

---

## Entwicklungen + Potentiale eines Leichtwerkstoffes aus recyceltem Glas

Nichtbrennbar, kreislaufgerecht, mit einstellbarem Mikroporengefüge (Wärme-/ Schalldämmung)

---

**Norbert König**

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

[koenig@ibp.fraunhofer.de](mailto:koenig@ibp.fraunhofer.de)

Leitung: Prof. G. Hauser, Prof. K. Sedlbauer

Auf Wissen bauen



© Fraunhofer IBP

 Fraunhofer  
IBP

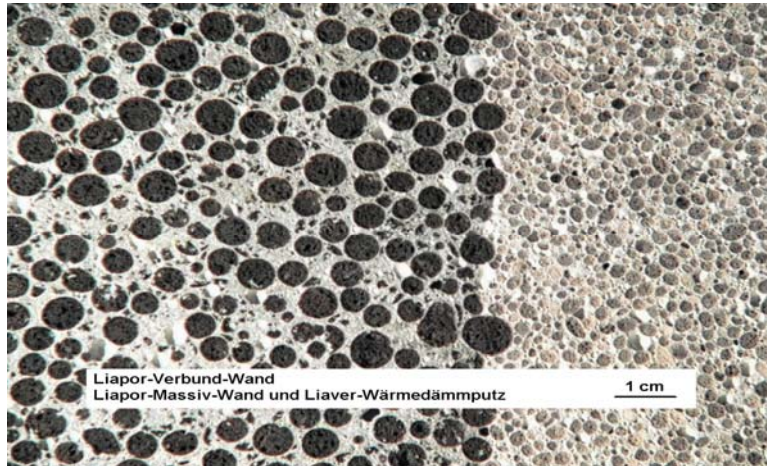
### Fachforum Innovative Dämm- und Baustoffe, Bauzentrum München + Messe Heim+Handwerk, 02.12.2011

- **Warum neuer Dämmstoff aus Recyclat**
- **Projekthistorie und Wege der Förderung**
- **Entwicklungswerkzeuge Zufall oder QFD, Patent → Lizenz**
- **Produktion von REAPOR bei Liaver**
- **Produktion von Glasschaumschotter**
- **Anwendung als Absorberplatten, Lärmschutzwände**
- **Anwendung als Streifenabsorber bei TAB**
- **Anwendung als Schüttung bei Perimeter, Bodenplatte u.a.**
- **Anwendung in der TGA, Trennwände, Schiffbau u.a.**
- **Ausblick**

© Fraunhofer IBP

 Fraunhofer  
IBP

## Vorbild Blähtonwand → leichter, aus Altglas?



© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Von Mineralwolle über Gipschaum zum Blähglas REAPOR

**Früher:** In Trennwände und Raumgliederungssysteme werden Dämmstoffe als Schallabsorber und Aussteifung aus schweren [Minerwolleplatten \(MW\)](#) genutzt.

**Seit ca. 1992:** Aus REA-Gips und Präpolymer entwickelt und patentiert IBP einen [Gipschaum \(GS\)](#). Fa. Preform fertigt diesen in Lizenz und baut ihn in Raumgliederungssystemen als Schallabsorber ein. Die Umstellung von MW auf GS erfolgt u.a. aus ökologischen Gründen.

**Seit 1997:** Altglas-Produkte tragen das Umweltzeichen „Blauer Engel“. Granuliertes Blähglas wird in div. Firmen als Leichtzuschlag gefertigt. Das vom IBP entwickelte und seit 1999 patentierte Sinterverfahren ohne organische Bindemittel ergibt Formkörper und Platten: [Recyciertes Altglas porosiert = REAPOR®](#) u.a. für haufwerksporige, offenzellige Schallabsorber.

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Prozess der Produktinnovation in 6 Phasen

(nach Kotler/ repr. Erhebung in USA)

Phase :	Selektion Bewertung	Wirtsch.-Analyse	Eigentliche Produkt-Entwicklung	Markttests	Einführung	Vermarktung
Nr.:	1	2	3	4	5	6
Umfrage	Zahl der Produktideen im Entwicklungszeitraum:					
1968 :	58	12	7	3	2	1
1981 :	7	5	4	3	2	1
Kosten in \$ pro Idee:	1 000	20 000	200 000	500 000	5 000 000	
Kosten in \$ Gesamt:	7 000	100 000	800 000	1 500 000	> 5 000 000	

Phasen 1 bis 3 = GSS-Förderung    Phasen 4 bis 6 zusammen mit Industriepartnern

GSS = Gips-Schüle-Stiftung, Stuttgart [www.gips-schuele-stiftung.de](http://www.gips-schuele-stiftung.de)

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Wege der Kooperation bei Produkt-F+E, -Marketing

Produktphasen	Umsetzungskonzept	Weg A		Weg B	
		Einzelschritte		Fhl	Ind.
Produkt-entwicklung	Problemdefinition		①	①	
	Technischer Lösungs-ansatz		②	②	
	Markt Analyse		③	③	
	Prototyp Entwicklung		④	④	
	Schutzrecht / Geheim-haltungsvereinbarung		⑤	⑤	
Produkttest	Prototyp Test	Dienstleistung	⑥	⑥	Lizenz
	Technische Zulassung, Demonstration	Dienstleistung	⑦	⑦	
Produkt-vermarktung	Markteinführung		⑧	⑧	
	Produktverbesserung	Dienstleistung	⑨	⑨	
	Analyse und Erschlie-ßung neuer Märkte oder Marktsegmente	Dienstleistung	⑩	⑩	

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## IBP-GSS-Projekte 1998 bis 2003 für Ideenschmiede, Marktanalyse, Produkt-Vorentwicklung, Verfahrenstechnik, ...

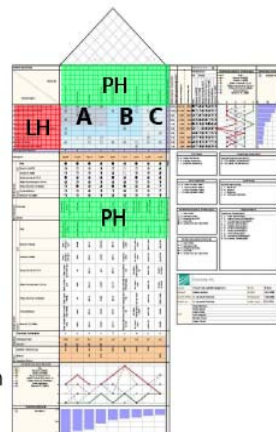
- Reapor® ist ein poröses Kalk-Natron-Glas aus recyciertem Altglas mit gezielt einstellbaren Mikro- und Makroporen
- Baustoffe: REAPOR-Arten = alpha, beta, bunt, kaschiert, ...
- Halbfertigprodukte = Bauplatten, ...
- Verbundbauelemente = für Seilsysteme, Maschinenkapseln, ...
- Bauteile = für Raumgliederungssysteme, Lärmschutzwände, ...
- Bauteilsysteme = Akustikdecken, Fassadenverkleidungen, Mauersteine mit Dämmeinlagen, ....

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

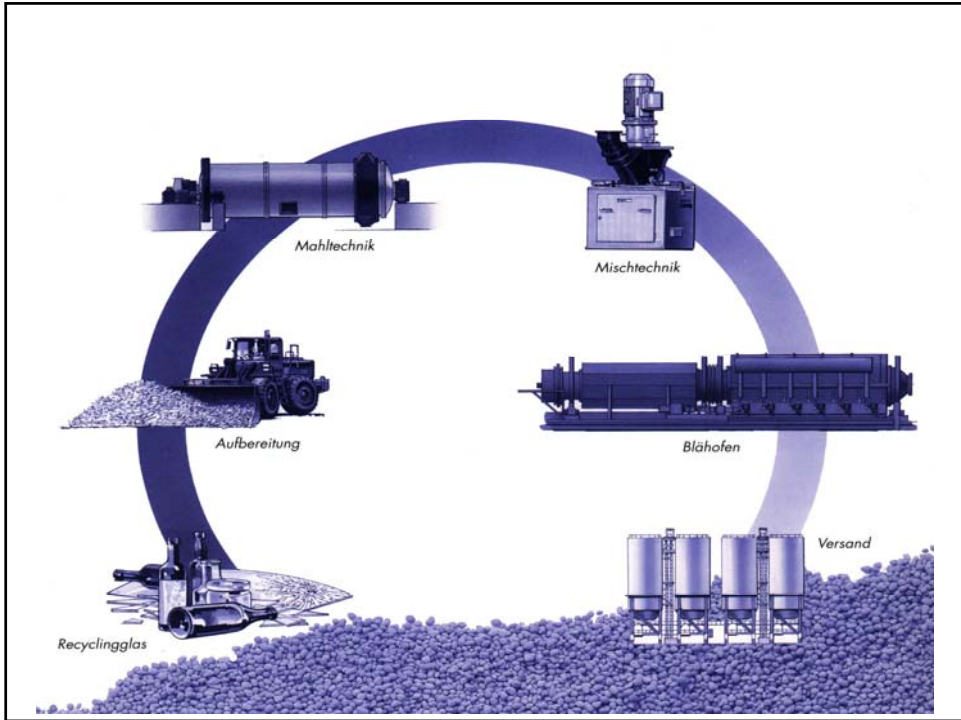
## Entwicklungs-Werkzeug QFD – Quality Function Deployment

- Bessere Produkte durch genauere Kenntnis
  - der Kundenanforderungen
  - des Wettbewerbs
  - der Zielwerte
  - der Prioritäten (A, B, C)
- Dokumentation der Entwicklung
  - Anforderungen aus dem Lastenheft (LH)
  - Vorgaben für das Pflichtenheft (PH)
- Validierung und Verifizierung der Entwicklung
  - Validierung gegenüber Kundenanforderungen
  - Verifizierung gegenüber Pflichtenheft



© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP



## Blähglas-Granulat

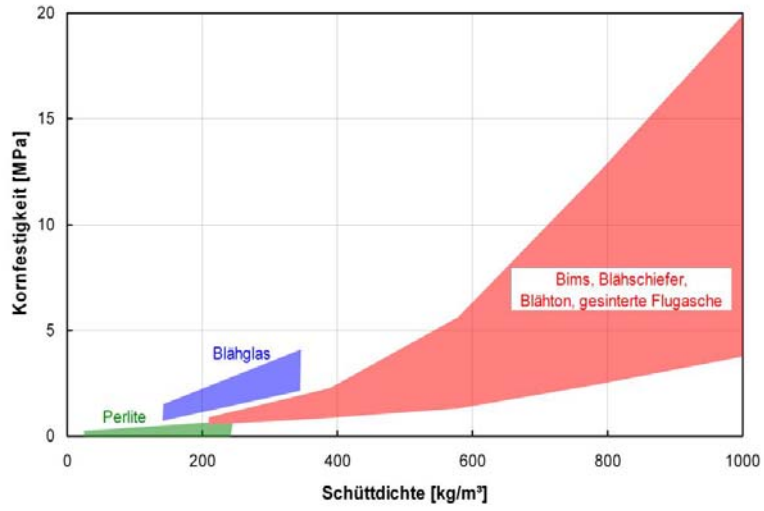


© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP



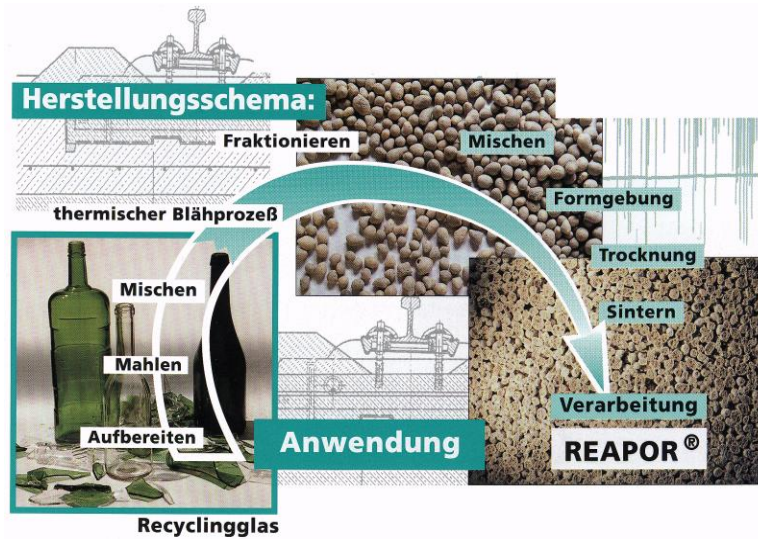
## Kornfestigkeit - Leistungsfähigkeit im Vergleich



© Fraunhofer IBP

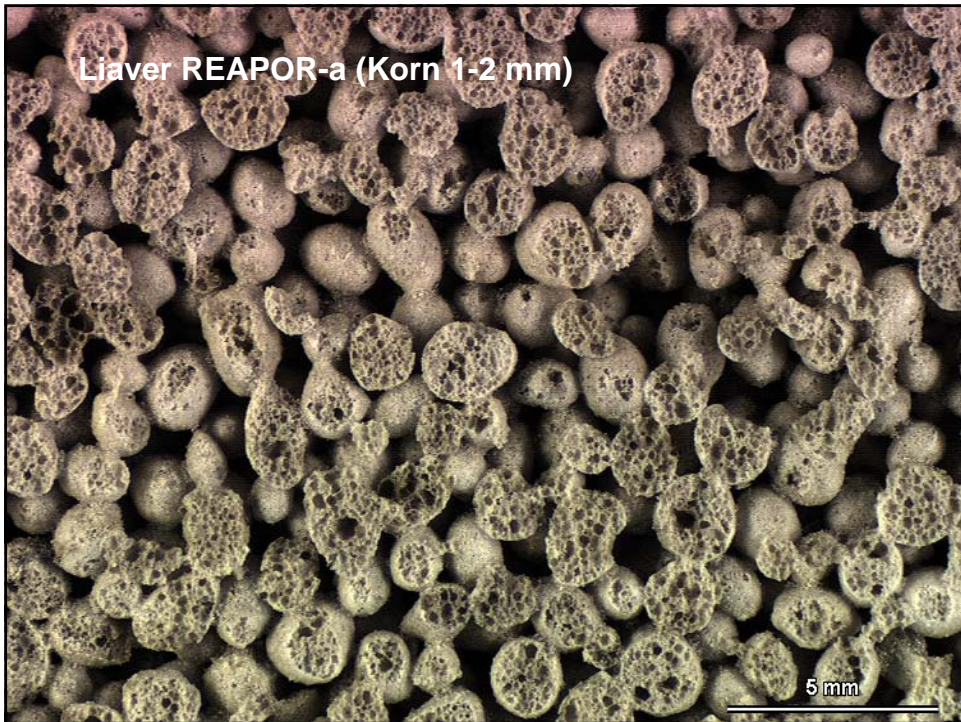
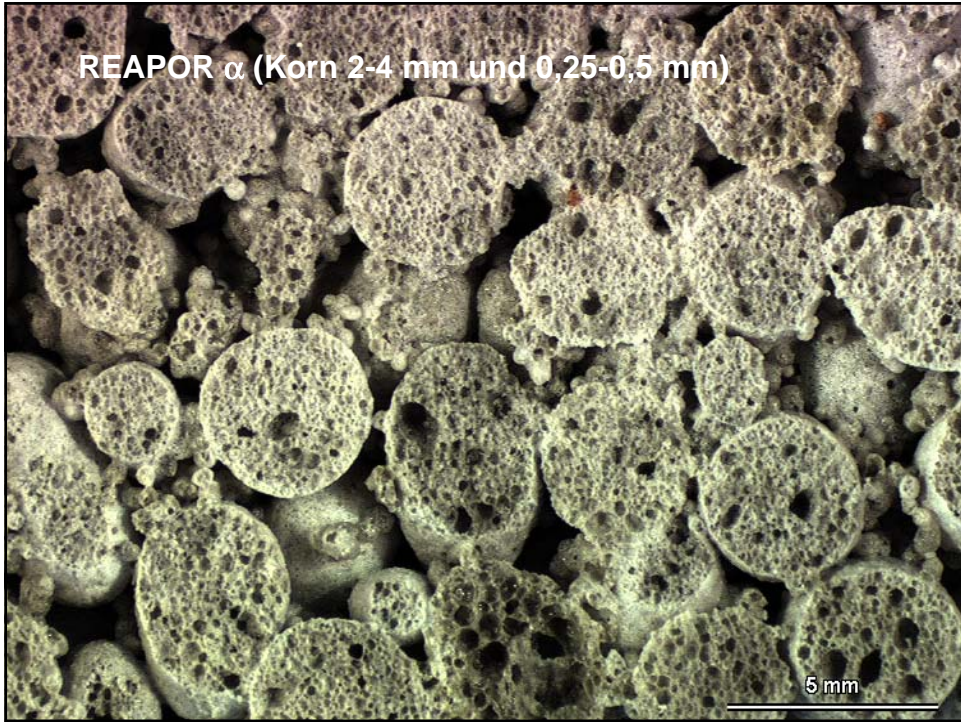
Fraunhofer  
IBP

## REAPOR® - Stoff-Kreislauf

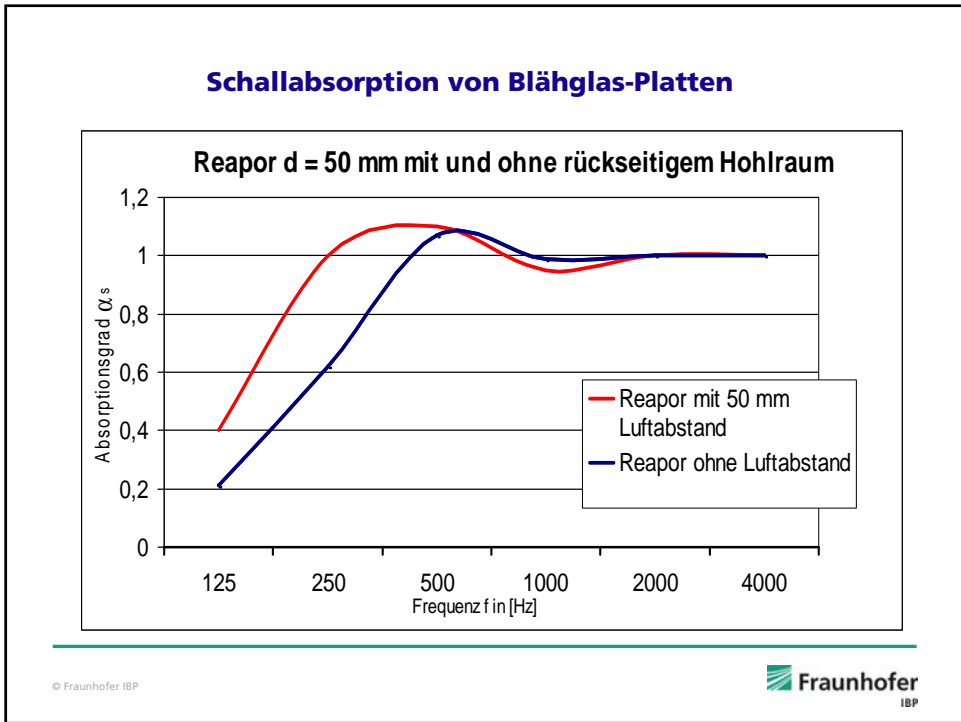
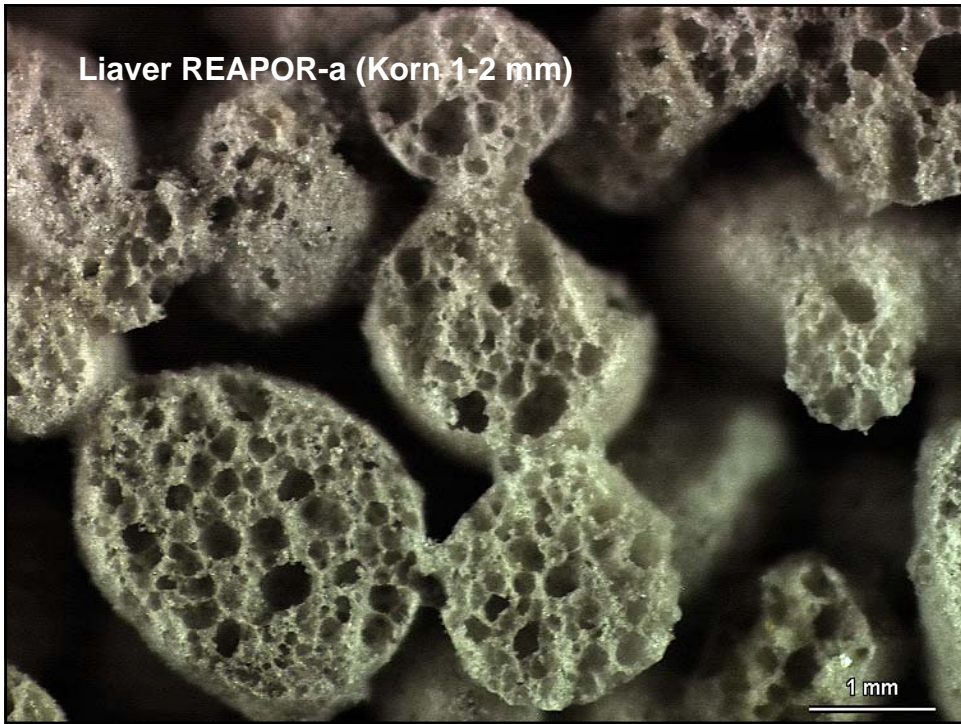


© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

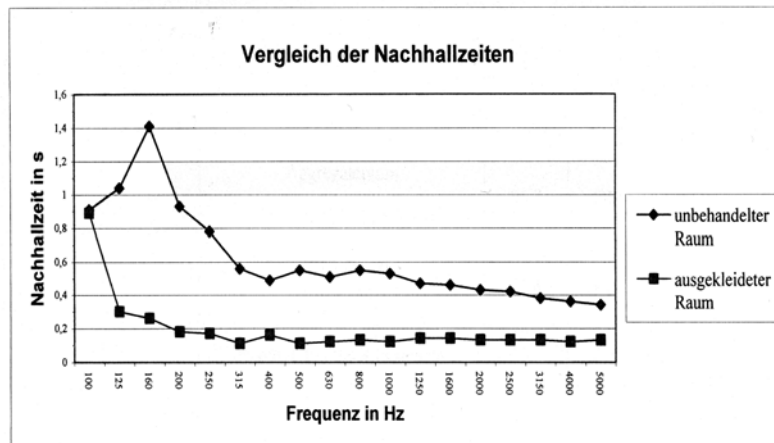








## Reduzierung der Nachhallzeit mit REAPOR in Räumen



© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Schallabsorber Reapor®

bei ~800°C wird Blähglas-Granulat (Liaver) versintert

Eigenschaften:

- Rohdichte  $\rho = 250-280 \text{ kg/m}^3$
- Zugfestigkeit  $\beta_{Bz} = 0,5 \text{ N/mm}^2$
- Druckfestigkeit  $\beta_D = 1,2 \text{ N/mm}^2$
- einstellbare Haufwerksporigkeit je nach Korngröße des Granulates
- steuerbare Schallabsorption

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## REAPOR: erste Publikationen zu Versuchsmustern 1998-1999:



### Liaver in Form gebracht: Reapor®

Eine gemeinsame Entwicklung des Fraunhofer-Institutes für Bauphysik in Stuttgart und Liaver, Innovativ, Liav-Franken Leichtbaustoffe GmbH & Co. KG

Die Technologie ist durch Patente 197 12835-1-45 geschützt.

© Fraun



Sonderdruck aus *Glastechn. Ber. Sci. Technol.* 71 (1998), No. 9, p. 282-284.

### REAPOR® - Sintered open-pore glass as a high-strength sound absorber

Dr.-Ing. Holger Gödeke  
Prof. Dr.-Ing. Helmut V. Fuchs

Sonderdruck aus: *BAUPHYSIK* 21 (1999), Heft 5, Seite 236-238  
Ernst & Sohn Verlag, Bühringstraße 10, 13086 Berlin

### Anwendungsorientierte Baustoffentwicklung am Beispiel eines neuen Glasschaumes

von  
Dr.-Ing. Holger Gödeke  
Dipl.-Ing. Gerhard Babuke

ÜBERREICHT VON:  
**Karl Gertis**  
Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik  
Universität Stuttgart, Postfach 801140, D-70511 Stuttgart  
**Fraunhofer-Institut für Bauphysik**  
Postfach 800469 D-70504 Stuttgart  
Postfach 1152 D-83801 Holzkirchen

IBP

## REAPOR durch Patente geschützt und in Lizenz produziert

Deutsches Patent Nr. DE19712835 Anmeldung 26.03.1997, Erteilung 02.09.1999/ 08.05.2002

<p>Europäisches Patentamt European Patent Office Office européen des brevets</p>		<p>(11) EP 0 971 862 B1</p>	
<p>(12) EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT</p>			
<p>(43) Veröffentlichungstag und Sekundärveröffentlichung des Erfindungsgegenstandes 01.10.2003 Patentblatt 2003/480</p>		<p>(51) Int. Cl.: C04B 28/26</p>	
<p>(21) Aktenzeichen: 96913718.7</p>		<p>(56) Internationale Anmelde- und Publizierungsnummern: PCT/EP96/01485</p>	
<p>(22) Anmeldetag: 26.03.1997</p>		<p>(57) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/042833 (01.10.1998 Gazette 1998/29)</p>	
<p>(54) FORMKÖRPER AUS EINEM LEICHTWERKSTOFF, VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG UND IHRE VERWENDUNG LIGHTWEIGHT SUBSTANCE MOLDED BODY, METHOD FOR THE PRODUCTION AND USE THEREOF CORPS MOULÉ EN MATÉRIAU LÉGER, PROCÉDE PERMETTANT DE LE PRODUIRE ET SON UTILISATION</p>			
<p>(84) Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE</p>		<p>(74) Vertreter: Pfenning, Meinig &amp; Partner Mozartstrasse 17 80336 München (DE)</p>	
<p>(30) Priorität: 26.03.1997 DE 19712835</p>		<p>(58) Entgegenhaltungen: EP-A-0 658 528 DE-A-2 034 449 DE-A-2 252 488 DE-A-2 117 260 GB-A-2 146 427</p>	
<p>(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: 19.01.2000 Patentblatt 2000/02</p>		<p>(72) Erfinder: GÖDEKE, Holger D-80880 Achstetten (DE)</p>	
<p>(73) Patentinhaber: FRAUNHOFER-GESellschaft ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. 80636 München (DE) Gödeke, Holger 70372 Stuttgart (DE)</p>		<p>(59) Patent in: JAPAN vol. 097, no. 007, 31. Juli 1997 &amp; JP 09 096077 A (RIIDOLE K.K.) 4 März 1997. PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 005, 30. Mai 1997 &amp; JP 09 020881 A (RIIDOLE K.K.) 7. Januar 1997.</p>	

© Fraunhofer IBP

LIZENZVERTRAG	
zwischen der	<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.</b> Leonrodstraße 54 D-80636 München
- im folgenden FVG genannt -	
und der	<b>Liav-Frankan Leichtbaustoffe GmbH &amp; Co. KG</b> D-91352 Hallendorf-Pautzfeld
- im folgenden LN (Lizenznehmer) genannt -	

Hallendorf-Pautzfeld, den <u>20.5.1999</u>	Stuttgart, den <u>26.09</u>
Liav-Frankan Leichtbaustoffe GmbH & Co. KG	Fraunhofer-Institut für Bauphysik
	<p>Unl. Prof. Dr. Karl Gertis, Leiter des Lehrstuhls für Bauphysik Postfach 800469 D-70504 Stuttgart Notarstr. 12 D-70564 Stuttgart</p>



IBP

## REAPOR als Marke geschützt in D (1997) und EU (2006)

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**URKUNDE**  
über die Eintragung der Marke  
**Nr. 397 33 478**  
ANZ: 997 33 478.8

REAPOR

Markeninhaber:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V., München

Tag der Anmeldung: 16.07.1997      Tag der Eintragung: 04.11.1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts

N. Haugg

**Lizenzklärung für eine eingetragene Marke (gestaffelte .eu Registrierung)**  
(Ergänzung zum Nachweis)

Lizenzgeber:	Lizenznehmer (Antragsteller für Domännennamen):
Name      Fraunhofer Institut für Bauphysik	Name      Liapor GmbH & Co.KG
Adresse    Nobelstr. 12	Adresse    Industriestr. 2
Ort          Stuttgart	Ort          Hallerndorf
Postleitzahl    70569	Postleitzahl    91352
Land          Deutschland	Land          Deutschland
Vertreter.....Dipl.-Phys. Norbert König	Vertreter    Klaus Hartmann
Marke          REAPOR	
Markenregister, Deutsches Patentamt München	Registrierungsnr. 397 33 478
Domännennamen	reapor.eu

## Produktion von Liaver-Blähglas-Granulat



© Fraunhofer IBP

**Fraunhofer**  
IBP



## Produktion Reapor-Blähglas-Platten



Quelle: Liaver Ilmenau

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Produktion Schaumglas-Schotter



Glasschaum-Granulat Perimeter 50

TECHNOPOR Handels GmbH



Quelle: Technopor Großenhain

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## REAPOR Datenblatt bei Serienfertigung 2003:



Kennwerte von REAPOR®- $\alpha$ -Glasschaum aus  
gesintertem Blähglasgranulat (1-2 mm) Stand 05/2003

Eine Gemeinschaftsentwicklung von Fraunhofer IBP, Stuttgart und Fa. Liapor  
Liapor, Imenau mit Förderung der Gips-Schule-Stiftung, Stuttgart.  
Patentiert unter DE 19712935, EP 96513719, US 2002/0126142 A1.

Produktinformation und Kontakt:  
www.ibp.fhg.de/gips, N. Köntig, Tel. +49-711-976-3370  
www.liaver.de/liaver/fs.htm, R. Techlersch, Tel. +49-3677-8629-11

Eigenschaft	Prüfmethode	Einheit	Wert
Rohdichte	DIN 51065	kg/m <sup>3</sup>	265 ± 10
Plattendicke	DIN EN 823	mm	50 ± 0,2
Druckfestigkeit	DIN EN 196	N/mm <sup>2</sup>	1,25 ± 0,13
E-Modul (Druck)	DIN EN 196	N/mm <sup>2</sup>	49 ± 12
Biegefestigkeit	DIN EN 196	N/mm <sup>2</sup>	0,56 ± 0,05
E-Modul (Biegung)	DIN EN 196	N/mm <sup>2</sup>	94 ± 17
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,17}$	DIN 52612	W/(m·K)	0,077 ± 0,004
Schall- absorptionsgrad $\alpha_s$	DIN EN 20354	-	125 Hz: 0,17 250 Hz: 0,58 500 Hz: 1,1 1000 Hz: 0,99 2000 Hz: 1,0
Längenspez. Strömungswiderstand	DIN 52215	kPa·s/m <sup>2</sup>	13,4 - 15,8
Brandverhalten/ Baustoffklasse	DIN 4102		A1
Therm. Ausdehnungs- koeffizient	DIN 51045 (20 °C bis 400 °C)	K <sup>-1</sup>	11 · 10 <sup>-6</sup>
Bezugsfeuchtegehalt	DIN 52620 23 °C / 80 % r.F.	M.-%	0,6
Wasserdampf- diffusion	DIN 52615	-	25
Wasseraufnahme	DIN 52103	V.-%	68

© Fraunhofer IBP

## Produktdatenblatt

## REAPOR Datenblatt heute 2010:

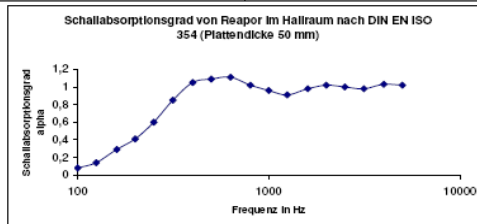
siehe unter

[http://www.ibp.fraunhofer.de/  
produktentwicklungen/  
glasschaum-reapor/](http://www.ibp.fraunhofer.de/produktentwicklungen/glasschaum-reapor/)

oder

[http://www.liaver.com/  
index.php?id=35](http://www.liaver.com/index.php?id=35)

Standardgrößen	Reapor $\alpha$ 625x625x50mm einseitig mit Fase; 600x600x24,5mm; 1200x625x24,5mm	
	Reapor $\alpha$	Prüfmethode
Physikalische Eigenschaften		
Rohdichte	270 ± 10% kg/m <sup>3</sup>	DIN 51065
Druckfestigkeit	1,2 ± 10% N/mm <sup>2</sup>	DIN 1164
Biegezugfestigkeit	0,5 ± 10% N/mm <sup>2</sup>	DIN 1164
E-Modul (statisch)	760 ± 80 N/mm <sup>2</sup>	DIN 1048-5
E-Modul (dynamisch)	1020 ± 60 N/mm <sup>2</sup>	DIN1048-5
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu$	25	DIN 52615
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,17}$	0,08 W/mK	DIN 52612
Brandverhalten	nicht brennbar A1	DIN 4102 Teil 1
Längenspezifischer Strömungswiderstand	10-20 kPas/m <sup>2</sup>	DIN EN 29053
Chemische Zusammensetzung		
SiO <sub>2</sub>	71 ± 2	Ma-%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 ± 0,3	Ma-%
Na <sub>2</sub> O	13 ± 1	Ma-%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 ± 0,2	Ma-%
CaO	8 ± 2	Ma-%
MgO	2 ± 1	Ma-%
K <sub>2</sub> O	1 ± 0,2	Ma-%
Spurenelemente	< 0,5	Ma-%



© Fraunhofer IBP



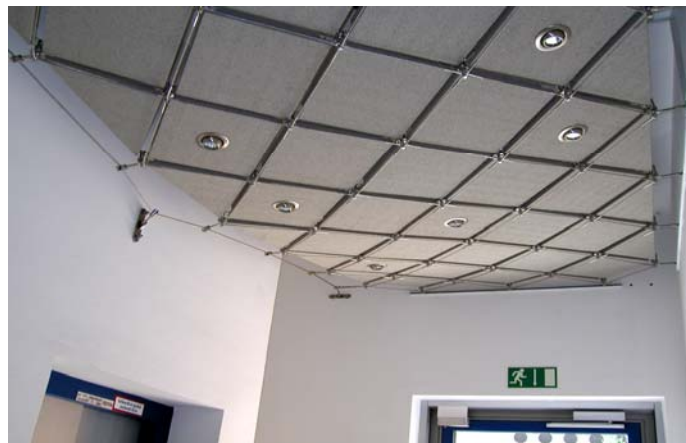
**REAPOR - Deckensegel als mehrdimensionales Seilnetz mit Schallabsorption und Beleuchtung: vorher und Montage**



© Fraunhofer IBP

**Fraunhofer**  
IBP

**REAPOR - Deckensegel als mehrdimensionales Seilnetz mit Schallabsorption und Beleuchtung: Innovation?**



© Fraunhofer IBP

**Fraunhofer**  
IBP



### REAPOR bei Akustikdecken (STO) und Streifenabsorber bei TAB



© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

### Blähglas-Absorberplatte REAPOR als Lärmschutzwand



Hersteller: Liaver + Heberger, Objekt: Leimen BW

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

Anwendung  
Schallkapsel für  
Maschinen



© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

REAPOR-  
Blähglas-  
platte als  
Verbund  
mit Loch-  
Blech





© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Schaumglas-Schotter als Dämmung der Bodenplatte mit Integration der Drainage u.a. aus dem Bigbag: Praxis !



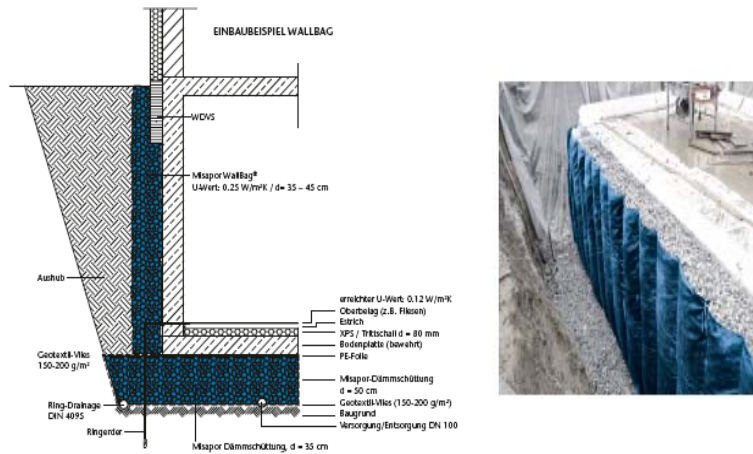
Quelle: MISAPOR. Technisches Handbuch 2011

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP



## Schaumglas-Schotter als Perimeter-Dämmung + Wall-Bag®



Quelle: MISAPOR, Technisches Handbuch 2011

© Fraunhofer IBP

Fraunhofer  
IBP

## Fazit

- Leichtwerkstoffe aus recyceltem Altglas sind verfügbar.
- Gips-Schüle-Stiftung war Pate und starker Projektförderer.
- Entwicklungswerkzeuge wie QFD haben noch Potential bei F+E
- Team aus IBP-Forschern + potentiellen Anwendern wie Liaver, Heberger, STO, Henkel/Pinta-Acoustic/Hoppe u.a. (Lizenznehmer) konnten REAPOR® + innovative Bauprodukte daraus entwickeln.



- Produkte stehen bereit, siehe Internet.
- Kreative Köpfe zur Mitarbeit gesucht bei Fraunhofer und den Partnern.
- Machen Sie mit – Glas ist kreislaufgerecht!

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

Schachspiel mit Figuren + Brett aus REAPOR

Fraunhofer  
IBP