

FREIE BEMESSUNG VON XPS – DÄMMPLATTEN UNTER DAUERLAST

Anlass: Die folgende Abhandlung mit Berechnungsmodell hat ihren Ursprung in der Kritik am aktuellen Bemessungsprinzip für extrudierte Polystyrol – Hartschaumplatten unter Dauerlast, wie sie in: [DIBt - Zulassung von Dämmstoffen unter lastabtragender Gründung2.pdf](#) formuliert ist.

Vorschlag: Es wird vorgeschlagen, dass bei lastabtragenden Gründungen seitens Planer situativ (oder gegebenenfalls normiert) ein konkretes, maximales Senkungsmass in Millimetern als Kalkulationsvorgabe für die aufgehende Tragkonstruktion festgelegt werden soll. Über ein entsprechendes Rechenprogramm kann dann je nach Dämmdicke und gewähltem Planungshorizont [Jahre] jener Bemessungswert der Druckspannung ermittelt werden, welcher der vorgesehenen XPS – Qualität (XPS 700, XPS 500) gerade noch zuzumuten ist. Liegt dieser erlaubte Spannungswert unterhalb der Spannung aus realer Bemessungslast, so kann letztere durch eine Verstärkung der Gründungsplatte (→ höhere Biegesteifigkeit = Minderung der Spannungsspitzen) auf das zulässige „Bemessungsniveau“ für den gewählten Dämmstofftyp gesenkt werden.

Begründung: Bei statisch unbestimmten Systemen (über den Stützen durchlaufende Deckenträger, Flachdecken, allg. bei Massivbauweise) verursacht jede Stützensenkung – z.B. als Folge von Dämmstoffkriechen – Umlagerungen der Biegemomente sowie Zwangsspannungen in der aufgehenden Tragkonstruktion. Zu deren Erfassung sind solche Einfederungen / Verformungen separat als äussere Beanspruchung in die statische Berechnung des Überbaus einzubringen. Wenn aber, wie heute praktiziert, aus einer berechneten Bemessungsspannung eine End – Stauchung im eingesetzten Dämmstoff von (maximal) 3% erwartet wird, so sind dies je nach Dämmstärke Setzungsmasse z.B. unter Einzel – oder Linienlasten bis zu „erlaubten“ 9 mm! Je nach Konstruktionsweise des Überbaus entstehen aus derart hohen, lokalen Relativ – Verschiebungen kaum mehr zu bewältigende Zusatzspannungen. Es ist deshalb klüger und naheliegender, von einer „bekannten“ resp. zugelassenen Verformung [mm] ausgehend, entweder die vorgesehene XPS – Qualität über den Nachweis ($f_{cd \text{ XPS zul.}} \geq \sigma_{vorh} \cdot \gamma_F$) zu rechtfertigen, oder durch eine Plattenverstärkung die Beanspruchung ($\sigma_{vorh} \cdot \gamma_F$) auf den zulässigen Wert für die gewählte XPS – Qualität ($f_{cd \text{ XPS zul.}}$) zu reduzieren.

Rechenmodell: Das im vorliegenden zip – Ordner eingeschlossene xls – Berechnungstool geht von den mitgeteilten (berichtigten) Findley – Parametern <m> und aus:

$$\text{XPS 700: } m = 3.9296 \cdot 10^{-7} \cdot \sigma + 6.0919 \cdot 10^{-12} \cdot \sigma^3 \text{ und } \rightarrow b = 0.25968 - 3.3955 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma$$

$$\text{XPS 500: } m = 2.7950 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma + 1.6177 \cdot 10^{-12} \cdot \sigma^3 \text{ und } \rightarrow b = 0.23360 + 2.1558 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma$$

Merke: σ bezeichnet hierin die real herrschende Spannung, egal ob aus Bemessungslast oder aus Gebrauchslast entstanden!

Nach Festlegung der Dämmstärke [mm], der (erlaubten) Endstauchung [mm] und des Planungshorizontes [Jahre] erfolgt durch Regression die Zuordnung der den Vorgaben entsprechenden Dauerdruckspannung ($f_{cd \text{ XPS zul.}}$).

In **Tabelle 1** des Berechnungstools werden die Werte geliefert, falls für den Teilsicherheits - Beiwert (γ_M) normgemäss der Zuschlagswert Faktor 1.3 (für den „Kriechanteil“) veranschlagt wird. In **Tabelle 2** ist dieser Faktor zu Vergleichszwecken = 1.0 gesetzt.

Für die Qualität XPS 700 wird in beiden Tabellen zudem unterschieden nach dem so genannten „Kurzzeit – E – Modul“. Auf der linken Seite des Resultatfeldes werden die Resultate basierend auf $E_0 = 54 \text{ MPa}$ geliefert, auf der rechten Seite jene für $E_0 = 40 \text{ MPa}$. Beide Werte finden sich für XPS 700 in der Literatur. Die Ergebnisse für XPS 500 sind – nur für $E_0 = 30 \text{ MPa}$ – jeweils auf der rechten Seite von Tabelle 1 und 2 dargestellt. Die den (roten) Resultatfeldern folgenden Tabellen beziffern nebst den Findley – Parametern $\langle m \rangle$ und $\langle b \rangle$ die Verformungsanteile – stets in Abhängigkeit der einwirkenden Druckspannung – aus Spontanbelastung und aus „Kriechanteil“. Die fetten Spalten beziffern die Endverformung je nach äusserer Beanspruchung gemäss Spalte A resp. H (kPa).

Resultatbeispiele aus xls - Berechnungstool:

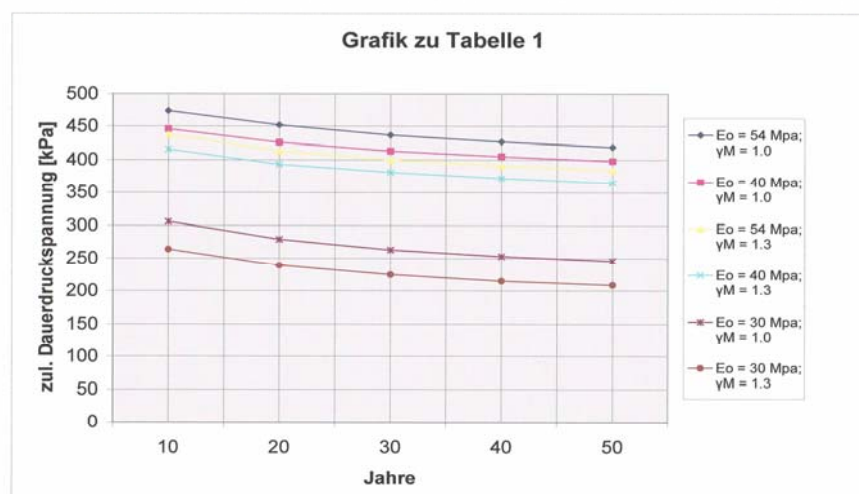
Ausgehend von einer laut DIBt max. zulässigen **Dämmstärke = 300 mm** mit erlaubter Verformung von 3% entsprechend einem **Stauchungsmass = 9 mm**, ergeben sich für mehrlagige*** Dämmschichten je nach Planungshorizont [Jahre] die folgenden zulässigen Dauerdruckspannungen ($f_{cd \text{ zul.}}$ [kPa]):

Merke: *** Die Abminderung gegenüber einlagiger Verlegung entspricht im Verhältnis der gleichen Reduktion wie in der „DIBt - „Zulassung“ vorgegeben. (XPS 700: 0.872; XPS 500: 0.822).

Typ	Planungshorizont [Jahre]				
	10	20	30	40	50
$E_0 = 54 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	473	452	437	427	419
$E_0 = 40 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	446	426	413	405	398
$E_0 = 54 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	438	413	400	391	384
$E_0 = 40 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	416	393	381	372	365 *
$E_0 = 30 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	306	279	263	253	246
$E_0 = 30 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	264	239	225	215	209 **

Tabelle 1: Zulässige Dauerdruckspannungen ($f_{cd \text{ zul.}}$) in kPa

Vergleiche <DIBt – Zulassung, mehrlagig>: *XPS 700 = 310 kPa, **XPS 500 = 210 kPa

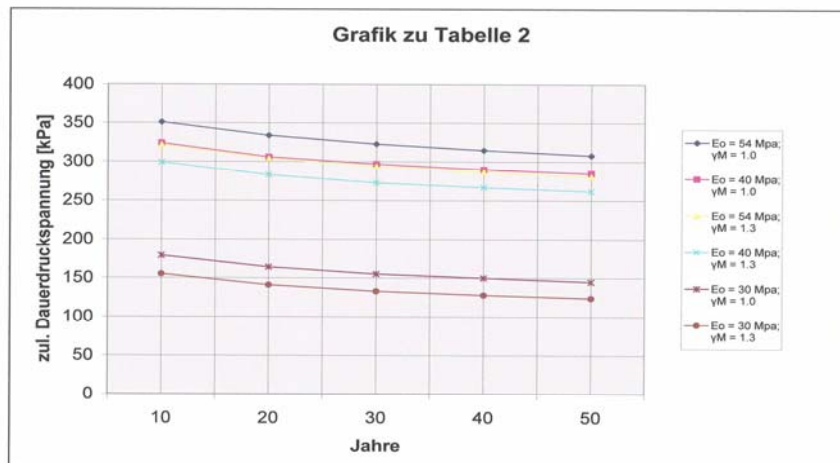


Zum Vergleich die Ergebnisse für weiterhin **Dämmstärke = 300 mm**, aber mit (allenfalls statisch begründeter) Begrenzung der Einfederung auf ein **Stauchungsmass = 5 mm** (wie beispielsweise in <Norm SIA 271 Abdichtungen von Hochbauten> postuliert): Es ergeben sich für weiterhin mehrlagige*** Dämmschichten je nach Planungshorizont [Jahre] die folgenden zulässigen Dauerdruckspannungen ($f_{cd \text{ zul.}}$ [kPa]):

*Merke: *** Die Abminderung gegenüber einlagiger Verlegung entspricht im Verhältnis der gleichen Reduktion wie in der „DIBt - „Zulassung“ vorgegeben. (XPS 700: 0.872; XPS 500: 0.822).*

Typ	Planungshorizont [Jahre]				
	10	20	30	40	50
$E_0 = 54 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	351	334	323	315	308
$E_0 = 40 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	324	306	297	290	285
$E_0 = 54 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	322	304	294	287	281
$E_0 = 40 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	299	283	273	267	262
$E_0 = 30 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.0$	179	164	155	150	145
$E_0 = 30 \text{ MPa}; \gamma_M = 1.3$	155	141	133	128	124

Tabelle 2: Zulässige Dauerdruckspannungen ($f_{cd \text{ zul.}}$) in kPa



Diskussion: Zu diskutieren ist allenfalls noch die Frage, welches Stauchungsmass [mm] für eine Berechnung vorzugeben ist:

- jenes, das sich unter der Gebrauchslast einstellen darf, oder
- jenes, das unter der um den Teilsicherheitsbeiwert γ_F (Lastfaktor) erhöhten Nenn – oder Gebrauchslast einzuhalten ist.

Soll a) gelten, so stellt die Resultatabletung im xls – Tool (entgegen der Bezeichnung) die zulässige Spannung unter Gebrauchslast dar – die Bemessungslast darf in diesem Fall um den Faktor 1.4 grösser sein. Entsprechende Anwendungen sind allenfalls dort gegeben, wo die Verformung höchstens einen Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit, nicht aber auf die „nachbarliche Statik“ hat. Die Festlegung in Norm SIA 271 <Abdichtungen von Hochbauten> beispielsweise, wonach die Verformung von Dämmstoffen unter Dauerlast höchstens 2% der Dämmdicke, maximal aber 5 mm aufweisen darf, kann u. E. dieser Kategorie zugeordnet werden. Die zulässige Grenzverformung kann sich in diesem Fall auf vorgegebene Gebrauchslasten (z. B. in Norm SIA 251 <Schwimmende Estriche im Innenbereich> beziehen.

Ist die als erlaubt vorgegebene Stauchung [mm] für die „benachbarte Statik“ von Belang, so ist zweifelsfrei Fall b) massgebend. Dies trifft ganz speziell dort zu, wo sich aus der Verformung eine (Stützen -) Einsenkung ergibt, die zu Momenten – Umlagerungen und Zwangsspannungen in der angrenzenden Tragkonstruktion führen kann. Hier ist jene (maximale) Verformung als „äussere Last“ einzubringen, die sich unter ungünstigen Verhältnissen ($\gamma_F \cdot \text{Nennlast}$) tatsächlich einstellen könnte. Dieser Fall b) ist „bei Gründungsplatten“ der absolute Regelfall!

Das xls – Berechnungstool erlaubt im Übrigen auch „**die umgekehrte Problemlösung**“:

Für eine vorhandene Druckspannung aus Gebrauchslast oder aus Bemessungslast [kPa] kann die je nach unterlegtem XPS – Dämmstoff zu erwartende Stauchung (iterativ) bestimmt werden, indem geschätzte Stauchungsmasse sooft als <Vorgabe> in die Datei eingegeben werden, bis die resultierende, zulässige Druckspannung (roter Feldbereich) der tatsächlichen Druckerzeugung entspricht.

Mai 2012 /Ba.