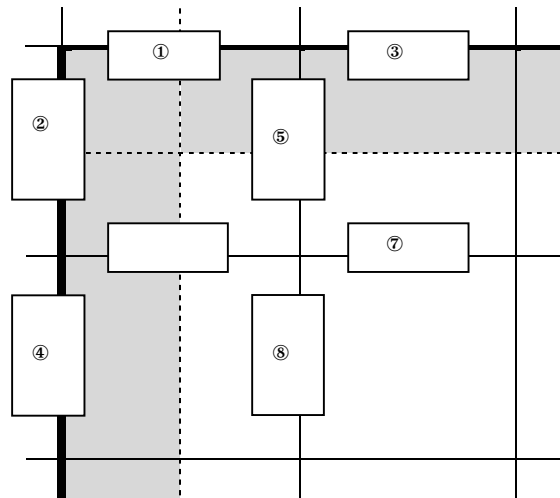
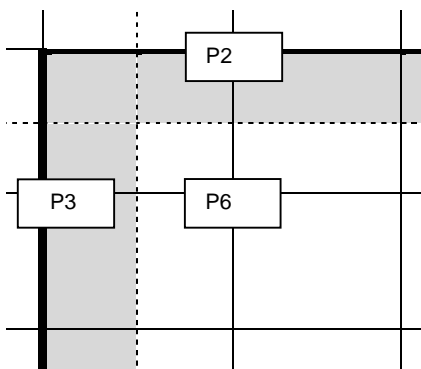
Tabelle 3: Bezogene Setzungen (lokale Einsenkung / lokale Last in $[\text{mm} \cdot 10^6]$) je nach Lage und Bettungssituation. Für Bodenplatte **d = 400 mm**

VERGLEICHSERGEBNISSE MOMENTENZUNAHME

In den **Tabellen 4** und **5** ist die **Zunahme (+%)** der Biegemomente unter den Stützen gegenüber direkter Erdreich – oder FOAMGLAS/Erdreich – Lagerung aufgeführt. Diese Werte sind direkt proportional zum entsprechenden Mehrbedarf an untenliegender Bewehrung in x – und y – Richtung.

Die **Tabellen 6** und **7** zeigen in analoger Weise den Mehrbedarf an oberliegender

„Gurt“ – Bewehrung zwischen den Stützen in x – bzw. y – Richtung. Für FOAMGLAS – Lagerung gilt bei beliebiger Dämmstärke stets der Referenzwert $\pm 0\%$ (Mehr – Bewehrung). Aus beiden Darstellungen ist die Abhängigkeit zwischen Lagerungsbedingungen und Momentenzunahme, resp. Mehrbedarf an Bewehrung unmittelbar ersichtlich.



Betonplatte d = 250 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
P2 / P3	± 0	+ 1.8	+ 2.4	+ 2.8	+ 3.2	+ 3.7
P6	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0

Tabelle 4: Prozentuale Momentenzunahme (+%) je nach Lage und Bettungssituation. Referenzsituation = FOAMGLAS – oder direkte Erdreichlagerung entspr. $\pm 0\%$. Zugbewehrung unten, unter Stützen. Gültig für Bodenplatte **d = 250 mm**

Betonplatte d = 400 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
P2 / P3	± 0	+ 0.9	+ 1.4	+ 1.6	+ 1.8	+ 2.4
P6	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0

Tabelle 5: Prozentuale Momentenzunahme (+%) je nach Lage und Bettungssituation. Referenzsituation = FOAMGLAS – oder direkte Erdreichlagerung entspr. $\pm 0\%$. Zugbewehrung unten, unter Stützen. Gültig für Bodenplatte **d = 400 mm**

Betonplatte d = 250 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
① / ②	± 0	+6.0	+9.0	+10.9	+12.5	+14.9
③ / ④	± 0	+20.0	+34.3	+40.0	+40.7	+41.4
⑤ / ⑥	± 0	+6.0	+9.0	+10.9	+12.5	+14.9
⑦ / ⑧	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0

Tabelle 6: Prozentuale Momentenzunahme (+%) je nach Lage und Bettungssituation. Referenzsituation = FOAMGLAS – oder direkte Erdreichlagerung entspr. ± 0%. Zugbewehrung oben, Gurtbereich. Gültig für Bodenplatte **d = 250 mm**

Betonplatte d = 400 mm						
Position	XPS – Dämmschicht [mm]					
	0	50	80	100	120	150
① / ②	± 0	+3.8	+6.0	+7.2	+7.9	+11.3
③ / ④	± 0	+5.6	+10.0	+12.2	+16.7	+22.2
⑤ / ⑥	± 0	+3.8	+6.0	+7.2	+7.9	+11.3
⑦ / ⑧	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0

Tabelle 7: Prozentuale Momentenzunahme (+%) je nach Lage und Bettungssituation. Referenzsituation = FOAMGLAS – oder direkte Erdreichlagerung entspr. ± 0%. Zugbewehrung oben, Gurtbereich. Gültig für Bodenplatte **d = 400 mm**

FAZIT UND AUSBLICK

Die dargestellten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass eine ungleichmässige Plattenlagerung wenn immer möglich vermieden werden sollte. Damit stehen wärmetechnische und statische Ansprüche zueinander im Widerstreit – es sei denn, die differenzierte Bodendämmung werde konsequent unter Verwendung von FOAMGLAS – Dämmplatten erstellt. In der Betrachtung soll jedoch nicht verschwiegen werden, dass die eingangs erwähnten CEN –Normen auch alternative Randausbildungen ermöglichen.

Entweder könnte die verstärkte Randdämmung auch vertikal, gewissermassen als umlaufende „Dämmschürze“, dimensioniert werden. Diese Lösung hätte den angenehmen Nebeneffekt des verstärkten Schutzes gegen das allfällige Unterfrieren der Platte. Hingegen müsste diese Variante mit einem erheblichen baulichen und kostenmässigen Mehraufwand erkaufte werden.

Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, die erforderliche horizontale Randdämmung ausserhalb der lastabtragenden Gründungsplatte, d.h. also „umlaufend“, anzubringen. Je nach Nutzung des an das

Gebäude angrenzenden Terrains (Begrünungen, Bepflanzungen, Parkplätze) wären daraus neue Probleme zu erwarten! Überdies hätte eine „ausser umlaufende“ Bodendämmung je nach Plattengeometrie einen wesentlichen Mehrbedarf an Dämmstoff zur Folge.

Im Sinne eines Ausblicks ist schliesslich festzuhalten, dass auch Plattengründungen von beheizten Untergeschossen zumindest eine Randdämmung – mit weiterführender Aussenwanddämmung in optimierter Stärke –erfordern. Da die Untergeschosse in der Regel mehrheitlich betoniert sind und im Zusammenwirken einen relativ starren Körper bilden, kann hier – namentlich im umlaufenden Randbereich des Gebäudes – das Berechnungsverfahren nach dem Prinzip der „elastischen Bettung“ nicht ohne weiteres übernommen werden. Wenn zwar einerseits die Aussteifung durch das Zusammenwirken von Betonplatte und Betonwänden die elastische Verformung als Ganzes merklich reduzieren dürfte, wären andererseits (bei gleichmässiger Lagerung des steifen Druckkörpers !) ausgerechnet

an den Rändern wesentlich höhere Bodenpressungen zu erwarten. Da diese aber wegen „weicher Unterlage“ nicht konzentriert abgetragen werden können, ist als Folge auch bei „Unterkellerungen“ mit erhöhten Zwängsspannungen im aufgehenden Rohbau zu rechnen.

Auch bei unterkellerten Bauten ist es demnach sinnvoll, das Risiko von unkontrollierbaren Beanspruchungen aus randseitiger „Weichlagerung“ des Gebäudes durch die Wahl des „unempfindlichen“ Dämmstoffs FOAMGLAS auszuschliessen.