

# Glasschaumgranulat – Dämmmaterial unter lastabtragenden Bauteilen

Universität Innsbruck / Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

Technikerstrasse 13, A-6020 Innsbruck

Dr.-Ing. Rainer Pfluger

[rainer.pfluger@uibk.ac.at](mailto:rainer.pfluger@uibk.ac.at)

Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Andreatta

[andreas.andreatta@uibk.ac.at](mailto:andreas.andreatta@uibk.ac.at)

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Feist

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Feix

Technische Universität Wien / Institut für Geotechnik

Karlsplatz 13/220-2, A-1040 Wien

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam

[dietmar.adam@tuwien.ac.at](mailto:dietmar.adam@tuwien.ac.at)

Dipl.-Ing. Armin Steurer

[armin.steurer@tuwien.ac.at](mailto:armin.steurer@tuwien.ac.at)

## 1 Allgemeines

Seit Juni 2010 arbeiten die Universität Innsbruck, die Technische Universität Wien und die Firma Technopor zusammen an einem Forschungsvorhaben, das sich mit den mechanischen und thermischen Eigenschaften von Glasschaumgranulat beschäftigt. Gefördert wird dieses Forschungsvorhaben im Zuge des Programms „Haus der Zukunft“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Nachhaltige Gebäude, wie sie in Zukunft gefordert werden, müssen in allen Gebäudebereichen einen sehr hohen Wärmedämmstandard aufweisen. Im Bereich der erdberührten Bauteile stellt alleine der Einbau von Dämmung unter der Fundamentplatte, des Streifen- oder des Einzelfundamentes die bauphysikalisch optimale Variante dar. Glasschaumgranulat präsentiert sich in diesem Zusammenhang als möglicher Baustoff, der sich einerseits durch ein hohes Tragvermögen und andererseits durch ein gutes Wärmedämmvermögen auszeichnet. Durch seine anorganische Natur ist Glasschaumgranulat zudem unverrottbar, beständig gegen Fraß- und Kohlenwasserstoffschäden sowie formbeständig und nur gering wasseraufnahmefähig. Aktuell steht einer breiten Anwendung von Glasschaumgranulat die fehlende Kenntnis der noch nicht umfassend erforschten bodenmechanischen und thermischen Eigenschaften entgegen. Das gegenständlich beschriebene Forschungsvorhaben soll die noch fehlenden Kennwerte und Prüfverfahren dieses Baustoffs erforschen und auf diese Weise die wissenschaftliche und technologische Basis für einen breiten Einsatz im Bausektor ermöglichen.

Glasschaumgranulat ist ein reines Recyclingprodukt. Als Ausgangsmaterial dient Altglas in verschiedensten Qualitäten. Das Altglas wird vorsortiert, gebrochen und durchläuft einen mehrstufigen Trennungs- und Zerkleinerungsprozess. Als Ergebnis daraus erhält man „Glasgranulat“, das in einer Kugelmühle zu feinem „Glasmehl“ zermahlen wird. In das Glasmehl wird ein mineralischer Aktivator beigemischt, der, wenn das Glasmehl einen 900° heißen Ofen durchläuft, das Aufschäumen des Glasgranulates verursacht. Unter der Hitzeeinwirkung kommt es zu einer Versinterung des Glasmehls, im Ofen bildet sich eine Glasschaumplatte, die mit einer Temperatur von 300 – 400° den Durchlaufofen verlässt und im Zuge der Abkühlung in das sogenannte „Glasschaumgranulat“ zerfällt. Die Korngrößen des Granulats erstrecken sich über einen Bereich von ca. 16 bis 63 mm. Die Schüttdichte liegt zwischen 150 kg/m<sup>3</sup> und 250 kg/m<sup>3</sup> und ist abhängig von der Porenstruktur. Durch die geringe Schüttdichte resultiert zusätzlich auch eine geringere Belastung des Baugrundes. Aufgrund der grobkörnigen Struktur kann dem Material darüber hinaus eine dränierende Wirkung zugeschrieben werden.



Abbildung 1: Glasschaumgranulat hergestellt aus Altglas

## 2 Untersuchung der bodenmechanischen Eigenschaften

Im Zuge des oben erwähnten Forschungsvorhabens sollen folgende Aspekte der Lagerung von Tragwerken auf Schüttungen von Glasschaumgranulat geklärt werden:

- Einfluss einer Glasschaumgranulatschüttung auf das Setzungsverhalten  
Die Prognose der zu erwartenden Setzungen des Untergrundes unter Berücksichtigung der Glasschaumgranulatschüttung ist vor allem im Hinblick auf die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit aber auch der Tragsicherheit von Bauwerken ein wesentlicher Parameter für die Bemessung
- Einfluss einer Glasschaumgranulatschüttung auf die Schnittgrößenermittlung  
Die resultierende Schnittgrößenverteilung innerhalb eines Bauwerkes insbesondere aber im Gründungskörper selbst ist von der Interaktion zwischen Bauwerk und Boden abhängig, die wiederum von den Steifigkeitsverhältnissen zwischen Boden und lastabtragendem Bauteil beeinflusst wird.

- Einfluss einer Glasschaumgranulatschüttung auf den Grundbruchnachweis

Grundbruch tritt ein, wenn ein Gründungskörper so stark belastet wird, dass sich Gleitflächen im Baugrund ausbilden, in denen der Scherwiderstand des Bodens überwunden und der Boden seitlich verdrängt wird. Wird Glasschaumgranulat als lastabtragende, dämmende Schicht unter einer Gründung eingebaut, so ist in diesem Fall auch eine Untersuchung des Einflusses der Glasschaumgranulatschicht auf die Grundbruchlast erforderlich.
- Einfluss einer Glasschaumgranulatschüttung auf den Gleitsicherheitsnachweis

Gleiten tritt ein, wenn die horizontale Kraftkomponente in der Sohlfuge des Fundamentes größer ist, als die aufnehmbare Scherkraft. Nach der derzeit in Deutschland gültigen Zulassung für Glasschaumgranulat „dürfen“ keine Scherkräfte aufgenommen werden. Die bodenmechanischen Untersuchungen, die im Jahr 2004 an der TU Wien [TU Wien 2004] ausgeführt worden sind, lassen jedoch ein hohes Potential an aufnehmbaren Scherkräften vermuten. Dies soll im Rahmen des Forschungsvorhabens durch Großscherversuche im Laboratorium überprüft und bestätigt werden.

### ***Versuche an der Technischen Universität Wien***

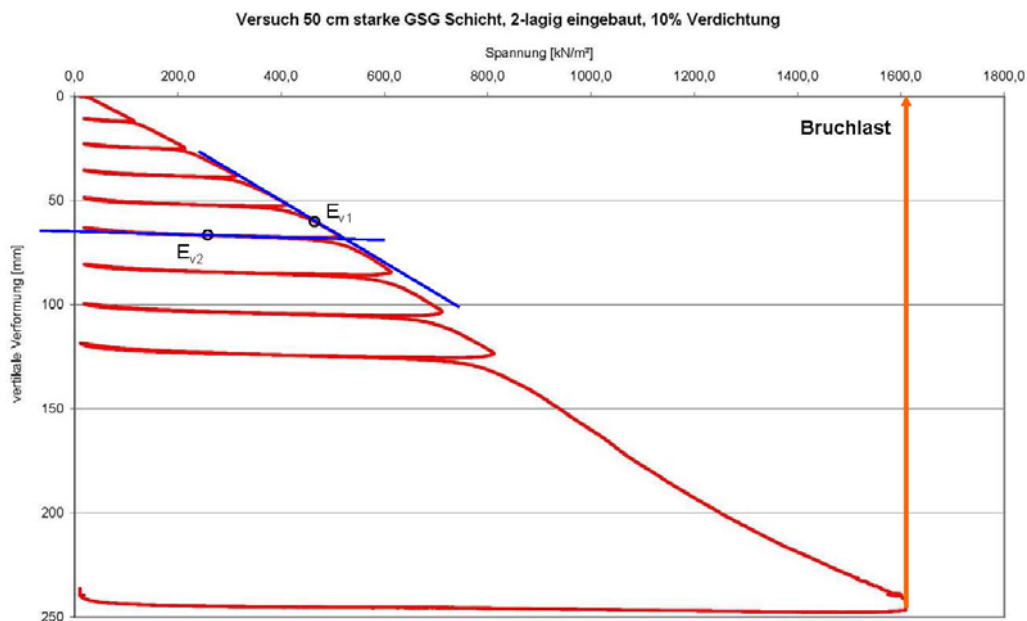
Am Institut für Geotechnik der Technischen Universität Wien sollen in Ergänzung zu Versuchen an der Universität Innsbruck bodenphysikalische und -mechanische Testreihen durchgeführt werden. Vor allem folgende Versuche sind im Rahmen des Projektes geplant:

- Ermittlung der Korngrößenverteilung des Rohmaterials und des beprobten Materials
- (Groß-)Kompressionsversuche im Stahlzylinder (Ø250) zur Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens
- Großscherversuche zur Untersuchung der Schereigenschaften
- Durchlässigkeitsversuche zur Überprüfung der Drainageeigenschaften
- Proctorversuche zur Überprüfung der Verdichtungseigenschaften
- Frostversuche mit wassergesättigten Proben

### ***Versuche an der Universität Innsbruck***

Zur Ermittlung der (boden-)mechanischen Eigenschaften wurde an der Universität Innsbruck eine Versuchsanordnung entwickelt, mit der Schichtmächtigkeiten bis zu einer Höhe von 50 cm Glasschaumgranulat getestet werden können. Damit kann das Last-Verformungsverhalten von bis zu 2 m breiten Streifenfundamenten, die auf Glasschaumgranulat gelagert sind, simuliert werden. Flächenpressungen können bis zu einem Wert von 800 kN/m<sup>2</sup> aufgebracht werden. Die ersten Versuche zeigen eine hohe Belastbarkeit der eingebauten Glasschaumgranulatschüttung. Exemplarisch wird in Abbildung 2 die Last- Verformungskurve für eine 50 cm starke Schicht, die 2-lagig mit nur einem geringen Verdichtungsverhältnis von 1,1 gegenüber dem losen Zustand eingebaut

wurde, dargestellt. Bei den Versuchen werden Verdichtungsverhältnisse von 1,1, 1,15, 1,2 und 1,25 berücksichtigt. In der Praxis ist aktuell ein Verhältnis von 1,2 gebräuchlich.



**Abbildung 2: Last- Verformungskurve für 50 cm starke, 10% verdichtete GSG Schicht 2-lagig eingebaut**

Der Ablauf eines Standardversuchs gestaltet sich derart, dass die Belastung in Schritten von 100 kN/m<sup>2</sup> bis zu einem Wert von 800 kN/m<sup>2</sup> gesteigert wird, wobei nach jedem aufgebracht Belastungsschritt eine vollständige Entlastung der Glasschaumgranulatschicht erfolgt (Abbildung 2). Nach acht erfolgten Be- und Entlastungszyklen wird die Belastung bis zum Versagen gesteigert.

Alle bisher durchgeführten Versuche weisen ein sehr gleichmäßiges Last-Verformungsverhalten im Bereich der Be- und Entlastungszyklen auf. Ein grundbruchartiges Versagen wurde erst bei sehr hohen Belastungen im Bereich von ca. 1600 bis 1800 kN/m<sup>2</sup> bei einer Breite der Belastungsplatte von 50 cm beobachtet; dies wird auf einen hohen Reibungswinkel im Material in Kombination mit der Kornverspannung zurückgeführt. Maßgebend für die Bemessung bleibt somit das Verformungsverhalten unter der Fundamentbelastung. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass sich in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad größenordnungsmäßig folgende Verformungsmoduln der Erst- und Wiederbelastung ( $E_{v1}$  bzw.  $E_{v2}$ ) erzielen lassen:

$$E_{v1} = 2,5 - 10 \text{ MN/m}^2$$

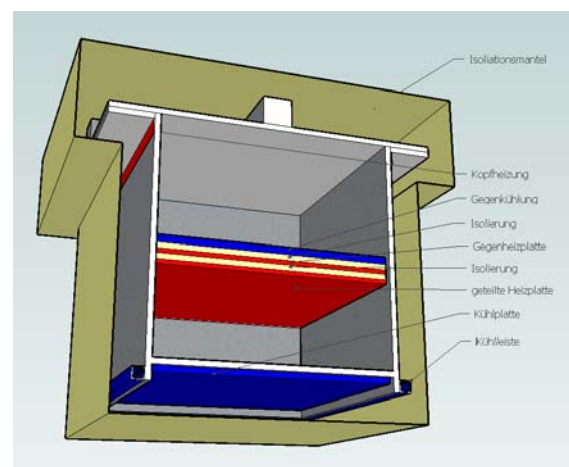
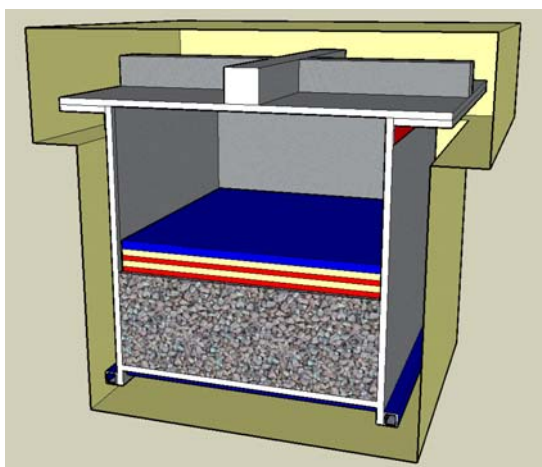
$$E_{v2} = 20 - 170 \text{ MN/m}^2$$

Die Moduln bei Wiederbelastung sind um rund eine Zehnerpotenz höher als jene bei der Erstbelastung.

### 3 Untersuchung der bauphysikalischen Eigenschaften

Neben den mechanischen Kenngrößen ist die effektive Wärmeleitfähigkeit von Glasschaumgranulat eine der wichtigsten Parameter für den Einsatz dieses hoch belastbaren Dämmstoffs im Fundamentbereich. Für den durchschnittlichen Baubereich ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN EN 12667:2001-05 [EN 12667] bzw. DIN EN 12939:2001-02 [EN 12939] durchzuführen. Allerdings ist dieses Verfahren für Schüttungen großer Korndurchmesser sowie Schüttiefen die deutlich über die im Plattengerät maximal zulässigen Probendicken von 15 bis 20 cm hinausgehen ungeeignet. Derzeit existiert für diese spezielle Fragestellung keine geeignete Norm bzw. Prüfvorschrift. Daher wurde an der Universität Innsbruck ein möglichst praxisnahes Messverfahren entwickelt werden, welches es erlaubt, die effektive Wärmeleitfähigkeit der Schüttung unter baupraktisch relevanten mechanischen, thermischen und hygrischen Bedingungen zu untersuchen. Folgende Anforderungen wurden an das Plattengerät zur Messung von Schaumglasgranulat gestellt:

- Die Messung muss mit einem Einplattengerät mit Lage der Heizplatte oben erfolgen, damit die Wärmestromrichtung wie im praktischen Einsatz von oben nach unten erfolgt (evtl. Konvektionseinflüsse). Zweiplattengeräte sind für die Messung ungeeignet.
- Die Verdichtung des Granulates muss im Gerät möglich sein
- Konventionelle Plattengeräte mit Schutzrand sind bei höherer Probendicke ungeeignet, durch linearen Temperaturgradienten kann dagegen ein quasi-adiabater Probenrand auch bei größerer Schüttiefe erreicht werden.
- Für Messung unter Feuchteinfluss der Probe ist die Probenaufnahme diffusionsdicht abzuschließen und auf konstante Ausgleichsfeuchte einzustellen
- Der Temperaturgradient über die Probe ist unter Feuchteinfluss nicht wie nach Normprüfung auf 10 K sondern etwa im Bereich von 5 K einzustellen



**Abbildung 3: Prinzipdarstellung (3D-Darstellung u. Schnitt) der Einplattenapparatur zur Verdichtung und Messung der Wärmeleitfähigkeit von Schaumglasgranulat-Schüttungen**



**Abbildung 4: Betriebsbereite Einplattenapparatur mit Wärmedämmung, Kryostaten, Mess- und Regelungstechnik und Datenerfassung**

Aus diesen Anforderungen ergab sich ein Prüfaufbau wie in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt. Die Behälterwand wird im oberen Randbereich mittels Karbonfaserband beheizt und im Bodenbereich über ein Hohlkammerprofil mittels Kryostat gekühlt. Dadurch wird ein linearer Temperaturabfall über die Behälterwand erreicht und Wärmeverluste im Randbereich der Probe auch bei großen Schütthöhen vermieden.

Im Rahmen des FFG - Forschungsprojektes werden Messungen an Schaumglasgranulat bei unterschiedlichen Verdichtungen, Schütthöhen und Materialfeuchten durchgeführt und die Eignung des Messverfahrens für grobkörnige Schüttungen unter realistischen Bedingungen erprobt.

### **Literatur**

- [TU Wien 2004]: Technischer Bericht zur Versuchsreihe Hasopor Glasschaum Granulat. Technische Universität Wien, Institut für Grundbau und Bodenmechanik, Wien, 2004.
- [EN 12667] DIN EN 12667:2001-05 Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand
- [EN 12939] DIN EN 12939:2001-02 Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Dicke Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand.