

FACHBERICHT

LASTABTRAGENDE DÄMMUNG IN MISCHBAUWEISE – NEIN DANKE !

**Warum FOAMGLAS® und Polystyrol Dämmplatten nicht gleichzeitig,
respektive nicht nebeneinander eingebaut werden sollen.**

Heinz Bangerter
Dipl. Bauing. SIA
Projektleiter IG OEKOPRIORITY
Weder + Bangerter AG

1. Worum es hier geht

Gründungsplatten unter beheizten Räumen, aber auch Streifenfundamente und gelegentlich sogar schwer belastete Einzelfundamente werden heute aus energetischen und bauphysikalischen Gründen erdseitig gegen unerwünschten Wärmeabfluss gedämmt.

Da es sich hierbei um keine „normativ geregelte“ Anwendung handelt, muss die Dämmstoffwahl und – Verwendung einer dafür ausgestellten <Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung> des DIBt entsprechen. Es werden darin produktspezifisch abgestimmte Anforderungen, so u. a. auch bezüglich der zulässigen Druckspannung und der Lagenzahl für die vorgesehene Dämmplatte festgelegt. Grundsätzlich sind über die entsprechende Zulassung verschiedenste Produkte von unterschiedlicher Materialbasis (Schaumglas, extrudierter Polystyrol – Hartschaum XPS, expandierter Polystyrol – Hartschaum EPS, u. U. auch andere) zur Verwendung freigegeben.

Für die weiteren Betrachtungen ist hierbei von Interesse, dass eine Zulassung zwar die erlaubte Lagenzahl und die Einbautiefe (z. B. im Grundwasser) vorschreibt – die Verwendung von Dämmstoffen unterschiedlicher Materialbasis unter ein und derselben Flachgründung (z. B. FOAMGLAS® und XPS) aber nicht explizit ausschliesst, respektive gar nicht erst anspricht.

Dieser „Spielraum“ führt nun oft dazu, dass – entweder zwecks vermeintlicher Kosten - ersparnis, oder in der gutgemeinten Absicht, die Dämmstoffqualität auf die lokal unterschiedlichen Druckspannungen abzustimmen – konkurrierende Produkte wie zum Beispiel FOAMGLAS® Typ T4+ und XPS 500 gleichzeitig eingeplant werden. Eine solche Differenzierung ist namentlich bei den eben genannten Konkurrenzprodukten auf den ersten Blick verständlich, da diese gemäss ihrer individuellen Zulassung beide etwa dieselbe zulässige Druckspannung unter Bemessungslast (FOAMGLAS® T4+ = 270 kPa, XPS 500 = 250 kPa) aufweisen.

2. Das Problem mit der Verformung im Allgemeinen

Hinsichtlich der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit des Tragwerks (sowohl der Flachgründung wie auch der aufgehenden Tragelemente wie Stützen, Wände und Decken) spielt nicht nur die Druckfestigkeit der Last abtragenden Dämmung, sondern ebenso deren Verformungsverhalten unter Dauerlast eine entscheidende Rolle. Während sich das Verformungsverhalten des auf FOAMGLAS® gelagerten Bauwerks gegenüber direkter Erdreichlagerung (d. h. ohne Dämmung) dank der Inkompessibilität dieses Dämmstoffs nicht ändert, ist bei Lagerung auf kriechfähiger Polystyrol-Dämmung meistens die Verformungsbegrenzung unter Dauerlast massgebend. Das heisst in praktischer Hinsicht: Die

nach <Zulassung> erlaubte Druckspannung unter Bemessungslast ist für Polystyrol – Hartschaumplatten so festgelegt, dass daraus „auch in ferner Zukunft“ eine Materialstauchung / Einfederung von nicht mehr als 3% der Dämmstärke zu erwarten ist. Wird also eine Dämmplatte XPS 500 von beispielsweise 150 mm Stärke einer Bemessungslast von 250 kPa – entsprechend einer Gebrauchslast von erlaubten 180 kPa – ausgesetzt, so werden damit lokale Langzeitverformungen (z. B. unter Stützen oder Fassadenpartien) von bis zu $0.03 \cdot 150 \text{ mm} = 4.5 \text{ mm}$ in Kauf genommen.

Derartige Kriechverformungen (als Zuschlag auf die elastische Verformung des Erdreichs) übertragen sich auf das gesamte Tragwerk und erzeugen u. U. erhebliche Kräfte – und Spannungsumlagerungen in der Gründungsplatte sowie im tragenden Überbau. Solche (Stützen -) Verschiebungen muss(t)en für eine korrekte Bemessung als „äussere Beanspruchung“ ebenfalls in die Berechnung von Platte und Überbau eingeführt werden. Weil aber derartige „Berechnungen zweiter Ordnung“ oftmals als zu aufwändig erscheinen, erfolgt stattdessen die Kompensation resp. Vermeidung dieses Einflusses über eine entsprechende Verstärkung der Gründungsplatte – was zu einer gleichmässigeren Druckspannungsverteilung und Minderung der Spannungsspitzen führen kann.

Im **ANHANG** zeigt **Bild 1** diesen Zusammenhang unter definierten Randbedingungen für „Beanspruchung unter Einzellast“ und **Bild 2** sinngemäss für den Fall der Lasteinleitung durch eine „schlaffe“, d.h. gemauerte Tragwand.

Diese eben geschilderte, „Allgemeine Problematik“ ist hinlänglich bekannt und dient hier lediglich als Ausgangspunkt, um davon ausgehend zum speziellen (verschärften) Problem als Folge von „Mischbauweise der Dämmschichten“ überzuleiten. Grundsätzlich muss man sich aber fragen, ob die Festlegung einer erlaubten <Druckspannung unter Bemessungslast > für kriechfähige Dämmstoffe nicht besser in Abhängigkeit von variierten, d.h. vom Tragwerks - statiker vorzugebenden Endverformungen ausgehen sollte, so wie er sie im Einzelfall noch mit vernünftigem Aufwand in der Gebäudestatik berücksichtigen könnte.

Im **ANHANG** zeigt **Bild 3** – basierend auf den ausgewerteten Findley – Parametern für XPS 500 – die je nach Verformungsvorgabe und Planungshorizont anzunehmenden, <zulässigen Druckspannungen unter Bemessungslast>.

3. Das spezielle Problem als Folge der Mischbauweise

Die möglichen Gründe, weshalb fallweise verschiedene Dämmstoff - Materialien gleichzeitig zum Einsatz gelangen, sind eingangs aufgeführt. Solange es sich dabei um Produkte von gleicher Materialbasis (verschiedene FOAMGLAS® – Qualitäten; verschiedene XPS –

Qualitäten) handelt, ist dagegen nichts einzuwenden. Die relativen Verformungsunterschiede innerhalb ein und derselben Materialbasis sind baupraktisch belanglos. Nicht aber eine Kombination von (beispielsweise) FOAMGLAS® und XPS – Hartschaum!

Die spezielle Problematik soll an zwei modellhaften Fällen erörtert werden.

3.1 Ausgangslage: Erzwungene Gleichspannung im Boden unter steifem Überbau

Ist das Untergeschoss als Ganzes sehr steif ausgebildet (betonierte Tragwände in relativ kleinen Abständen zu einander) so erzwingt die Konstruktion über einer massiven, sehr biegesteifen Fundamentplatte im relativ weichen Untergrund eine annähernd gleichmässige Bodenpressung (und Dämmstoffspannung). Angenommen, diese belaufe sich unter Gebrauchslast gerade etwa auf die für XPS 500 zulässigen 180 kPa, was auch ungefähr dem entsprechenden Wert für FOAMGLAS® T4+ (190 kPa) entspricht.

Wenn nun der Planer „aus Sicherheitsgründen“, d.h. zur Vermeidung der zu erwartenden Kriechverformungen, entlang der umlaufenden Fassade inkompressibles FOAMGLAS®, im „Innenbereich“ aber die vermeintlich kostengünstigere Lösung mit XPS 500 verwendet, so schafft er sich ein gründungstechnisches Problem:

Mit dem partiellen Austausch des einen Dämmstoffs durch den andern wird zwar die XPS – Dämmung druckspannungs - mässig entlastet (< 180 kPa), jene in der inkompressiblen FOAMGLAS® – Dämmung dagegen entsprechend erhöht – u. U. auch über ihren zulässigen Wert hinaus. Je nach dem, wie sich die Flächenanteile darstellen, ergeben sich aus ursprünglich einheitlichen 180 kPa jedenfalls erhebliche Verschiebungen in der Dämmstoff – und der Bodenpressung.

Im **ANHANG** zeigen die **Bilder 4a und 4b** den Zusammenhang für definierte Randbedingungen.

Diese Umlagerungen der Dämmstoff - und der Bodenpressung

bewirken erhebliche Veränderungen in den ursprünglichen Berechnungsergebnissen.

Was gründungstechnisch oftmals hergestellt werden muss – lokaler Bodenaustausch zur Erzielung einer möglichst gleichmässigen Lagerungssituation für das Gebäude – wird hier, so denn diese Gleichmässigkeit naturgemäss gegeben ist, durch die Mischbauweise in der Dämmstoffwahl unnötigerweise kompromittiert! Dies kann insbesondere bei sogenannten <Weissen Wannen>, welche auf absolute Rissfreiheit angewiesen sind, gefährlich werden.

3.2 Ausgangslage: Elastische Randbettung der Gründungsplatte unter Fassadenstützen

Namentlich bei nicht – unterkellerten Fundamentplatten / Hallenböden, deren Überbau meistens in Skelett – Bauweise mit konzentrierten Stützenlasten entlang des Plattenrandes resp. der

Fassade erstellt wird, erfolgt ein Grossteil des Wärmeabflusses über den Boden entlang des Randbereiches via Erdreich ins Freie. Es ist daher naheliegend, dass, dem Umfang des beheizten Bodens folgend, der Randbereich unter der Fundamentplatte wesentlich stärker als die verbleibende „Grossfläche“ (wenn nicht gar exklusiv) gedämmt wird. Solange es sich hierbei um inkompressibles FOAMGLAS® handelt, spielt die gewählte Dämmstärke ($d \geq \text{Null}$) gegenüber dem ungedämmten, resp. schwächer gedämmten Bereich gründungstechnisch überhaupt keine Rolle.

Handelt es sich bei der (allenfalls ausschliesslichen) Randdämmung jedoch um ein kriechfähiges Material wie XPS oder EPS, so stellt sich dasselbe Problem dar, wie im Übergangsbereich zwischen verlegtem FOAMGLAS® und angrenzendem XPS ganz allgemein. Es liegt ein „Sprung“ in der Bettungssituation vor, was neuerdings zu lokalen Last – und Spannungsumlagerungen im Plattenquerschnitt führt. Während willkürliche Materialwechsel unter der Gründungsplatte mit vernünftigem Rechenaufwand kaum erfasst werden können und allein schon deshalb auf die fragliche „Mischbauweise“ verzichtet werden sollte, kann die Konsequenz am Beispiel der (exklusiven) Randdämmung recht anschaulich verdeutlicht werden.

Im **ANHANG** zeigt **Bild 5** mit <Schema – Grundriss und Tabelle 1> den grossen Einfluss einer XPS – Dämmung auf den Bettungsmodul im Randbereich (und gegenüber dem Innenbereich) unter definierten Randbedingungen. Die Folge davon ist – hinsichtlich der unterschiedlichen Stützensenkungen – in **Bild 6** für die Plattenstärke $d = 250$ mm dargestellt. Besonders markant aber ist die Zunahme der Gurtfeld – Momente als Folge, bzw. in Abhängigkeit der veränderten Bettungssituation, wie in **Bild 7** dargestellt.

Ähnliche Verschlechterungen für den Betonplatten – Querschnitt durch „Bettungssprünge“ als Folge ungleicher E – Moduli, wie hier für den stärker gedämmten Plattenrand dargestellt, ergeben sich grundsätzlich immer aus der kritisierten Mischbauweise – sind aber rechnerisch meistens nicht so einfach zu erfassen.

4. Fazit

Es bleibt eine zentrale Erkenntnis haften: In analoger Weise, wie (beispielsweise) eine kraftschlüssig auf Zug geklebte Fläche nicht gleichzeitig mit ein paar „ergänzenden Sicherungsnägeln“ wirken kann, denn

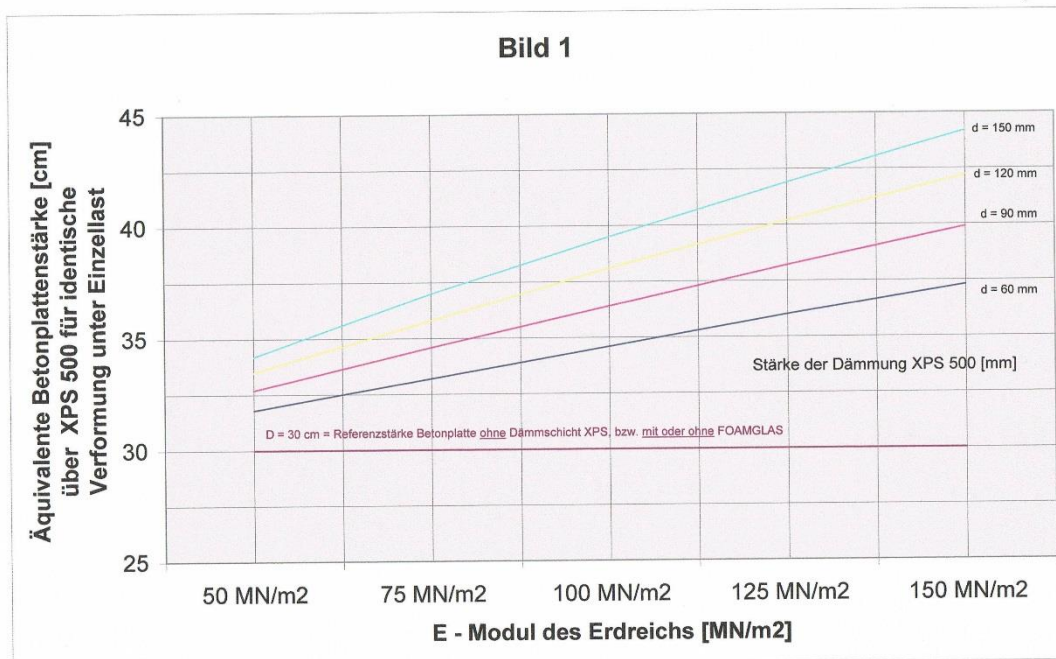
→ entweder es wirkt die verformungsfreie Klebung und der Nagel überhaupt noch nicht, oder die verformungsbedingte Tragfähigkeit des Nagels steht ohne Klebeunterstützung da.

so verhält es sich im Prinzip auch bei Mischbauweise mit Dämmstoffen von unterschiedlichem Druck -/ Stauchungsverhalten (E – Modul), denn

→ aus erzwungener, identischer Stauchung von ungleichen Dämmstoffen werden – selbst bei gleicher zulässiger Druckspannung – u. U. sehr ungleiche Pressungen übertragen, womit auch das Tragwerk als Ganzes entgegen den Erwartungen beansprucht wird.

Mischbauweise ist somit auch bei statisch relevanten Dämmstoff – Anwendungen tunlichst zu vermeiden!

ANHANG



Randbedingungen:

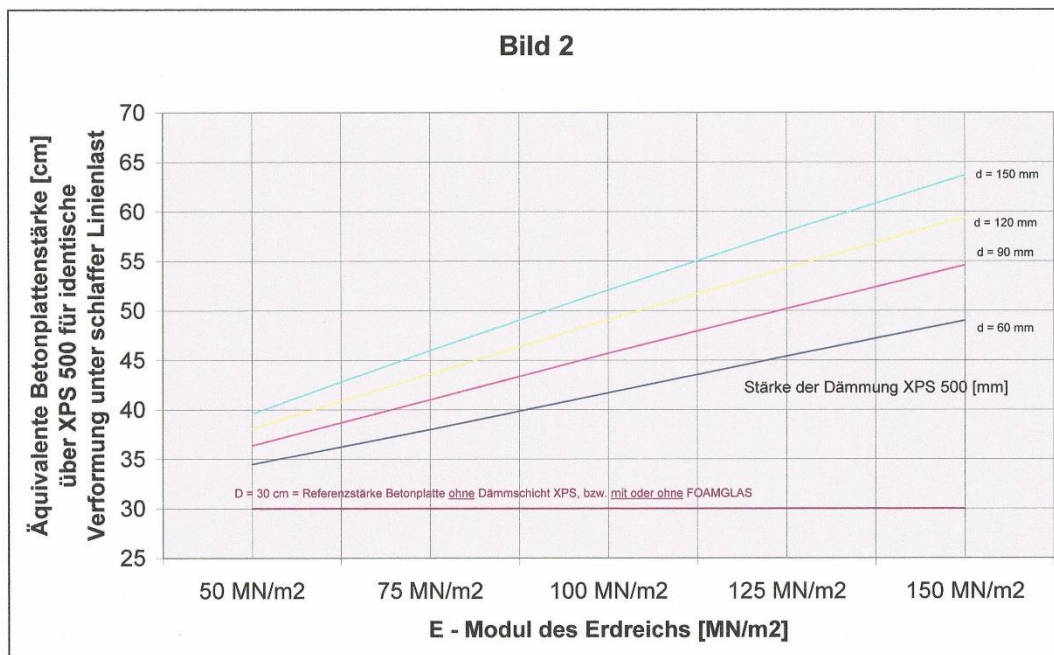
E – Modul XPS 500 ca. 8 MN/m²; E – Modul Betonplatte d =30 cm ca. 30 GN/m²

Quelle und thematische Vertiefung:

[LINK zum ONLINE - BERECHNUNGSTOOL 2d - Flachgründung auf Wärmedämmschicht.zip](#)

Fazit bezüglich Mischbauweise:

Wird bei einer auf inkompressibler Dämmschicht aufliegenden Fundamentplatte ein Teil der Gründungsfläche durch kriechfähige Dämmung (von gleicher zulässiger Druckspannung) ersetzt, muss / müsste in diesen Bereichen die Betonplatte gegen erhöhte Verformungen unter den Einzellasten verstärkt werden. Da dies baupraktisch nicht möglich ist, entstehen als Folge der Mischbauweise unkalkulierte Plattenverformungen und Biegespannungen sowie Zwangsspannungen im statischen Überbau. Mischbauweise ist demzufolge abzulehnen.



Randbedingungen:

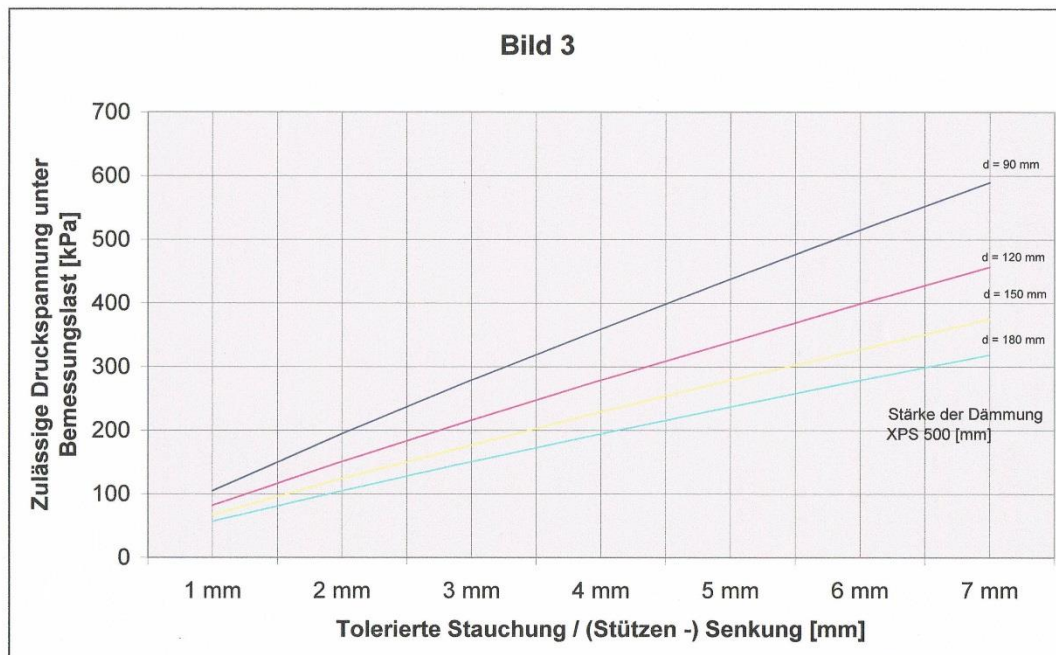
E – Modul XPS 500 ca. 8 MN/m²; E – Modul Betonplatte d =30 cm ca. 30 GN/m²

Quelle und thematische Vertiefung, weiterhin:

[LINK zum ONLINE - BERECHNUNGSTOOL 2d - Flachgründung auf Wärmedämmschicht.zip](#)

Fazit bezüglich Mischbauweise:

Es gilt weiterhin das zu Bild 1 schon Gesagte. Handelt es sich dabei aber um einen „ausgetauschten“ Flächenbereich unterhalb einer tragenden, nicht aber kraftschlüssig mit der Foundation verbundenen Wand aus Mauerwerk, so wird diese – bei fehlender Verstärkung der Gründungsplatte – als Folge der „nachgiebigen Unterlage“ gezwungen, die Lasten selbsttragend als Wandscheibe zu übernehmen. Dies führt zwangsläufig zu Horizontalrissen im Mauerwerk, was im Umkehrschluss auch hier eine Mischbauweise in der Last abtragenden Dämmebene verbietet.



Randbedingungen:

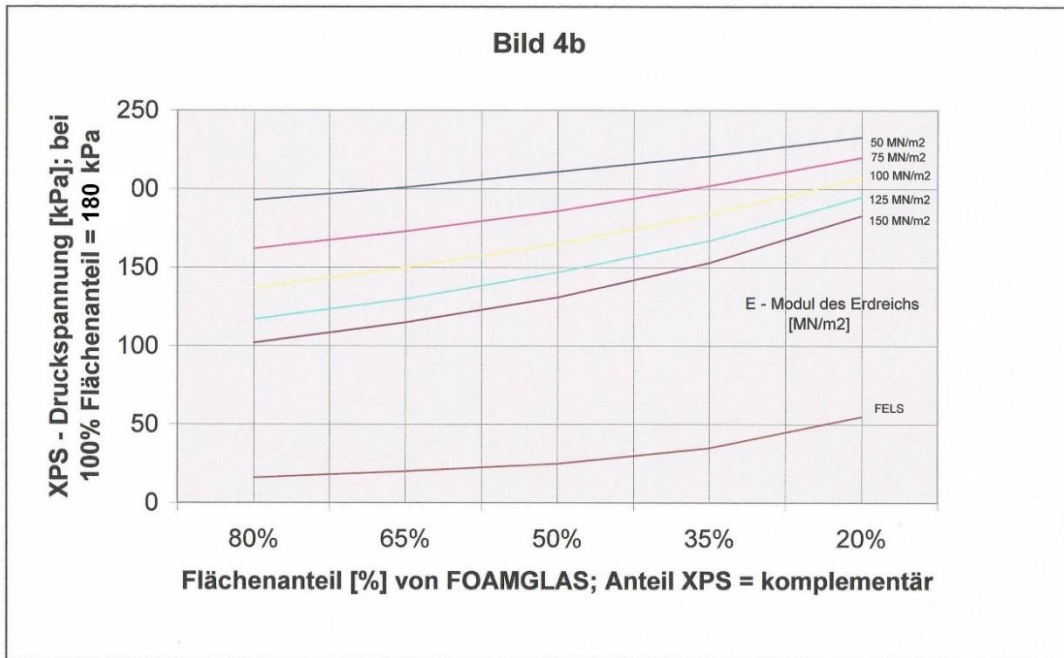
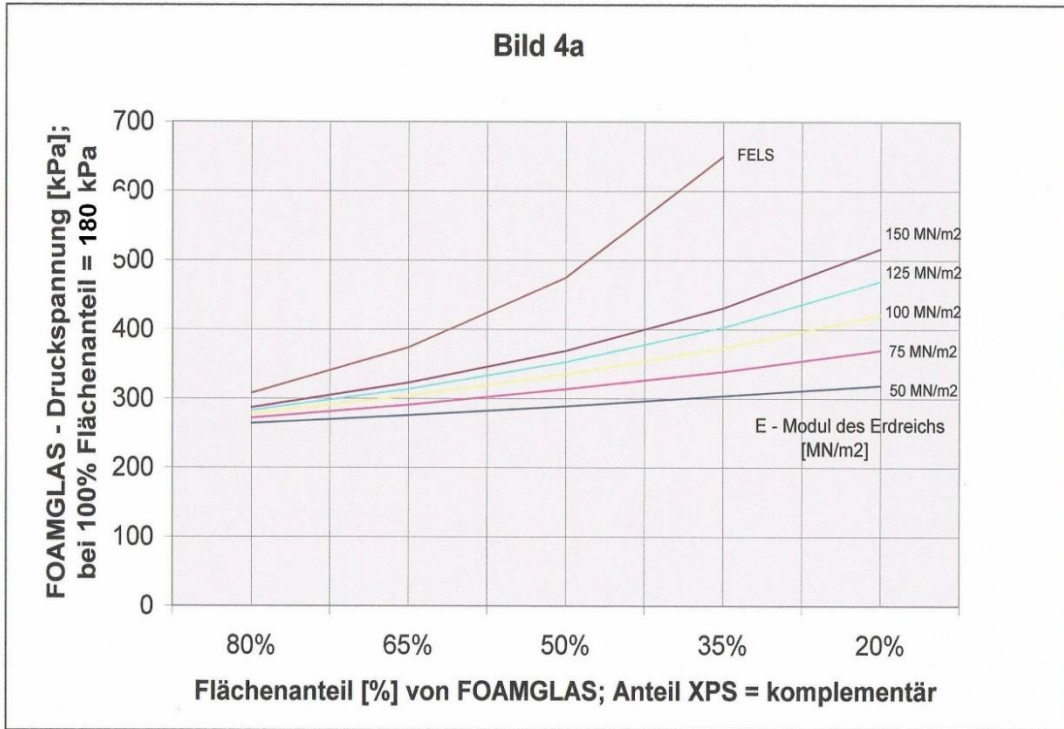
E – Modul XPS 500 ca. 8 MN/m²; Planungshorizont 50 Jahre

Quelle und thematische Vertiefung:

[Freie Bemessung von XPS - Dämmplatten unter Dauerlast.zip](#)

Fazit bezüglich Mischbauweise:

Soll Mischbauweise, d.h. FOAMGLAS® - und XPS - Dämmung nebeneinander unter ein – und derselben Gründungsplatte, z. B. aus vermeintlichen Kostengründen realisiert werden, so muss sich die zulässige Druckspannung der kriechfähigen XPS – Dämmung nach der tolerierten Verformung / Stützensenkung richten, wie sie allein als Folge der Erdreichbettung (bzw. FOAMGLAS® – Lagerung) entstünde. Dies wiederum würde entsprechende (lokale) Anpassungen der Gründungsplatte bedingen, was bautechnisch nicht realisierbar ist.



Randbedingungen:

E – Modul XPS 500 ca. 8 MN/m²; E – Modul FOAMGLAS ≥ E – Modul Erdreich

Quelle und thematische Vertiefung:

[Spannungsverteilung in Bettungsschichten mit zwei verschiedenen Steifemoduli.zip](#)

Fazit bezüglich Mischbauweise:

Wird zum Beispiel an eine erste, unterkellerte Bauetappe mit erdseitiger Fundamentdämmung an der aufgehenden Kellerwand im „Höhenversatz“ die Foundation einer zweiten Bauetappe mit identischer Dämmung fugenlos angeschlossen, so findet zwischen den Lasten aus Etappe 1 und Etappe 2 druckspannungsmässig ein Ausgleich statt: Die beiden Fundamente unter der Kellerwand wirken nun wie ein Fundament. Wird unter der einen Etappe FOAMGLAS®, unter der zweiten aber XPS verwendet, so findet als Folge der unterschiedlichen

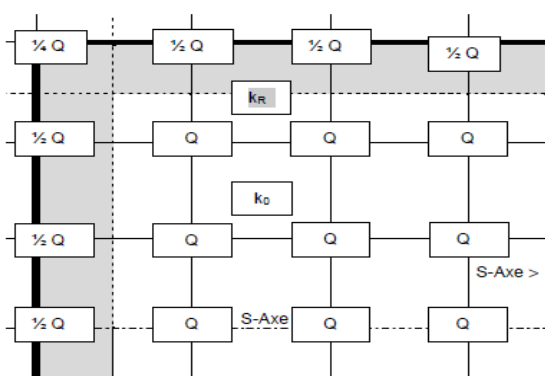
E – Moduli des Untergrundes eine ungewollte Spannungsumlagerung in Abhängigkeit der mit FOAMGLAS® – resp. XPS Dämmung versehenen Flächenanteile statt.

Bild 4a zeigt den Zuwachs an Druckspannung im FOAMGLAS – ausgehend von ursprünglichen 180 kPa bei 100% Flächenanteil.

Bild 4b zeigt die Abnahme an Druckspannung im XPS 500 – ausgehend von ursprünglichen 180 kPa bei 100% Flächenanteil.

Bild 5

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/m², E – Modul XPS 500 = ca. 8 MN/m²).

Stützenraster	= 6.0 m
Dämmbreite	= 3.0 m
Bettungsmodul	= k _R , k ₀
Stützenlast	= Q

Bild 6

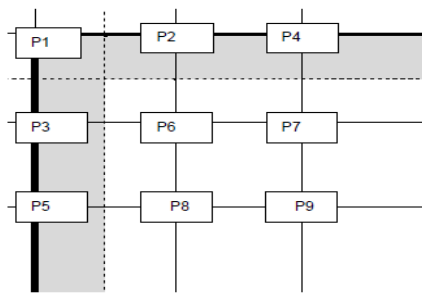
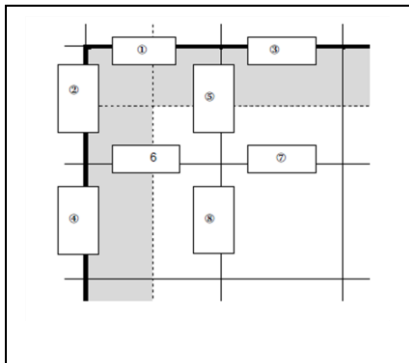


Tabelle 2: Bezogene Setzungen (lokale Einsenkung / lokale Last in $[mm \cdot 10^6]$) je nach Lage und Bettungssituation. Für Bodenplatte $d = 250 \text{ mm}$

Betonplatte $d = 250 \text{ mm}$						
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

Bild 7



Betonplatte $d = 250 \text{ mm}$						
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

Randbedingungen:

Bild 5 siehe **Tabelle 1**;

Bild 6 siehe **Tabelle 2**;

Bild 7: Prozentuale Zunahme der Feldmomente im Gurtbereich; für Betonplatte $d = 250 \text{ mm}$

Quelle und thematische Vertiefung: [Flachgründung auf Dämmschicht.pdf](#)

Fazit bezüglich Mischbauweise: In gleicher Weise, wie eine ausschliessliche oder verstärkte Dämmung mit kriechfähigem Dämmstoff des Plattenrandes zu dessen zusätzlicher Beanspruchung (Einfederung \rightarrow Bild 6, Biegemomente \rightarrow Bild 7) führt, erzeugt die Mischbauweise unter einer Gründungsplatte partiell deutlich höhere Beanspruchungen als wie bei einheitlicher Dämmung erwartet.