

Ligninbasierte Aerogele

ENOB : HLB-Hybrid – Entwicklung innovativer Fassaden-Sandwichelemente unter Verwendung von Holzleichtbeton und Smartmaterials als Dämmstoff

ohm Technische Hochschule Nürnberg

TUHH
TM
Thermische Verfahrenstechnik

kbp
Kauer | Brodmeier | Peter
Architekten & Ingenieure GmbH

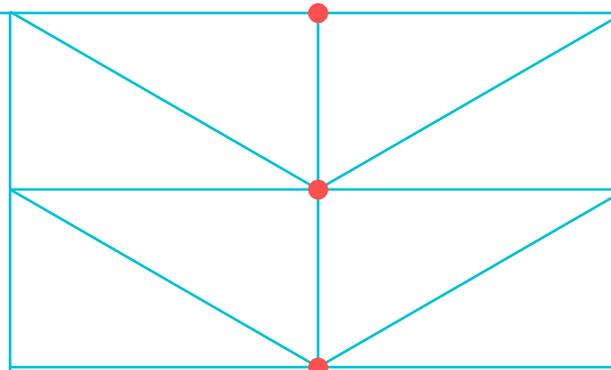
HT

MÖHLER+PARTNER
INGENIEURE

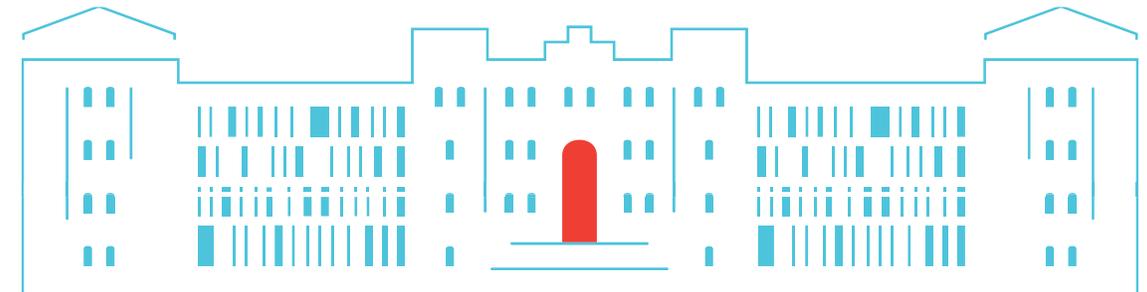

Kingspan

MEIER
> BETONWERKE

TUHH
Technische Universität Hamburg



09.03.2024



Razan Altarabeen

Förderkennzeichen

03EN1072A, 03EN1072B

Projektlaufzeit

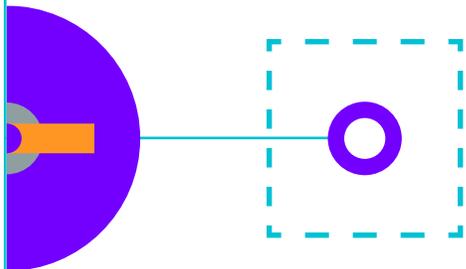
01/2023 bis 12/2024

Motivation



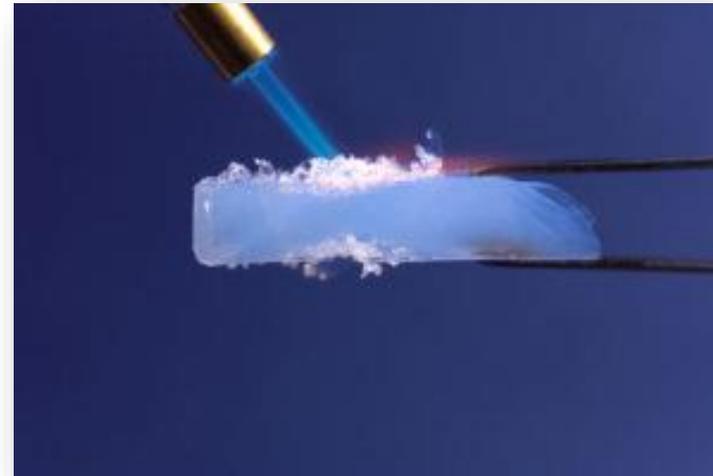
- Nichttragende wärmedämmende Fassadenelemente
- schlank, stabil, wirtschaftlich
- Aktive Isolation : Sandwichteil Lignin-Aerogel

07.03.2024



Aerogele

- Leichteste Feststoffe der Welt mit Porosität bis 99%
- Basis: anorganische und organische Gele
- Anwendungen: Thermische Isolation, Lebensmittel-technologie, Personal Care



Produktion von Aerogelen an der TUHH



- Kapazität: 60 L/Batch
- Methoden: CO₂-Extraktion und Hochdruckprozesse
- Weltweit erste Technologie für Partikelproduktion

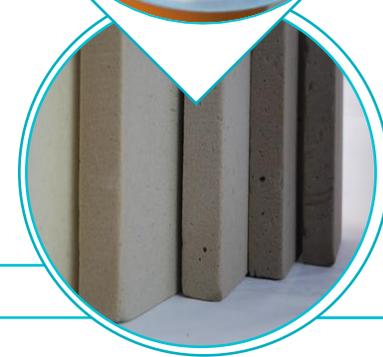
Forschung an der TUHH

- Modellierung und Scale up der Produktionsprozesse
- Entwicklung neuer Aerogelklassen
- Adsorption und Kristallisation aktiver Wirkstoffe in den Poren
- Thermodynamische Grundlagen der Prozesse

HLB-Hybrid in TUHH

Biobasierte multifaktorielle poröse Materialien als Fassadenelemente

- Auswahl von Biomasse-Substraten und deren Evaluierung
- Optimierung von biobasierten nanoporösen Materialien
 - ✓ Lignin Aerogel: Monolithen und Partikel (von 18mW/mK)
 - ✓ Andere hochwärmedämmend nanoporöse Materialien:
 - Hydrophobierte Lignin-Aerogel-Partikeln,
 - Leichtes Beton aus Lignin-Aerogel-Partikeln

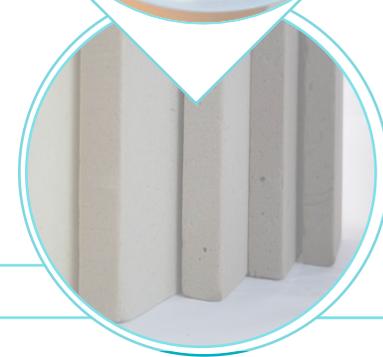
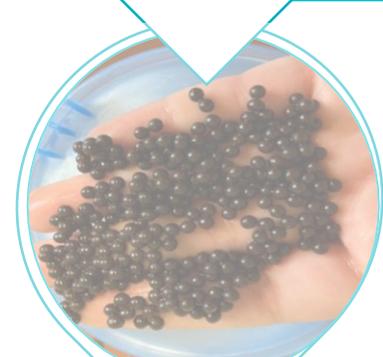
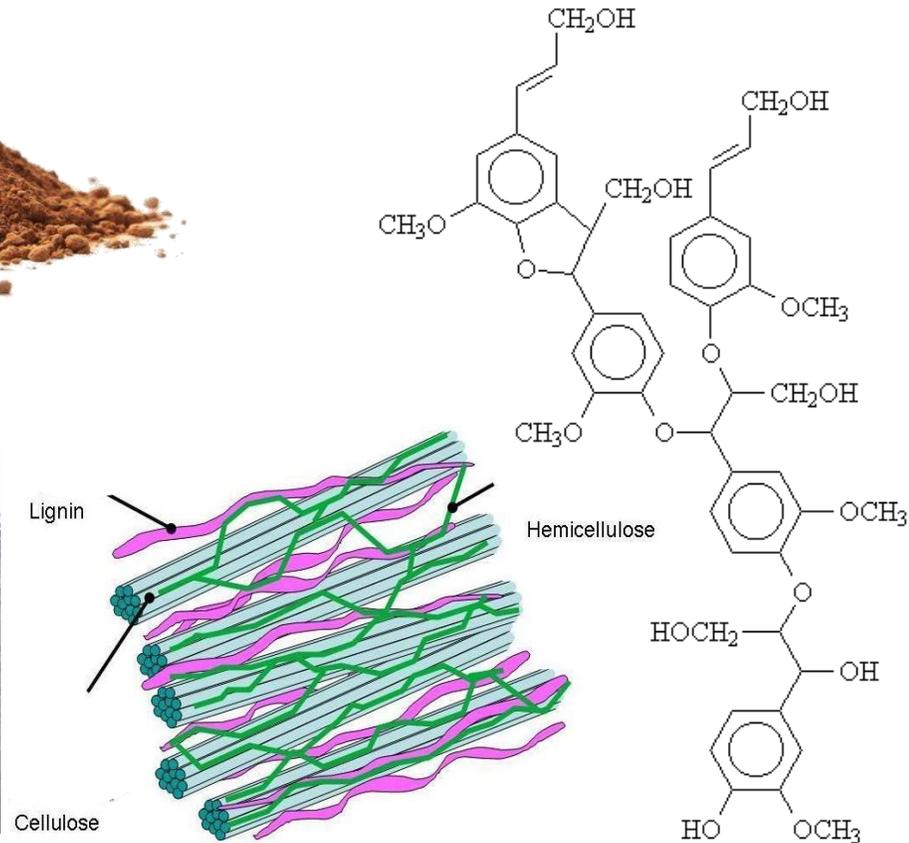


Lignin

Unbegrenzt durch
biomasse vorhanden

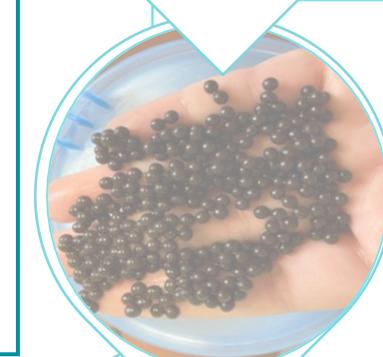


Lignin



Aber : je nach Ursprung verschiedene Eigenschaften

Lignin-Charakterisierung



Process	Source	Ash content, %	Klason minus ash, %	ASE350 acetone extract, %	Average OMe, mmol/g	Aromatic OH, mmol/g	Total OH, mmol/g
Hydrothermal + Enzyme Hydrolyse	Weizenstroh	10.15	70.77	22.68	2.4775	1.76	2.71
HCT / mechanisch	Laubholz	0.1	68.12	30.77	5.5102	2.65	5.45
Freier saurer Aufschluss	Laubholz	1.67	77.23	46.56	4.8886	2.34	6.21
Dampf / Enzyme	Nadelholz	0.45	93.44	7.39	3.8526	1.51	2.32
verd. Säure + Enzyme	Miscanthus	21.03	61.60	7.12	1.5030	1.94	3.16
unbekannt	Nadelholz	0.16	75.51	12.20	3.4709	2.89	4.84
Soda-Aufschluss	unbekannt	6.85	68.70	7.10	2.8295	1.75	2.71
unbekannt	Bagasse	37.72	N/A	n/a	1.0025	N/A	N/A
Sulfit-Aufschluss	Bagasse	0.89	73.11	66.17	3.7891	3.77	5.01
Sulfit-Aufschluss	Laubholz	13.54	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sulfit-Aufschluss	Laubholz	51.09	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Organosolv Kraft	Buche	0.11	93.29	≈ 100	7.0938	2.69	3.47
Organosolv (Rot)	Nadelholz	0.1	88.64	≈ 100	5.4178	2.45	3.36
Überkritisch Wasser	Buche	0.13	89.51	96.58	6.4234	3.25	5.03
unklar	variabel	0.07	80.73	47.02	5.2441	3.15	4.57
Soda Aufschluss	n/a	56.79	N/A	7.92	N/A	N/A	N/A
Soda Aufschluss	Variable	2.44	N/A	82.34	N/A	0.87	1.35
Soda Aufschluss	Wheat Straw	2.78	N/A	86.39	N/A	1.15	2.15
Soda Aufschluss	Wheat Straw	1.53	N/A	84.09	N/A	3.43	5.08
Soda Aufschluss	Wheat Straw	1.56	N/A	53.92	N/A	2.14	3.50
Ionische Flüssigkeiten	n/a	0.18	N/A	48.39	N/A	1.77	2.46

Asche: Ash content%
Reinheit: Klason and ASE350 acetone extract
funktionelle Gruppen: OH (Aromatic & Total OH), OMe

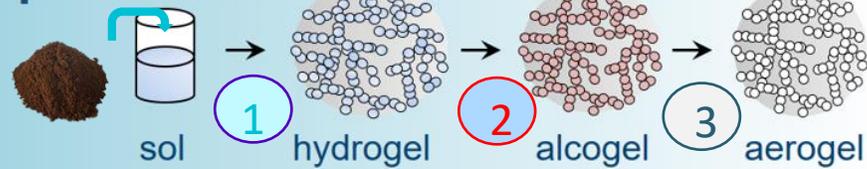
Lignin Aerogelen

Ziel: Herstellung von Lignin-Alginat-Aerogelen

➤ Theorie



Aerogel production



1	Gelierung	Mikrostruktur und makroskopische Formkontrolle
2	Lösungsmittelaustausch	Austausch mit Ethanol, ETOH > 97%
3	Supercritical Trocknung	120 bar, 60 °C, CO ₂

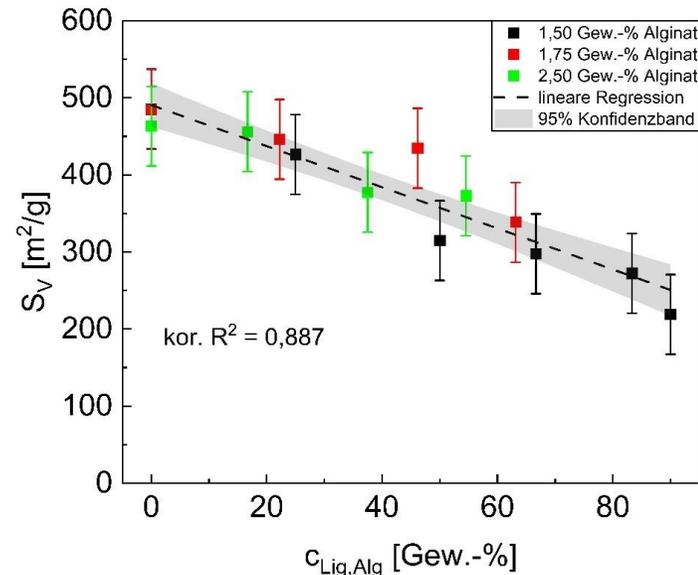
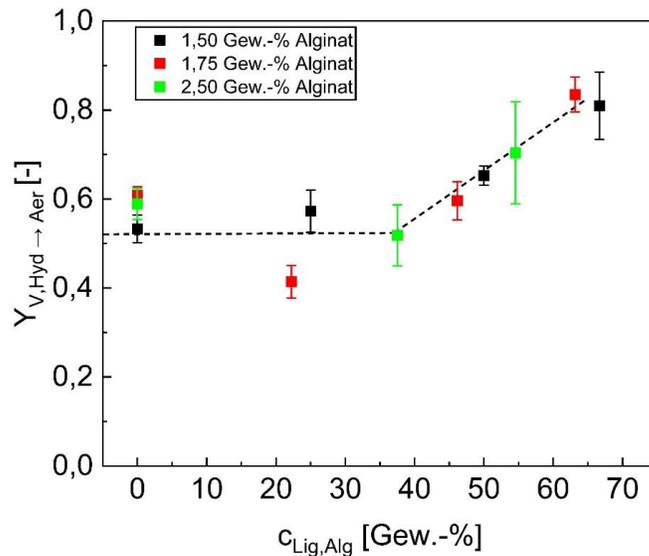
➤ Schwerpunkte

- Verwendung von Lignin in seiner reinen Form
- Ligningehalt und Funktionalität im fertigen Aerogel
- Reduzierung der Feuchtigkeitsempfindlichkeit
- Scale-up von Aerogele



Lignin Aerogelen Charakterisierung

- Ligninart: Soda-Lignin Pb2400 Tanovis.
- Der Ligningehalt in Lignin-Aerogel-Partikeln variiert: 0–90 Gew.-% in Alginat.



Auftragung der Volumenausbeute (links) und der spezifischen Oberfläche (rechts) über die Ligninkonzentration bezogen auf Alginat für Alginat-Lignin Hybrid-aerogele (n=20).

- ✓ Erhöhung der Volumenausbeute ab einer Konzentration von 40 Gew.-%.
- ✓ Stabilisierungsdikator der Alginatstruktur durch Lignin.
- ✓ Linearer Zusammenhang zwischen spezifischer Oberfläche und Ligninmasse.



Lignin Aerogelen Als Bauteil

HTWK

Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig



Protoypen-Entwicklung

- Mechanisches Pressen von Lignin-Aerogel-Partikeln ins Platten im HTWK
- Herausforderung: elastische Materialien sind schwer zu pressen
- Lösung: Mischung mit Fasern ($\approx 1\%$)

Pressverfahren von Ligninaerogelen

- Mahlen und Pressen von Lignin-Aerogel-Partikeln zu Platten bei Verwendung von zwei Pressdruckwerten $0,9$ & $1,2$ N/mm².
- Einfluss einer höheren Ligninkonzentration auf das Pressen von Aerogelpartikeln



Prototypen Entwicklung

HTWK

Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig

1 Gelierung



- Gel-Zusammensetzung
- 1.75 wt % Alginate.
 - 8 C_{Lig}/C_{Alg} soda lignin.

2 Überkritische CO₂-trocknung



- Trocknungsparameter
- PT: 60° C, 120 bar.
 - Zeit: 2 stunden.

3 Auswertung



- Aerogele auswertung
- Spezifische Oberfläche: 350-400 m²/g.

4 Übertragung



- Übergabe von 3 Litern Aerogelen an die HTWK

5 Mahlen



- Reduzierung der Partikelgröße

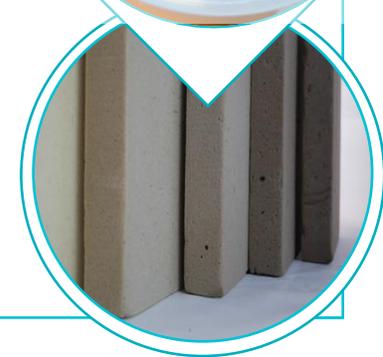
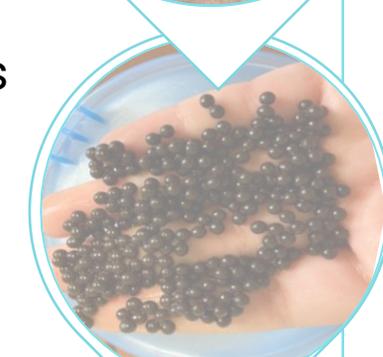
6 Pressen



- Druck beim Pressen (N/mm²): 0.91 & 1.22
- Abmessung (L X B): 110 X 110 mm.
- keine Fasern erforderlich .

Pressverfahren für Lignin-Alginat-Aerogel-Partikel an der HTWK.

- Bewertung nach Kompressibilität und Wärmeleitfähigkeit.
- Untersuchung des Einflusses des Ligningehalts auf die endgültigen Eigenschaften der gepressten Platten.



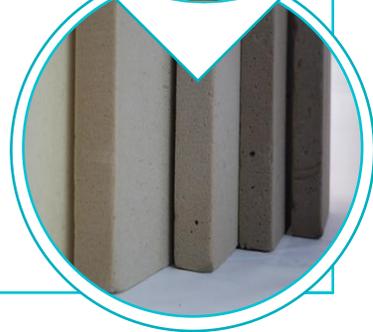
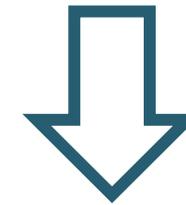
Lignin Aerogelen Als Bauteil

HTWK

Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig

- ✓ Ligninkonzentration (Gew.-%): 8%, 32%, 64%
- ✓ Verbesserte mechanische Stabilität von Aerogelen.
- ✓ Erhöhte Pressbarkeit der Lignin-Aerogel-Partikeln.
- ✓ Keine Zugabe von Fasern zum Pressen.
- ✓ Wärmeleitfähigkeit zwischen (23 und 40 mW/m.K).
- ✓ Dichte zwischen (0,075 bis 0.25 g/cm³, *abhängig vom Pressdruck*).

* Ligninkonzentration auf Trockenmassebasis



Ausblick

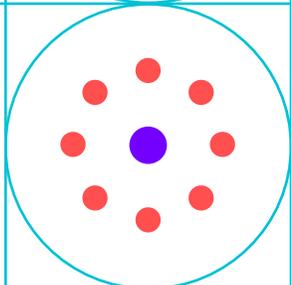
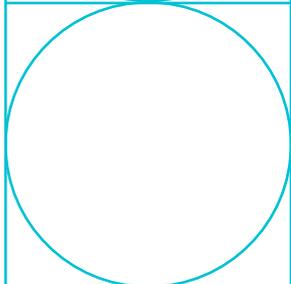
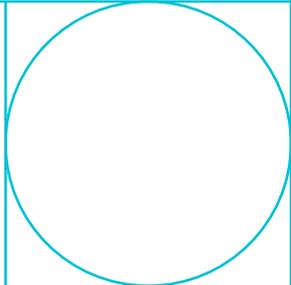
- Erhöhung der mechanischen Stabilität durch einen höheren Ligningehalt.
- Evaluierung anderer Eigenschaften wie z.B. die Aufnahme von luftfeuchtigkeit, Lignin-Funktionalität?.
- Optimierung des Prototyps, z.B. verschiedene Schichten mit unterschiedlichen Dicken.
- Optimierung des Prozesses, z.B. kontinuierliche Trocknung der Partikel.

Dankeschön

Razan Altarabeen

Technische Universität Hamburg (TUHH)
Thermische Verfahrenstechnik
Am Schwarzenberg-Campus 1
21073 Hamburg
Tel.: +49 40 42878 4295
r.altarabeen@tuhh.de

[tuhh.de](https://www.tuhh.de)



TUHH
Technische
Universität
Hamburg