

Baustoffe aus Rohrkolben für nachhaltige und einfache Baukonstruktionen

Krus, M. / Lotsch, J.-P. / Wigger, H. / Theuerkorn W.



Bildquelle: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Chr. Huber



https://cdn.pixabay.com/photo/2016/04/02/21/01/world-1303628__340.png



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

 Typha Technik

 Fraunhofer
IBP 1

1

Inhalt

- Ökologische Einordnung (Gründe für Wiedervernässung)
- Pflanze (Verbreitung, Blattstruktur Typha angustifolia als Begründung für Baustoffproduktion)

Typhaboard mit seinen Alleinstellungsmerkmalen/Materialeigenschaften

- Neu entwickelte Baustoffe aus Typha
- Im Rahmen von RoNNi geplante Neuentwicklungen
- Bereits existierende Demogebäude (Fachwerkhaus/Saunahaus/Typhapavillon // Science Cube/EEP und inSitu-Messungen)
- Im Rahmen von RoNNi geplante Demogebäude

Wirtschaftliches Konzept

- Von der batchweisen Fertigung zur kontinuierlich arbeitenden Fertigung
- „einfach Bauen“

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

 Typha Technik

 Fraunhofer
IBP2

2

Vorteile bei Nutzung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen

- Weitgehende CO₂-Neutralität
- Schonung fossiler und mineralischer Ressourcen
- Verringerung von Emissionen
- geschlossene Kreislaufwirtschaft realisierbar
- Regionale Wertschöpfung
- im Prinzip unbegrenzte Verfügbarkeit der Rohstoffe



© Fraunhofer

 JADEHOCHSCHULE
 für Informatik, Technik und Design

Typha Technik

 Fraunhofer
 IBP3

3

Paludikultur Typha angustifolia - Bedeutung für die Umwelt

Überschlägige Berechnung der CO₂-Emissions-Einsparung:

Konventionelle Intensiv-Bewirtschaftung bedeutet im Mittel 35 t CO₂-equiv. Emissionen pro Hektar und Jahr

Zeitweise Überstauung erforderlich

- Bis zu 10 t CO₂-equiv. CH₄-Emissionen pro ha*a (bei guter Nährstoffversorgung wahrscheinlich geringer)
- Durch Anbau von angustifolia Absenkung um mind. 25 t CO₂-equiv. Emissionen pro ha*a

Bei 15 t/ha Ernte ca. 6 t langfristig gebundener C

- entspricht 22 t CO₂-equiv./ha*a
- Gesamt ca. **45 t jährliche CO₂-equiv.-Emissionsreduktion** pro ha*a

Vergleichbare Emissionsvermindierungen sind mit keiner anderen landwirtschaftlichen Nutzung erreichbar!

- **Reinigung nährstoffbelasteter Oberflächenwässer**
- **Bildung von Retentionsflächen**



© typha technik Naturbaustoffe

© Fraunhofer

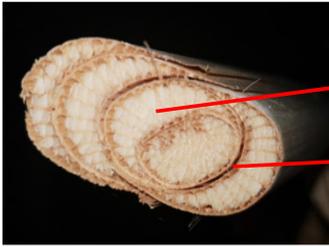
 JADEHOCHSCHULE
 für Informatik, Technik und Design

Typha Technik

 Fraunhofer
 IBP 4

4

Warum Rohrkolben (*Typha angustifolia*)



Bildquelle: IBP Holzkirchen



Bildquelle: Fa. typhatechnik

Sehr spezieller Blattaufbau mit:

+ Schwammgewebe mit niedriger WLF $\lambda \approx 0.035 \text{ W/mK}$
 → hierdurch gute Dämmwirkung

+ Faserverstärktes Stützgewebe mit extremer Druck- und Zugfestigkeit
 → hierdurch gute Trageigenschaft

+ Elastische Nachgiebigkeit senkrecht zu Blattachsen
 → hierdurch leichte Verdichtbarkeit

+ Spaltbarkeit ähnlich wie bei Holz
 → leichte Erzeugung nutzbarer Partikel

+ Niedermoorpflanze mit hoher natürlicher mikrobieller Resistenz
 → schimmelresistent, somit kein Biozidzusatz erforderlich

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
 für Informatik, Technik und Design

Typha Technik

Fraunhofer
 IBP

5

Bedeutung für die Landwirtschaft

- Typha ist eine der wenigen Kulturen, die eine naturnahe, standortgerechte, stabilisierende Nutzung von Niedermooren ermöglicht
- Hoher Flächenertrag ab dem 2. Jahr (ca. 15 t/ha)
- **Hoher Gewinn** auf eher unlukrativen Flächen (ca. 5.000 €/ha*a)
- keine Konkurrenz zur Getreideproduktion
- Ernte in den Wintermonaten → kein Widerspruch zur Biotopbildung
- Mit 20 ha Anbaufläche könnte bereits eine rentable Fertigung von 2000 m³ Baustoff aufgebaut werden



Nur wenn den Landwirten für die Wiedervernässung ein finanziell attraktives Angebot gemacht werden kann, ist eine großflächige Umsetzung realistisch

→ Hochwertiges und damit hochpreisiges Produkt erforderlich!



© Fraunhofer

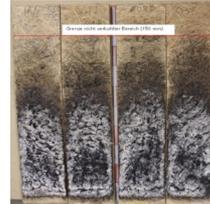
JADEHOCHSCHULE
 für Informatik, Technik und Design

Typha Technik

Fraunhofer
 IBP

6

Ergebnis: Typha-Board



Besondere Struktur der Blattmasse mit Stütz- und Schwammgewebe

→ Baustoff mit einzigartiger Kombination von Alleinstellungsmerkmalen:

- Einfache energiearme Herstellung mit **geringen Investitionskosten**
- **Nur** aus Blattmasse + mineralisches Bindemittel **Magnesit**
- Einzigartige Kombination von Druckfestigkeit (ca. 0,5 N/mm²) und Wärmeleitfähigkeit (0.055 W/mK)
- **Hoher Brandschutz (class B1), kein Glimmen; Feuerwiderstandsklasse F60 bei 60 mm Board !**

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 7

7

Hygrothermische Materialkennwerte

| Materialkennwert | Einheit | Wert |
|--|----------------------|-------|
| Rohdichte | kg/m ³ | 270 |
| Porosität | Vol.-% | 75 |
| Diffusionswiderstandszahl Dry-cup (23 0/50) | - | 28 |
| wet-cup (23 50/93) | - | 20 |
| Wasseraufnahmekoeffizient | kg/m ² √h | 1,1 |
| Sorptionsfeuchtegehalt 23 °C 65 % r.F. | Vol.-% | 0,65 |
| 23 °C 80 % r.F. | Vol.-% | 1,2 |
| 23 °C 93 % r.F. | Vol.-% | 2,9 |
| 23 °C 97 % r.F. | Vol.-% | 6,9 |
| Freie Sättigung | Vol.-% | 59 |
| Wärmeleitfähigkeit | W/mK | 0,055 |

Ausreichend diffusionsoffen zur Trocknung, aber diffusionsdicht genug, dass DB meist nicht erforderlich

Kapillaraktiv

Hohe Sorptionsfähigkeit

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 8

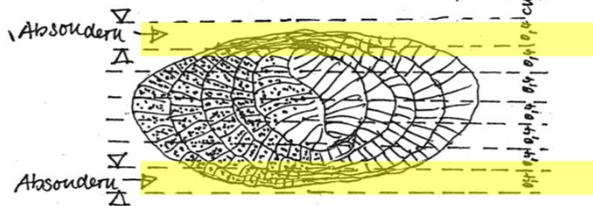
8

Neuentwicklung: geringere Rohdichte bzw. Wärmeleitfähigkeit

Optimierung der Partikelgeometrie/Anordnung

Maßnahme zur Senkung der Wärmeleitfähigkeit:

Entfernen der aerenchymarmen Seitenbereiche



| Parameter | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Bindemittel | Magnesit |
| Rohdichte | 140 – 160 kg/m ³ |
| Wärmeleitfähigkeit | 0,043 W/mK |
| Druckfestigkeit | > 100 kPa |
| Biegefestigkeit | > 300 kPa |
| Wasseraufnahme | < 2 kg/m ² |
| Brandschutzeigenschaften | B1, no glowing, no dripping |

Dreilagiger Aufbau:

Kernschicht: Grobe Partikel → Geringer Bindemittelbedarf → bessere Dämmeigenschaften

Deckschichten: Feinere Partikel mit höherem Magnesitanteil → Höhere Oberflächenqualität

Schnellaushärtung mit überhitztem Wasserdampf: Aushärtungszeit nur 2 Minuten!

© Fraunhofer

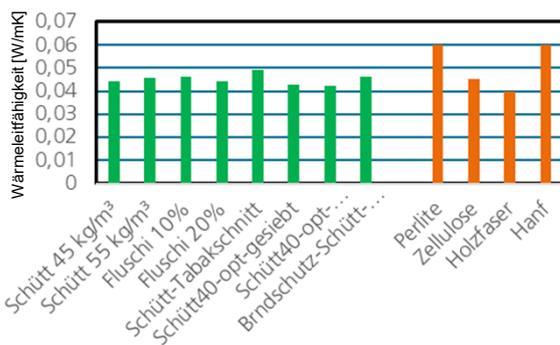
JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP

9

Neuentwicklung: Schüttdämmung aus Typha angustifolia



Von Herrn Theuerkorn ausgeführter einfacher Brandtest zeigt signifikant schlechtere Entflammbarkeit mit eingeschütteltem Ammoniumsulfat



Wärmeleitfähigkeiten:
Vergleichbar mit konventionellen Schüttdämmstoffen oder besser

Möglichkeit des Einbringens von Brandschutzstoffen. B. fein gemahlenes Ammoniumsulfat (wird in das Schwammgewebe eingelagert).

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP

10

Neuentwicklung: Holzersatz aus Typha

Ansatz:

- parallel angeordnete Partikel senkrecht zur Hauptlast
- hoher Druck beim Abbinden



Probekörper nach Druckfestigkeitstest

Ergebnis:

Druckfestigkeit 6.28 N/mm²

→ Beim ersten Versuch bereits eine 10-fache Erhöhung der Druckfestigkeit im Vergleich zum Standard-Board

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 11

11

Neuentwicklung: Gewölbtes Deckenelement aus Typha



Vorteile des Deckenelements:

- Einfache Installation
- Hohe Nachhaltigkeit
- Trittschallschutz „eingebaut“
- Kein aufwändiger schwimmender Estrich erforderlich
- Sehr preisgünstige und schlanke Konstruktion

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 12

12

Entwicklungsansätze im Rahmen des RoNNI-Projektes

Typha-Schaum als Dämmstoff



Typha-Schaum als Bindemittel



Typha-Holzschaum-Sandwich



Typha-Einblasdämmung






© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

Fraunhofer
IBP

13

Entwicklungsansätze im Rahmen des RoNNI-Projektes: Typhaschaum

Herstellungsschritte

Typha-Fasern



TMP
thermo-mechanical pulp



Faser-suspension



Wasser
Schaummittel

geschäumte
Fasersuspension



Typhaschaum



Desintegration



Schäumen



Trocknen






© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

Fraunhofer
IBP

14

Entwicklungsansätze im Rahmen des RoNNI-Projektes: Typhaschaum



Abbildung: Typhaschaum aus *Typha angustifolia* (oben) mit einer Dichte von 65 kg/m^3 und *Typha latifolia* (unten) mit einer Zieldichte von 74 kg/m^3 .

| Auswertung Eigenschaften Holzschäum | | | | |
|---|----------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Name | erzielte Dichte | Zugfestigkeit | Druckfestigkeit | Wärmeleitfähigkeit |
| Einheit/Option | [kg/m ³] | [kPa] | [kPa] | [W/mK] |
| Typha angustifolia Typ 1 (schmalblättrig) | 65 | 4,51 | 32,5 | 0,0394 |
| Typha latifolia Typ 2 (breitblättrig) | 74 | 27,85 | 91,0 | 0,0406 |
| Holzschäum (Vergleich) | 54 | 10,02 | 22,3 | <0,04 |

- Typhaschäume mit *angustifolia* und *latifolia* herstellbar
- Niedrige Dichten für Anwendungsbereich Dämmstoff gut erreichbar
- Mechanische Eigenschaften ähneln Schäumen aus Holz und sind z.T. besser

© Fraunhofer

JADE HOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover



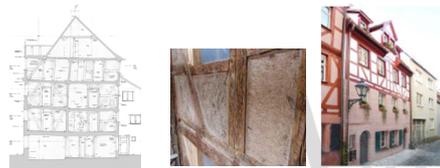
Typha Technik

Fraunhofer
IBP 15

15

Anwendungen und Forschungsprojekte

- Instandsetzung Fachwerkgebäude in Nürnberg
Energetische und statische Ertüchtigung
- Saunahaus Radolfzell Holzrahmenkonstruktion, 4.3 m Raster!
- Typha-Pavillon EXPO Mailand
Elementierter Massivbau als selbsttragende Konstruktion mit Formteilen
- Vergleichende Untersuchung von Innendämmsystemen
Alte Schäfflerei des Klosters Benediktbeuern



© Fraunhofer

JADE HOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover



Typha Technik

Fraunhofer
IBP 16

16

Science Cube in Werlte – BioÖkonomie - grüne Chemie (2018-2021)



Modulbauweise



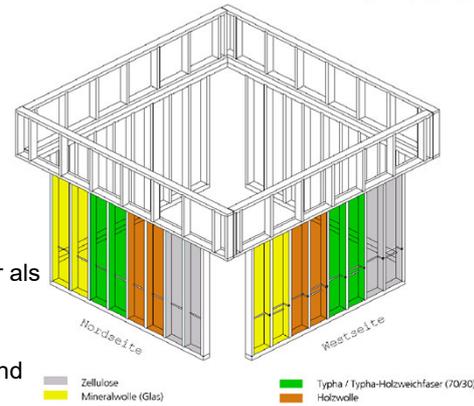
- Gefachedämmung mit verschiedenen Einblasdämmstoffen

- Zellulose
- Mineralwolle (Glas)
- Typha
- Holzwolle

- Typha-Einblasdämmung aus breitblättrigem Rohrkolben

- Mit und ohne Holzweichfaser als Stützmaterial

- Monitoring der Temperatur und Feuchteentwicklung



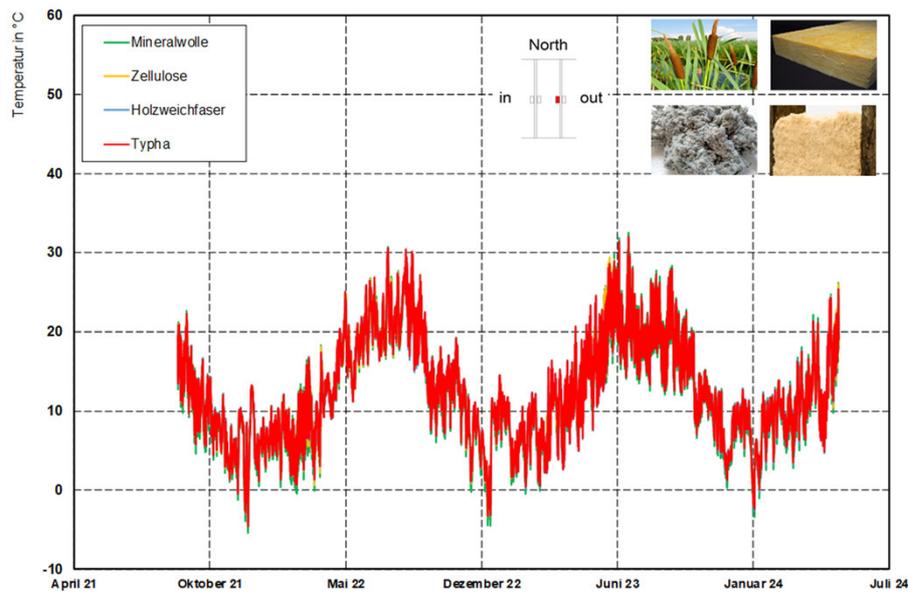
© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
WILHELMSHAGEN

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 17

17



Vergleich der **Temperatur**-Verläufe im Wandquerschnitt der unterschiedlichen Dämmstoffe

- Die **Typha-Einblasdämmung** erreicht **deckungsgleiche Verläufe** mit den herkömmlichen Dämmstoffen

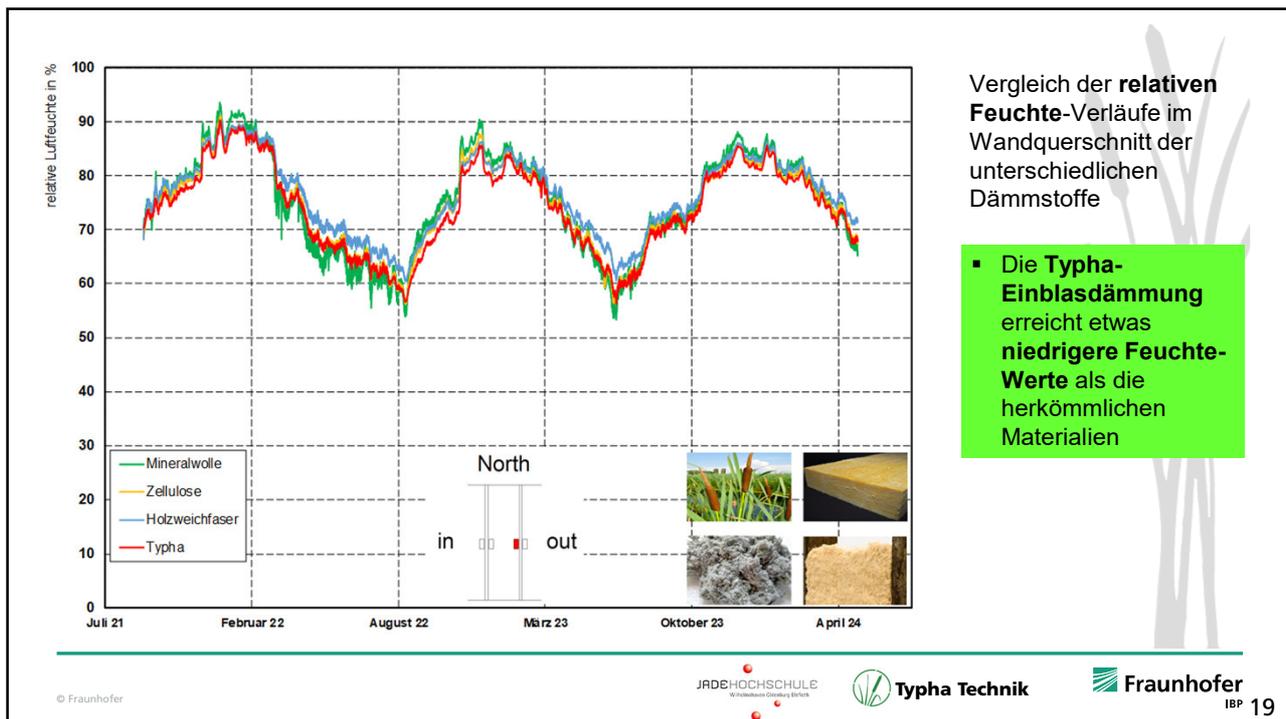
© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
WILHELMSHAGEN

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 18

18



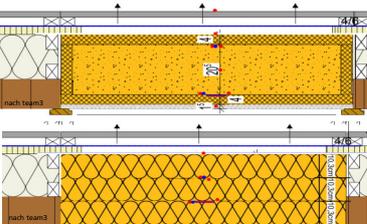
19

Energieeffizienzprüfstand EEP (Campus Oldenburg)

Produktketten aus Niedermoorbiomasse (2019-2022)



- In den Regelwandaufbau eingelassene Messfelder
 - M1 - Typhaboard
 - M2 - Typha-Schüttung gemischt mit Holzwolle; Lehmputz
 - M3 - Typha-Schüttung
- Typha-Schüttung im Kasten aus Typha-Platten (d = 4cm)
- Monitoring der Temperatur und Feuchteentwicklung
- Datengewinnung für hygrothermische Langzeitsimulation / Dauerhaftigkeitsprognose





© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

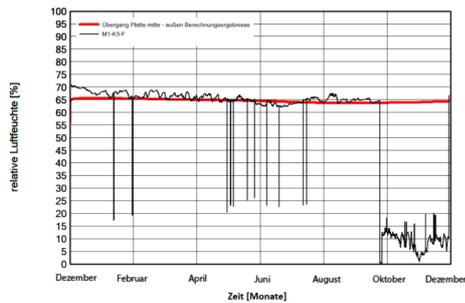
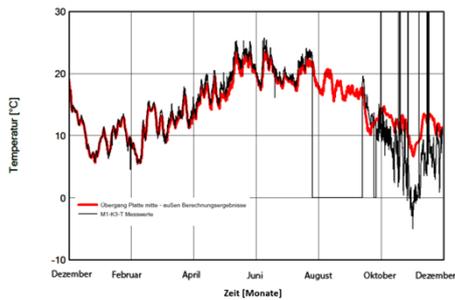
Fraunhofer
IBP 20

20

Durchführung Dauerhaftigkeitsuntersuchung am EEP

WUFI: Vergleich Messung / Rechnung

- Validierung Simulationsmodell
- Anschließend Dauerhaftigkeitsprognose durch Langzeitsimulation (LZS)



Gute Übereinstimmung der berechneten Verläufe mit den gemessenen Werten

➔ **Simulationsmodell funktioniert**
➔ **rechn. Variation der Anwendungsbereiche und -situationen**

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

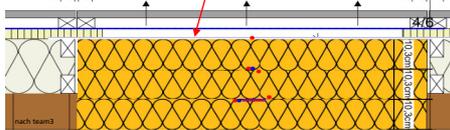
Fraunhofer
IBP 21

21

Durchführung Dauerhaftigkeitsuntersuchung am EEP

Dauerhaftigkeitsprognose:

Ergebnis LZS: $\varphi > 80\%$



Schimmelpilzuntersuchung am EEP

- Ergebnis der Langzeitsimulation zeigt, dass die relative Feuchte (φ) im äußeren Bereich der Dämmung zeitweise über normativen Grenzwert von 80% liegt
- Potenzielle Gefahr von Schimmelpilzbildung besteht
- Schimmelpilzrisikoberechnungen (WUFI-Bio) zeigen jedoch, dass trotz Überschreitung des Grenzwertes keine Schimmelpilzbildung zu erwarten ist
- In dieser Einbausituation besteht keine Anfälligkeit der Typha-Bauprodukte für Schimmelpilz- und Fäulnisbildung
- Analoge Berechnungen für andere Situationen

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 22

22

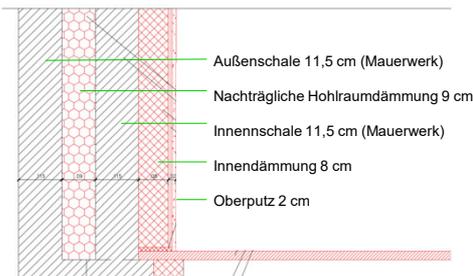
Zukünftige Demoobjekte: alte Maschinenhalle – Bauwerkhalle Oldenburg



Ausführungsbeginn: März 2024



- Energetische Sanierung, um Halle ganzjährig für Veranstaltungen / Ausstellungen nutzen zu können
- Zweischaliges Ziegelmauerwerk
- Einbau einer nachträglichen Hohlraumdämmung + mineralische Innendämmung



© Fraunhofer

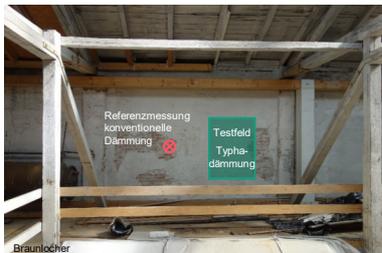
JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz Universität Oldenburg

Typha Technik

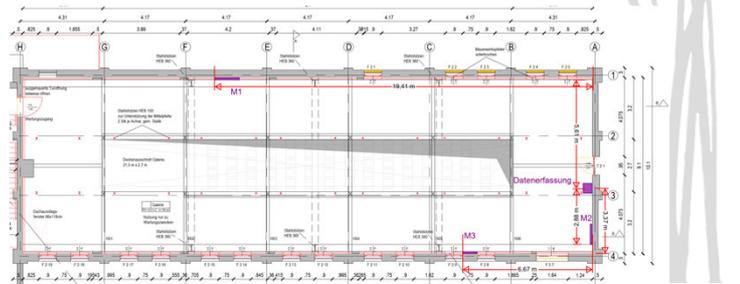
Fraunhofer
IBP 23

23

Zukünftige Demoobjekte: alte Maschinenhalle – Bauwerkhalle Oldenburg



- Einbau von Typha-Dämmstoffen in drei Testfeldern im 2. Quartal 2025
- Im Vorfeld hygrothermische Berechnungen
- Messtechnische Überwachung hinsichtlich Feuchte- und Temperaturverhalten
- Untersuchungsschwerpunkt: Feuchtigkeitsbildung zwischen Mauerwerk und Typha-Innendämmung
- Vergleich mit herkömmlicher Innenwanddämmung (mineralische Dämmplatten)



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz Universität Oldenburg

Typha Technik

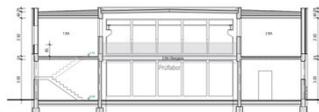
Fraunhofer
IBP 24

24

Zukünftige Demoobjekte: Aufstockung Institut für Materialwissenschaften (Campus Oldenburg)

Ingenieurbüro
Rau

SYSTEMSCHNITT



OSTANSICHT



- Befindet sich zur Zeit in der Endphase der Entwurfsplanung
- Ausführungsbeginn voraussichtlich im 2. Quartal 2025
- Beginn der messtechnischen Untersuchung gegen Ende 2025

- Energetische Aufstockung mit Passivhauskomponenten, Beheizung möglichst nur mit Abwärme
- Reduzierung des Wärmebedarfs vom Bestandsgebäude wird angestrebt
- Umsetzung in Holzrahmenbauweise mit Flachdach
- Stirnseitig Ziegelfassade, hinterlüftete Holzfassade an den Längsseiten

© Fraunhofer

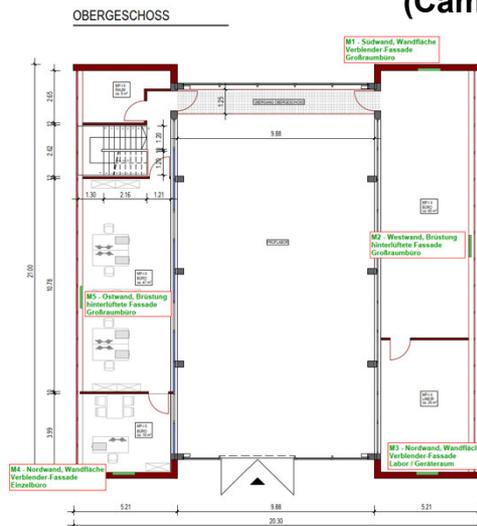
JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

 Fraunhofer
IBP 25

25

Zukünftige Demoobjekte: Aufstockung Institut für Materialwissenschaften (Campus Oldenburg)



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

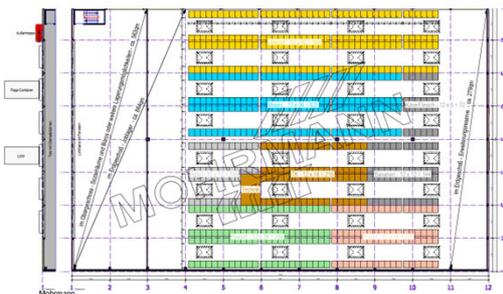
Typha Technik

 Fraunhofer
IBP 26

- Einbindung von fünf Messfeldern zur hygrothermischen Untersuchung von Typha-Dämmstoffen
- Verschiedene Einbausituationen können untersucht werden
 - Unterschiedliche Witterungseinflüsse wie Schlagregen (Westseite) und Sonneneinstrahlung (Südseite)
 - Brüstungsbereich einer hinterlüfteten Holzfassade
 - Wandfläche in Ziegelfassade (ggf. Holzrahmenbauweise + Riemchen)
 - Unterschiedliche innenklimatische Randbedingungen (Büro, Labor)
- Messfelder werden so konzipiert, dass ein problemloser Austausch der zu untersuchenden Bauprodukte möglich ist
- Zusätzlich messtechnische Überwachung des Regelwandaufbaus als Vergleich

26

Zukünftige Demoobjekte: Gewerbebau: Firma Kornkraft Naturkost GmbH



- Errichtung einer Lagerhalle (Trocken- und Kühllager) mit Sozialtrakt
- Gebäudefläche insgesamt: 10.840 m²
- Alle Gebäude im Gewerbegebiet sollen CO₂-neutral betrieben und unter minimalem CO₂-Verbrauch errichtet werden
- Im Zuge der unterschiedlichen Bauabschnitte dürfen Typha-Bauprodukte in die Fassade eingebaut und messtechnisch überwacht werden
- Zur Erfassung der außenklimatischen Randbedingungen wird eine Wetterstation auf dem Gelände eingerichtet
- Ausführungsbeginn ist derzeit unklar

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
An der Universität Oldenburg 26111 Oldenburg

 Typha Technik

 Fraunhofer
IBP 27

27

Wirtschaftliches Konzept: Derzeitiger Herstellungsprozess



- Spaltung zu Typha-Stäben mit einer speziellen eigens entwickelten Schneideeinrichtung und Kürzung auf gewünschte Länge
- Besprühen der Partikel in einer Beieimtrommel
- Einbringen Typhapartikel in die Pressform, Verdichtung und Aushärtung

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
An der Universität Oldenburg 26111 Oldenburg

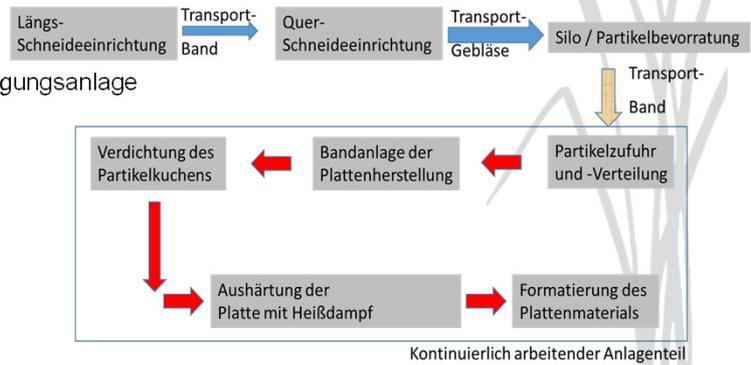
 Typha Technik

 Fraunhofer
IBP

28

Konzeption einer halbindustriellen Plattenherstellung

- Geringe Anlageninvestition (ca. 300-500 k€)
- Etwa 2000 m³ Typhaboard / Jahr
- Kurze Transportwege für Rohstoff zur Fertigungsanlage
- **Genossenschaftlicher Betrieb**
durch mehrerer Landwirte möglich
➔ **hohe Wertschöpfung beim Landwirt**
- Sehr konkurrenzfähiger Baustoff mit einem Preis von ca. 400- 500 €/m³
- Hohe Gewinnmargen selbst im Hochlohnland Deutschland
- In aktuell laufendem Projekt wird eine Demoanlage aufgebaut



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 29

29

Konzeption einer halbindustriellen Plattenherstellung

Bandanlage zur kontinuierlichen Fertigung von Platten an der Universität Göttingen besichtigt.

Einstreuen der Partikel

Verdichtung auf Plattendicke

Aushärtung mittels Heißluft/Heißdampf



Ausschreibung zur Entwicklung einer kompletten Demonstrationsanlage im Rahmen von RoNNi erfolgt



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Hannover

Typha Technik

Fraunhofer
IBP

30

Bedeutung für die Bauwirtschaft

- „Einfaches Bauen“
- Geeignet für kostengünstiges, elementiertes Bauen
- Leichtbau → innerstädtische Nachverdichtung durch Aufstockungen (Brandschutz)
- Eignung für Bauen im Bestand (Fachwerkhauassanierung; Innendämmung; Aufdachdämmung...)
- **Gute Rückbaubarkeit/Wiederverwendung (Schraubverbindungen)**



© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 31

31

Mehrwert durch besondere Eigenschaften

Entwicklung eines neuen innovativen Baustoffs mit einer Vielzahl positiver Eigenschaften

nachhaltiges Bauen mit einem Material

- aus nachwachsendem Rohstoff
- mit geringem Energieaufwand hergestellt
- einfach rückbaubar
- voll kompostierbar
- Cradle to Cradle – Einsatz möglich
- Gute Rückbaubarkeit/Wiederverwendung



einfachere Bauweisen, da Typhaboard viele konstruktionsrelevanten Eigenschaften in sich vereint (Wärmeschutz, Statik/Aussteifung, Brandschutz, Feuchteschutz, Putzträger...)

Neben gesellschaftspolitischen Vorteilen auch in vieler Hinsicht erkennbare Kundenvorteile

© Fraunhofer

JADEHOCHSCHULE
an der Leibniz-Universität Oldenburg

Typha Technik

Fraunhofer
IBP 32

32