

## ZUM TRAGVERHALTEN VON DÄMMSTOFFEN

### BEMESSUNGSKRITERIEN FÜR SCHAUMGLASPLATTEN UND KUNSTSTOFF – HARTSCHÄUME UNTER RUHENDER UND ROLLENDER LAST

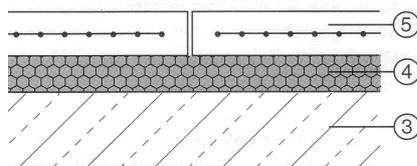
H. Bangerter, berat. Ing. usic/sia, CH 8302 Kloten

Dämmstoffe aus Schaumglas sowie aus Kunststoff – Hartschaum sind grundsätzlich in der Lage, ruhende und rollende Lasten schadensfrei abzutragen. Dennoch unterscheiden sie sich bezüglich ihres Tragverhaltens in mancherlei Hinsicht und erfordern als Bestandteil der lastabtragenden Konstruktion eine sehr differenzierte Betrachtungsweise.

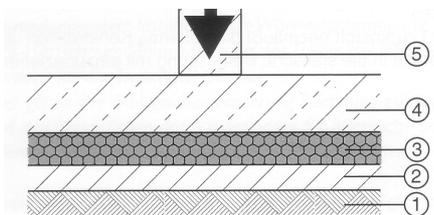
#### PRAKTISCHE BELASTUNGSFÄLLE

Aus der Vielfalt an Dämmstoff – Anwendungen können deren drei als „typisch lastabtragend“ herausgegriffen werden. Es handelt sich dabei um die sogenannte „Parkdeck – Situation“ (Bild 1), um die klassische „Gründungssituation“ (Bild 2) und um eine Kombination der beiden, hier als „Hallenboden – Situation“ (Bild 3) bezeichnet.

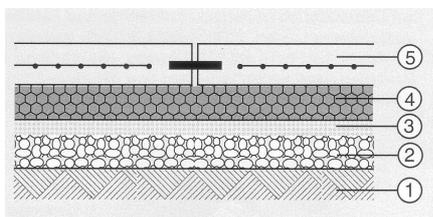
In allen Fällen wird die Dämmschicht unter einer lastverteilenden Nutzplatte auf Druck beansprucht. Im Fall nach **Bild 1** stellt die Dämmschicht dabei eine sog. „elastische Feder“ über starrer Unterlage dar und erfährt dadurch die spezifisch grösste Druckspannung der drei Anwendungen. Bei der Lagerungssituation nach **Bild 2** und **Bild 3** ist die resultierende Druckspannung im Dämmstoff abgemindert – und zwar je nach Elastizität / „Weichheit“ des darunterliegenden Erdreichs.



- Bild 1**
- ⑤ lastverteilende Nutzplatte / Fahrbelag
  - ④ lastabtragender Dämmstoff
  - ③ massive Tragdecke



- Bild 2**
- ⑤ Einzel – oder Linienlast, ruhend oder rollend
  - ④ lastverteilende Gründungsplatte / Nutzschiene
  - ③ lastabtragender Dämmstoff
  - ② Beton – Sauberkeitsschicht (Version 1)
  - ① Erdreich gewachsen oder verdichtet (Version 1)



- Bild 3**
- ⑤ lastverteiler Hallenboden, evtl. verdübelt
  - ④ lastabtragender Dämmstoff
  - ③ Feinsplitt oder Sandausgleich (Version 2)
  - ② Kiesschicht, verdichtet (Version 2)
  - ① Erdreich gewachsen oder verdichtet (Version 1/2)

Dieser Bettungs – Zusammenhang gilt für alle in Frage kommenden Dämmstoffe. Dennoch sind schon hier – abgesehen von der unterschiedlichen Belastbarkeit ( $N/mm^2$ ) für die einzelnen Produkte – klare Unterschiede zwischen Schaumglasdämmung bzw. Kunststoff – Hartschaum – Anwendungen festzustellen. Namentlich dann, wenn es sich um ruhende Lasten von beliebiger Einwirkungsdauer handelt, spielt neben der rechnerischen Druckspannung das Kriechverhalten des Dämmstoffs – also dessen plastische Verformbarkeit unter gleichbleibender Dauerlast – eine massgebende Rolle für den betreffenden Bauteil als Ganzes. Auf den grossen Unterschied zwischen Schaumglas und den verschiedenen Arten von Kunststoff – Hartschäumen wird ebenfalls später noch eingegangen.

Neben diesen drei „flächigen“ Hauptanwendungen gemäss Bild 1 bis 3 finden sich für druckbeanspruchte Dämmstoffe noch eine Vielzahl von „linearen Spezialfällen“. Zu denken ist dabei an Mauerfussdämmungen unter tragenden oder nichttragenden (Eigengewicht) Wänden und Brüstungen gegen Kältebrücken, Tragrost – Unterlage zur Boden – oder Fassaden – Montage, usw.

Ohne dass auf diese Sonderfälle näher eingegangen wird, kann nicht genug betont werden, dass eine differenzierte Betrachtungsweise für den entsprechenden Dämmstoffeinsatz hier ebenso wichtig und von grosser Tragweite sein kann.

## **TRAGSICHERHEIT UND GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT**

Durch diese beiden Begriffe kommt zum Ausdruck, dass die Bemessung eines Bauteils unter Mitverwendung von druckbeanspruchtem Dämmstoff zwei verschiedenen Kriterien zu genügen hat. Die beiden Begriffe sind der „eigentlichen Tragwerksstatik“ entlehnt und besagen, dass nebst der normativ nachzuweisenden Tragsicherheit auch individuelle Ansprüche an das Bemessungsobjekt (Rissefreiheit, Verformungsbegrenzung, Dichtigkeit usw.) formuliert werden können. Auf die drei vorstehend gezeigten Anwendungsgebiete bezogen heisst dies folgendes:

- Bei der „Parkdecksituation“ ist die Tragsicherheit (der starren Betondecke / Unterlage) nicht von der Beanspruchbarkeit der Dämmschicht und des Nutzbelags abhängig. Hingegen ist die Gebrauchstauglichkeit des Nutzbelags von der „Tragsicherheit“ des darunterliegenden Dämmstoffs mitbestimmt.
- Bei der „Gründungssituation“ hingegen ist nicht bloss die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Gründungsplatte (als Nutzbelag und Flächenfundament), sondern sogar die Standsicherheit und das Setzungsverhalten des gesamten Gebäudes von der „Tragsicherheit“ des Dämmstoffs abhängig.

- Bei der „Hallenboden – Situation“ schliesslich stellt sich für dieses flächig gelagerte Bauteil die Frage der Tragsicherheit „als Ganzes“ nicht. Hingegen spielt für dessen Gebrauchstauglichkeit natürlich auch hier die „Tragsicherheit“ des Dämmstoffs eine wichtige Rolle.

Es liegt auf der Hand, dass die Sicherheitsansprüche an den Dämmstoff differenziert werden müssen, je nach dem, ob dieser einen Einfluss auf die Standfestigkeit des Gebäudes, auf die Tragsicherheit des Bauteils, oder „nur“ auf dessen Gebrauchstauglichkeit ausübt.

Um hier plausible Abstufungen der zulässigen Druckbeanspruchung festlegen zu können ist es jedoch unabdingbar, die entsprechende Druckspannungscharakteristik für einen bestimmten Dämmstoff (namentlich im „kritischen“ Fraktilbereich  $\leq 10\%$  Unterschreitungshäufigkeit) zu kennen. Die kontrollierte Bemessung kann dann nach der neuerdings gebräuchlichen Beziehung erfolgen:  $Q_{\text{nenn}} \cdot \gamma_Q \leq R / \gamma_R$  [ 1 ]

$Q_{\text{nenn}}$  = Nenn – oder Gebrauchslast

$\gamma_Q$  = „Unsicherheitsfaktor“ bezüglich der normativen Lastvorgaben

$\gamma_R$  = „Unsicherheitsfaktor“ bezüglich der statischen Modellannahme und - Abmessungen

$R$  = Materialwiderstand

Die Koeffizienten ( $\gamma_Q \cdot \gamma_R$ ) entsprechen einem „statischen Sicherheitsfaktor“ (bei Beton – konstruktionen ist beispielsweise ein Wert 1.75 bis 2.10 gefordert), und haben nichts mit „spezifischer Materialfestigkeit“ zu tun. Wird obige Gleichung daher nach  $R$  aufgelöst:

$R \geq Q_{\text{nenn}} \cdot (\gamma_Q \cdot \gamma_R)$ , so ist der erforderliche Druckwiderstand des Dämmstoffs aus

gegebener Situation eindeutig bestimmt. Die Frage ist jetzt nur, mit welcher

Wahrscheinlichkeit dieser Wert eingehalten, bzw. mit welcher Häufigkeit er maximal

(bei unendlich vielen Kontrollen) soll unterschritten werden dürfen. Ist der Zusammenhang

„Materialfestigkeit /Unterschreitungshäufigkeit“ auf Grund einer möglichst grossen,

„einmaligen“ Stichprobenerhebung nach Materialqualitäten bekannt, kann die erforderliche

Qualitätsklasse eines Dämmstoffs zur Einhaltung des erforderlichen Bemessungswertes  $R$

– je nach Lastsituation und Anspruch an den Bauteil als Wert mit ...% Unterschreitungs -

häufigkeit – ausgewählt werden. Entsprechendes findet sich für Schaumglas im Abschnitt

„Materialeigenschaften und Prüfkriterien“.

Die neben der Druckfestigkeit zweite wichtige Dämmstoffeigenschaft, nämlich das eingangs erwähnte Kriechverhalten, führt nun aber dazu, dass bei dessen Vorhandensein – also bei allen Kunststoff – Hartschäumen, nicht aber bei Schaumglas – die eben skizzierte Druckspannungscharakteristik nicht eindeutig definiert werden kann. Weiter führt diese Eigenschaft dazu, dass die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion bei Überbeanspruchung des Dämmstoffs derart stark gemindert wird, dass sich die Frage der Tragsicherheit oftmals

gar nicht mehr stellt. Mit anderen Worten: Bei den stauchungsfähigen und temperaturabhängigen Kunststoff – Hartschäumen kann die theoretisch mögliche (geringe) Druckfestigkeit – bei vorgegebener Gesamtstärke einer (Boden -) Konstruktion beispielsweise – meistens nicht ausgeschöpft werden. Die Belastungsbegrenzung (oder die erforderliche Konstruktionsverstärkung) ergibt sich in der Regel aus dem ungünstigen Verformungsverhalten des Kunststoff - Hartschaums, und nicht aus dessen Druckspannungsbegrenzung.

Weiteres dazu ebenfalls im folgenden Abschnitt.

## **MATERIALEIGENSCHAFTEN UND PRÜFKRITERIEN**

Die unterschiedlichen Eigenschaften von Schaumglas als anorganisches, temperaturunempfindliches Produkt einerseits, und Kunststoff – Hartschaum als organischer Thermoplast andererseits haben zur Folge, dass für deren baupraktische Verwendung auch grundverschiedene Normprüfungen zu bestehen sind. Dies wiederum führt dazu, dass in den einschlägigen Materialnormen ebenfalls sehr unterschiedliche Grenzwerte je nach Dämmstoff festgeschrieben werden, auch wenn diese für ein und denselben Verwendungszweck in Betracht kommen.

Es ist deshalb nicht immer einfach, die Bedeutung der normativ erfüllten Leistungspotentiale von unterschiedlichen Materialien (speziell von Schaumglas gegenüber Hartschaum – Dämmstoffen) für die baupraktische Umsetzung zu erkennen. Solche methodischen Unterschiede finden sich übrigens auch bei sogenannten bauphysikalischen Prüfkriterien, wobei aber auf diese hier nicht näher eingegangen wird.

**Hinsichtlich des Druckverhaltens hat Schaumglas** je nach Qualitätsbezeichnung einen sogenannten Nennwert der Kurzzeit – Festigkeit nach definiertem Prüfvorgang einzuhalten. Dieser Minimalwert bildet dabei aber keine statistische Grundlage für den Tragsicherheitsnachweis, sondern muss eher als allgemeine „Kennzeichnung“ einer bestimmten Qualität verstanden werden.

Der Prüfvorgang ist grundsätzlich vergleichbar mit einem solchen für Beton, Holz, Mauersteine, usw. All diese Materialien folgen wie Schaumglas mehr oder weniger zutreffend und bis kurz vor Materialbruch dem hook'schen Gesetz, was einen über die mögliche Gebrauchsspanne konstanten Elastizitätsmodul ( $\Delta\sigma/\epsilon\Delta \sim \text{konstant}$ ) anzeigt. In jedem Fall kommt es bei Überbelastung zu einer Zerstörung ohne nennenswerte vorgängige Materialverformung. **Bild 4** zeigt die approximativen Bandbreiten der Druckfestigkeit, Bruchstauchung und der baupraktischen E – Moduli für verschiedene Baustoffe mit prinzipiell analogem Verhalten.

Baustoff	Mittelwert $\sigma_D$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mittelwert $\epsilon_{br}$ (~ 1.5 – 3 x $\epsilon_{proportional}$ )	Mittelwert E – Modul [N/mm <sup>2</sup> ]
Konstruktionsbeton	25 – 35 (je nach Zementgehalt)	2.5 ‰	25000 – 35000 (je nach Zementgehalt)
Gasbeton	3.5 – 7.5 (je nach Rohdichte)	5 ‰	1000 – 3000 (je nach Rohdichte)
Nadelholz II Faser	15 – 35 (je nach Feuchtegehalt)	7.5 ‰	10000 – 15000 (je nach Feuchtegehalt)
Schaumglasplatten	0.6 – 1.8 (je nach Rohdichte)	10 ‰	90 – 220 (je nach Rohdichte)

**Bild 4:** Richtwerte für Druckfestigkeit, Bruchstauchung und Elastizitätsmodul (im Proportionalitätsbereich) von verhaltensähnlichen Baustoffen.

Dieses für Schaumglas günstige Verhalten hat zur Folge, dass aus umfangreichen Prüferien der am Markt angebotenen FOAMGLAS – Qualitäten die eingangs erwähnte Druckspannungscharakteristik (Unterschreitungshäufigkeit der Druckwerte) im interessierenden Fraktilbereich  $F$  ( $0.1\% \leq F \leq 10.0\%$ ) dargestellt werden können.

**Bild 5** zeigt dazu beispielhaft den Zusammenhang.

Unterschreitungs – Fraktile [%]	0.10	0.50	1.00	2.50	5.00	7.50	10.00
Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	0.923	1.036	1.094	1.180	1.254	1.303	1.339

**Bild 5:** Unterschreitungsfraktile der statistischen Druckfestigkeits – Verteilung von Schaumglas – Platten mit Rohdichte ~ 160 kg/m<sup>3</sup> (FOAMGLAS Typ F). Basierend auf einer Stichprobe von 379 Einzelwerten. Vertrauensniveau 95 %, Mittelwert (50% - Quantil) ~ 1.61– 1.67 N/mm<sup>2</sup>.

Normative Nachweise für Schaumglas bezüglich Kriechverhalten unter Dauerlast sind ebensowenig erforderlich, wie Nachweise über das statische Verhalten des Dämmstoffs je nach Temperatureinwirkung. Schaumglas verhält sich diesbezüglich „praktisch inert“. Zitat in der DIBt – Zulassung für Schaumglas, Abschnitt 3.1: *„Ein Steifemodul wird für den in der Zulassung vorgesehenen Anwendungsbereich nicht angegeben, da das Material steifer als der unter der Gründungsplatte liegende Baugrund ist.“*

**Bei organischen Hartschaum – Dämmstoffen** muss das Verhalten unter Last grundsätzlich anders nachgewiesen werden. Da diese Materialien auch unter Kurzzeitbelastung praktisch an keiner Stelle des Gebrauchsspektrums einer hook’schen Proportion folgen, sondern mit steigender Last exponentiell wachsende Stauchungen aufweisen, wird hier nach normativen Festlegungen geprüft, welche Last ( - Druckspannung) aufzubringen ist, damit das Material um 10% seiner Ausgangsdicke zusammengedrückt wird. Je nach Raumgewicht resp. Qualitäts-

bezeichnung und Materialbasis sind dabei normative Minimalspannungen für den 50% - Quantil (Mittelwert einer Stichprobe) festgelegt. Weiter ist auch ein von der Stichprobe einzuhaltender Mindestwert definiert.

Diese Prüfwerte (bei 10% Stauchung) sind selbstverständlich nicht geeignet, als Bemessungsgrundlage für einen „Traglastnachweis des Dämmstoffs“ nach [ 1 ] zu dienen.

Dieser Traglastnachweis am Dämmstoff soll ja sicherstellen, dass eine bestimmte Konstruktion unter Lasteinwirkung (Situation Bild 1, Bild 3) gebrauchstauglich bleibt, oder dass die Standsicherheit des Gebäudes als Ganzes (Situation Bild 2) gewährleistet wird.

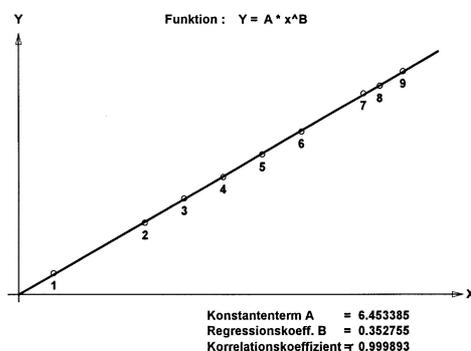
Massgebende Instanzen und Aufsichtsorgane haben daher für Kunststoff – Hartschäume die Anwendungsgrenzen bezüglich statisch relevanter Konstruktionen (Situation Bild 2) unter Dauerlast gezwungenermassen anders gezogen.

Ausgehend von einer nach anderer Normprüfung (Prinzip / Ergebnisse siehe **Bild 6a,b**) prognostizierten Verformung des Dämmstoffs unter Dauerlast entsprechend 3% der Ausgangsstärke, wird die hierfür erwartete (Dauer -) Druckspannung als zulässiger Wert (auf Gebrauchs – resp. Nennlastniveau) normiert. Soll nach Bild 6 diese 3% Verformung nicht vor Ablauf von 50 Jahren ( $4.38 \cdot 10^5$  h) erreicht werden, darf der fragliche Dämmstoff bloss einer Dauerdruckspannung von  $\sim [(0.03 \cdot 60) / (630 \cdot 10^2)] \cdot 0.38^*) \sim 0.11 \text{ N/mm}^2$  ausgesetzt sein. Für das Erreichen von 3% in 20 Jahren sinngemäss  $\sim 0.15 \text{ N/mm}^2$ .

*\*) Anmerkung: Der hier für die Prüfung verwendete Wert  $0.38 \text{ N/mm}^2$  (Dauerdrucklast) hat weder einen direkten Bezug zur normativ verlangten Kurzzeitspannung (zur Erzeugung von 10% Stauchung), noch zur erwarteten zulässigen Langzeitspannung (resultierend aus obiger „Rückwärtsrechnung“). Es handelt sich um eine im Prinzip frei wählbare Dauerdruckspannung, aus welcher das allgemeingültige, zeitabhängige Verformungsprofil gewonnen wird. Mit anderen Worten: Bei einer kleineren Lasteinwirkung werden - langfristig ! – auch proportional kleinere Verformungen innerhalb der gleichen Zeitspanne erwartet. Dies in gewissem Widerspruch zum kurzzeitig nicht – linearen Spannungs – Stauchungsdiagramm von Kunststoff - Hartschäumen.*

HS - XPS, rho = 45 kg/m3, t = 60 mm, s = 0.38 N/mm2

**Grafik :**



**Eingabewerte :**

Nr.	Wert X	Wert Y	Nr.	Wert X	Wert Y
1	0.100000	2.900000	1	0.100000	2.864394
2	0.300000	5.000000	2	0.500000	5.053564
3	1.000000	6.500000	3	1.000000	6.453385
4	2.000000	8.200000	4	2.000000	8.240951
5	4.000000	10.400000	5	4.000000	10.523667
6	8.000000	13.300000	6	8.000000	13.438688
7	24.000000	20.100000	7	24.000000	19.799930
8	32.000000	21.800000	8	32.000000	21.914744
9	48.000000	25.500000	9	48.000000	25.284445
			10	72.000000	29.172286
			11	720.000000	65.724188
			12	1000.000000	73.799237
			13	8760.000000	158.680912
			14	43800.000000	279.955942
			15	87600.000000	357.502808
			16	1.314000E+05	412.473915
			17	1.752000E+05	456.529897
			18	4.380000E+05	630.731411

**Bild 6a:** Kriechverformung von XPS – Dämmstoff in Funktion der Zeit (x entspricht Stunden, y = mm · 10<sup>2</sup>).

**Bild 6b:** Neun Messwerte links – resultierende Rechenwerte aus Regressionsanalyse bis 50 Jahre Wirkungsdauer rechts in der Tabelle.

Es werden also lokale Verformungen der Gesamtkonstruktion unter konzentrierter Last von bis zu 3% der Dämmstärke in Kauf genommen, was zur Vermeidung von Schäden an den biegesteifen Aufbauten (Gründungsplatte, Überbau) fallweise erhebliche konstruktive Verstärkungen gegenüber der „Ausgangslage“ erfordert.

Eine Vergleichsdarstellung nach Bild 7 im Abschnitt „Systemverhalten“ basiert darauf, dass für eine Gründungsplatte die in Abhängigkeit ihres Bettungsmoduls erforderliche Stärke gesucht wird, um die stets gleiche Verformung unter einer Einzellast zu erleiden.

Für statisch relevante Kurzzeitbelastungen von Baukonstruktionen unter Verwendung von Kunststoff – Hartschaum finden sich zudem überhaupt keine (normativen) Anhaltspunkte für eine nachvollziehbare Bemessung. Die Reduktion der Nenndruckfestigkeit um einen willkürlichen Faktor ist jedenfalls „bemessungstechnisch“ unbefriedigend.

Ein materialspezifischer Vergleich zwischen Ergebnissen aus einem „ordentlichen“ Traglastnachweis für Schaumglas einerseits, und den normativen Spannungsgrenzen für Kunststoff – Hartschäume nach reinen Verformungskriterien oder nach willkürlichen Abminderungen der Nenndruckfestigkeit andererseits, ist deshalb gar nicht möglich. Die beiden Materialkategorien spielen bezüglich ihres statischen Verhaltens ganz einfach in zwei „verschiedenen Ligen“. Was hingegen verglichen werden kann und letztlich jeweils zählt, sind die Konsequenzen für die statisch beanspruchte Konstruktion als Ganzes.

## SYSTEMVERHALTEN

Wie eingehend dargelegt, ist nicht die Einhaltung von normativen Materialgrenzwerten – welche eher der allgemeinen Materialbeschreibung dienen und kaum für eine Bemessung geeignet sind – von entscheidender Bedeutung, sondern das Zusammenwirken der Gesamtkonstruktion (inklusive Dämmstoff) unter Last. Für das Konstruktionsprinzip nach Bild 2 zeigt die folgende Darstellung nach **Bild 7** den Zusammenhang.

Dämmstärke	Steifemodul des Erdreichs $E_v$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
	2.67 <sup>1)</sup>	25	50	75	100	200
50	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>319</b> (7)	<b>347</b> (16)	<b>374</b> (22)	<b>399</b> (28)	<b>486</b> (39)
70	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>326</b> (7)	<b>362</b> (14)	<b>395</b> (19)	<b>426</b> (23)	<b>528</b> (30)
90	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>333</b> (7)	<b>375</b> (13)	<b>414</b> (17)	<b>449</b> (19)	<b>564</b> (24)
110	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>340</b> (6)	<b>388</b> (12)	<b>431</b> (15)	<b>470</b> (17)	<b>595</b> (21)
130	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>346</b> (6)	<b>399</b> (11)	<b>446</b> (13)	<b>488</b> (15)	<b>623</b> (18)
150	<b>300</b> (~ 0.45)	<b>352</b> (6)	<b>410</b> (10)	<b>461</b> (12)	<b>506</b> (13)	<b>649</b> (16)

<sup>1)</sup> Wenn Steifemodul Erdreich ( $E_v$ ) wie Steifemodul Dämmstoff ( $E_s$ ).

**Bild 7:** Erforderliche Fundament – Plattenstärke [mm] über Kunststoff – Hartschaum mit Langzeit – Steifemodul ~2.67 N/mm<sup>2</sup>, in Abhängigkeit der vorhandenen Bodenqualität und Dämmstärke. Für identische Verformung wie „300 mm Plattenstärke direkt auf Erdreich (oder Schaumglas)“. In Klammern: Resultierender Bettungsmodul [MN/m<sup>3</sup>] nach Steifezifferverfahren. Steifemodul 2.67<sup>1)</sup> entspricht ungefähr XPS / EPS mit Rohdichte 30 kg/m<sup>3</sup>, bzw. lehmig – tonigem Boden.

Auch für Konstruktionen gemäss Bild 1 und Bild 3 , die keiner normativen Begrenzung der Dämmstoffbeanspruchung unterstellt sind, ist die Bemessungssituation für Kunststoff – Hartschäume diffus. Ein sauberer Tragsicherheitsnachweis (zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit des Bauteils) ist weiterhin nicht möglich. Wiederum besteht die paradoxe Situation, dass „je weicher der Dämmstoff, desto geringer dessen Druckspannung“ – womit aber die Beanspruchung der aufliegenden Schichten (Druckverteiplatte, Hallenboden) drastisch zunimmt. **Bild 8** zeigt als Beispiel die je nach Dämmmaterial unterschiedlichen, relativen Maximalmomente und Randverformungen eines abgefugten Parkdeck – Belags aus Konstruktionsbeton unter stets gleicher Einzellast.

Beanspruchung	Schaumglas – Qualitäten				Kunststoff – Hartschaum – Qualitäten			
	E – Modul [N/mm2]...				E – Modul [N/mm2]...			
	70	90	110	130	7	9	11	13
rel. Biegemoment in Betonplatte [%]	(4.88 kN·m) 100%	92%	89%	87%	144%	140%	136%	132%
rel. Einsenkung der Plattenecke [%]	(0.38 mm) 100%	87%	79%	74%	315%	276%	250%	231%
rel. Druckspannung im Dämmstoff [%]	(0.25 N/mm <sup>2</sup> ) 100%	113%	131%	135% *)	32%	37%	41%	44%
Hinweis	Die Aufnahme der Druckspannungen sollte stets durch angepasste Dämmstoff – Qualität erfolgen							

**Bild 8:** Relativvergleich von verschiedenen Beanspruchungen je nach Dämmstoffmaterial.

Grundlage: Nutzplatte = 100 mm = Dämmstärke; Aufstandsfläche (200 x200) mm<sup>2</sup>, im unverdübekten Eckbereich. Einheitslast ~ 20 kN. Unterlegte Spalte links = Referenzsituation (100%).

\*) Anmerkung: Die mit steigendem E – Modul zunehmenden Druckspannungen aus identischer Einwirkung erklären sich mit der gegenüber weicherer Bettung direkteren Lastabtragung. Dadurch wird die Nutzplatte weniger stark auf Biegung beansprucht. Da der höhere Steifemodul eines Materials stets mit einer höheren Material – Druckfestigkeit verbunden ist, stellen die oben tabellierten 135 % Lasteinwirkung für ein Produkt mit E – Modul 130 N/mm2 kein Problem dar. Der Belastungssituation kann bei Verwendung von Schaumglas stets durch angepasste Materialauswahl Rechnung getragen werden.

Von grosser Bedeutung für das Systemverhalten sind schliesslich auch die Druck – und Verformungseigenschaften von Kunststoff – Hartschäumen unter Temperatureinwirkung. Gerade bei bewitterten Parkdeck – Situationen können je nach druckverteilendem Betonbelag langfristig Temperaturen auf den Dämmstoff einwirken, die weit über der Norm (Prüf - ) Temperatur liegen und alle relevanten Eigenschaften gegenüber dem Prüfnachweis drastisch verschlechtern. Wegen dieser Temperaturempfindlichkeit ist es - im Gegensatz zur Schaumglasdämmung – auch völlig undenkbar, als Nutz – und Druckverteibelag beispielsweise eine Heissmischtragschicht, einen Walzasphalt oder gar einen (in mancherlei Hinsicht wünschbaren) Gussasphalt einzubauen. Die Verwendung von Kunststoff – Hartschäumen unter ruhender oder rollender Last ist daher – vorbehältlich aller hier vorgetragenen Vergleichsargumente – lediglich bei „Normaltemperatur“ und unter „kalt eingebrachten“ Belägen denkbar.

## FAZIT

Die Hauptfunktion eines Dämmstoffs ist und bleibt dessen Beitrag an die Energieeinsparung, an die Sicherung der Wohnhygiene und an die Komfortsteigerung. Bei Bauteilen, die einer statischen Beanspruchung aus äusserer Last unterliegen, wird der Dämmstoff aber auch „auf Druck“ beansprucht. Dabei ist es wichtig, dessen Anwendungsgrenzen und Verformungsverhalten genau zu kennen, da hiervon auch die Beanspruchung der biegesteifen Flächenelemente (Nutzbelag, Gründungsplatte, Hallenboden u.ä.) abhängt. Der Dämmstoff Schaumglas ist diesbezüglich in allen Belangen „unter Kontrolle“. Ausgehend von einer klar definierten Materialfestigkeit – analog Beton, Ziegelstein, etc. – ist die Nutzbarkeit von Schaumglas über dessen statistische Druckspannungsverteilung kalkulierbar. Deshalb ist es – wie gelegentlich gehört – auch völlig unangebracht, bei Schaumglas von einem Material mit (suggestiv gefährlichem) Sprödbbruchverhalten zu sprechen. Der Bruchwert entspricht auch hier einem Grenzzustand, der – gerade dank „Kalkulierbarkeit“ des Materials – in der Praxis nie ausgeschöpft wird. Ausserdem stammt der Begriff „Sprödbbruch“ aus dem konstruktiven Betonbau und bezieht sich dort auf das Bruchverhalten einer Konstruktion in Abhängigkeit der eingebauten Zugbewehrung. Die Übertragung dieses der Stahlbeton – Konstruktionslehre entstammenden Begriffs auf das Materialverhalten eines homogenen Baustoffs wie Schaumglas, Gasbeton, Ziegelstein, usw. ist somit ohnehin verfehlt.

Es wurde gezeigt, dass sich die praktische Nicht – Verformbarkeit des Dämmstoffs „Schaumglas“ für das Systemverhalten eines damit gedämmten Bauteils positiv auswirkt. Die werkseits zulässigen Gebrauchsfestigkeiten der marktgängigen Schaumglas – Dämmstoffe liegen dabei in Lastbereichen, die bei Kunststoff – Hartschäumen jedwelcher Art erhebliche Schädigung oder gar die Zerstörung des Zellgefüges zur Folge hätten. Insofern bleibt es dabei: Schaumglas und Kunststoff – Hartschäume spielen nicht nur „methodisch und wirkungsmässig“, sondern vor allem auch leistungsmässig in zwei verschiedenen Ligen.

Adresse des Verfassers:

Heinz Bangerter, berat. Ing. usic/sia  
c/o WEDER+BANGERTER AG  
Bauingenieure und Bauphysiker  
Schaffhauserstrasse 126, Postfach 1164  
CH – 8302 Kloten

Januar 2002