

## Optimization of fiber board properties

F. MICHEL <sup>A</sup>, V. BROMBACHER <sup>B</sup>, P. NIEMZ <sup>A</sup>

<sup>a</sup> Wood Physics Group, Institute for Building Materials, ETH Zürich CH

<sup>b</sup> Pavatex, Cham, CH

**Abstract:** The industry is facing the question of to what extent the current raw material supply can be substituted by conifers whose future safeguard has to be questioned. Alternatively, the use of hardwood fibres and other natural fibres is imaginable and therefore increasingly gaining in importance.

The combination of various insulating materials into a multilayered end product (combined with high-performance insulating materials such as aerogel) offers a possibility to optimise the material usage as well as to improve material properties that are relevant from a construction physics point of view. Thereby, apart from the properties of the individual layers, their combination also plays an important part. Additionally, various raw materials are increasingly combined to a fibre blend in order to achieve synergy effects.

In this project, apart from the thermal conductivity of industrial materials (stone and glass fibers) and different porous soft fiberboards (wood fibres), were analysed and observed with the aid of standardised material property examinations.

The research has shown that thermal conductivity depend strongly on the bulk density but also on the moisture content. Additionally, an influence by the used production method and the therewith associated fibre orientation was shown. Thanks to modern technology, a more diffuse fibre orientation can be achieved in the dry process, in the case of a homogeneous board cross-section up to a thickness of 20 cm. In the wet process, a more directed fibre orientation results, generally in the case of a maximal production cross-section of a thickness of 22 mm. In the wet process, higher cross-sections are achieved by layering and laminating the individual layers. The research shows that this layering has an influence on the material properties which was additionally proven by increasing the linear glued layers. In addition, the refiner conditions during the manufacture of wood fibres have an influence on the fiber geometry, that are demonstrably to influence the sorption behavior and the equilibrium moisture content.

*Keywords: Thermal conductivity, thermal treatment, refiner conditions, porous soft fiberboards*

## AUSGANGSLAGE

Getrieben durch die Klimaerwärmung und die immer steigenden Rohölpreise hat in den letzten Jahrzehnten ein Umdenken in der Bevölkerung bzw. der Regierung bezüglich des Energieverbrauchs stattgefunden. Schlagwörter wie „nachhaltiges Bauen“ und „Energieeffizienz“ sind heutzutage in aller Munde. Holzfaserdämmplatten spielen im stark wachsenden Dämmstoffmarkt der letzten Jahre bisher nur eine sekundäre Rolle. Der Markt wird mit Marktanteilen von rund 60% bzw. 30% von den Mineralfaserdämmstoffen und Polystyrol-Hartschaum-Platten EPS/XPS dominiert. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, wie z.B. Zellulose oder Holzfaserplatten haben sich seit Mitte der 90er Jahre einen geringen aber relativ stabilen Marktanteil von rund 4% erobert [1].

Während bei den Themen Nachhaltigkeit und Wohngesundheit Produkte aus Holzfasern deutliche Vorteile aufweisen, besteht bei der Energieeffizienz ein Nachteil gegenüber anderen Produkten (vgl. Abb. 1).

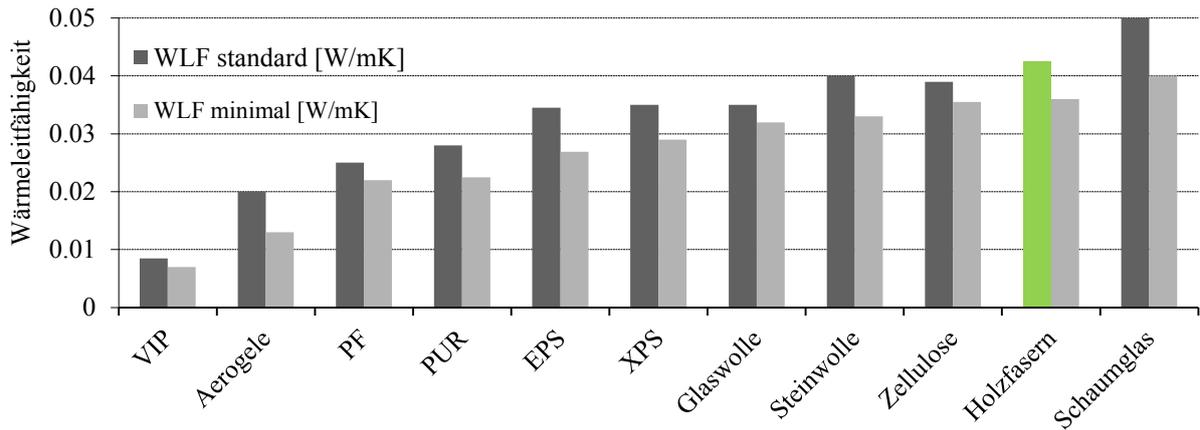


Abbildung 1. Wärmeleitfähigkeitswerte verschiedener Dämmstoffe

### Wärmeleitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität sind baustoffspezifische Grössen, mit welchen die Wärmeleitung in Baustoffen beschrieben werden kann. Da jedoch die bauspezifischen Grössen von Holz und Holzwerkstoffen wesentlich vom strukturellen Aufbau beeinflusst werden, ist die Wärmeleitfähigkeit keine konstante Grösse [2]. Wichtige Einflussfaktoren sind:

- Holzart und Holzaufschluss (Zerfaserungsbedingungen)
- Rohdichte, Feuchtegehalt, Temperatur
- Faserorientierung

Die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (W/mK). Diese ist definiert als die Wärmemenge, die durch einen Würfel mit 1m Kantenlänge bei einem Temperaturunterschied von 1 K während einer Stunde fliesst [3].

## MATERIAL

- **Industrieplatten:** 29 Dammstoffe davon 20 aus Holzfasern und 9 aus Mineralfasern
- **Industriefaserstoff:** Fichte (2 Hersteller), Kiefer, Buche sowie jeweils eine feine und eine grobe Fraktion
- **Experimenteller Faserstoff:** (IHD) 15 Varianten bei variiertem Aufschlussdruck und unterschiedlicher Verweilzeit (Holzart: Fichte (*Picea abies*))
- **Thermisch behandelter Faserstoff:** (IHD) ausgesuchte Variante bei 185°C während 1, 2 und 3h Behandlungszeit

## METHODE

Die Wärmeleitfähigkeitsmessungen wurden mit einem „λ-Meter EP500“ durchgeführt. Was einem Einplatten-Verfahren gemäss folgenden Normen entspricht:

- ISO 8302, EN 1946-2, EN 12664, EN 12667, EN 12939
- DIN 52612 (zurückgezogen, ersetzt durch EN 12667)

Wärmeleitfähigkeitsmessgerät misst vor dem Start der Messung automatisch die Probendicke  $d$  gemäss DIN 18164 bzw. DIN 18165. Das Format sollte idealerweise 500x500 mm<sup>2</sup> aufweisen. Die Messzone, eine Kreisfläche mit 200 mm Durchmesser, liegt in der Mitte der Probe (Abb. 2).

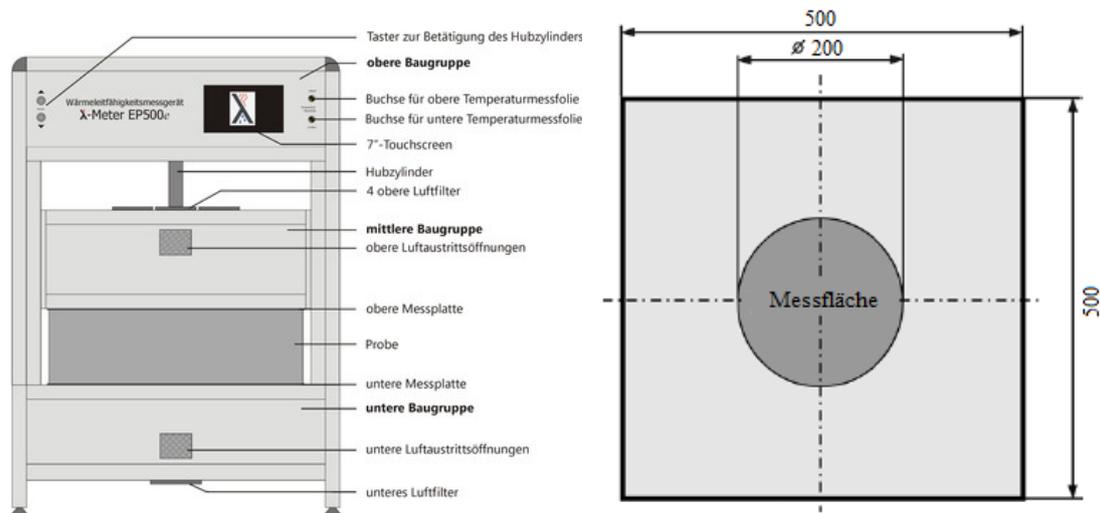


Abbildung 2. Einplatten-Wärmeleitfähigkeitsmessgerät λ-Meter EP500 und Messfläche [4]

Der Randbereich ist erforderlich, um in der Messzone ein eindimensionales stationäres Temperaturfeld zu sichern (Abbildung 3).

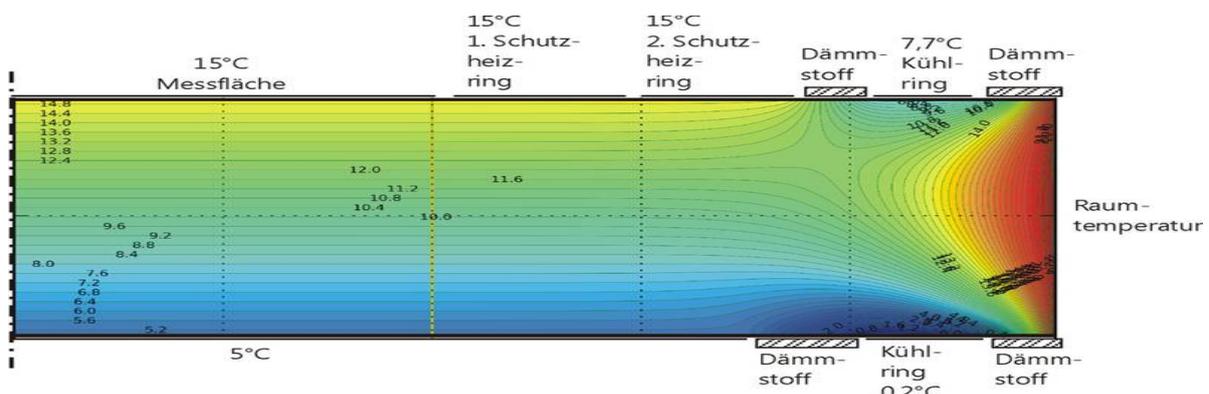


Abbildung 3. Temperaturfeld im Prüfkörper [4]

Die Wärmeleitfähigkeit der Probe wird mit Hilfe der elektrischen Leistung der Messheizung, ermittelt: Die Leistung  $P$  setzt sich aus der Spannung  $U$ , welche am Messgerät anliegt, und der Stromstärke  $I$  zusammen (Gl. 1). Da diese Leistung äquivalent zum Wärmestrom  $Q$  ist, kann der Lambda-Wert gemäss EN 12667 Abs. 8.2.2 unter Einbezug der Prüfkörperdicke  $d$ , der Prüffläche  $A$  sowie dem Temperaturunterschied  $\Delta T$  nach Gleichung 2 berechnet werden.

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \Delta T} = \frac{U \cdot I \cdot d}{A \cdot \Delta T} \quad (2)$$

## ERGEBNISSE

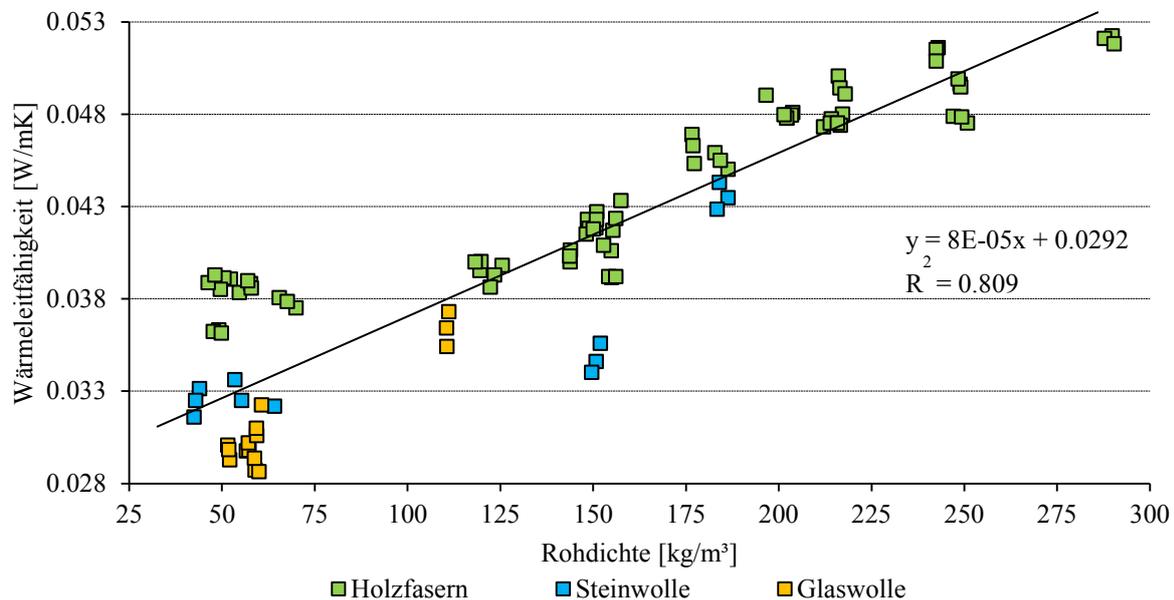
### Industrieplatten

Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung von Nenn- und Messwerten als Ergebnisübersicht bei den geprüften Industrieplatten.

**Tabelle 1.** Ergebnisse der Wärmeleitfähigkeitsmessung bei Industrieplatten

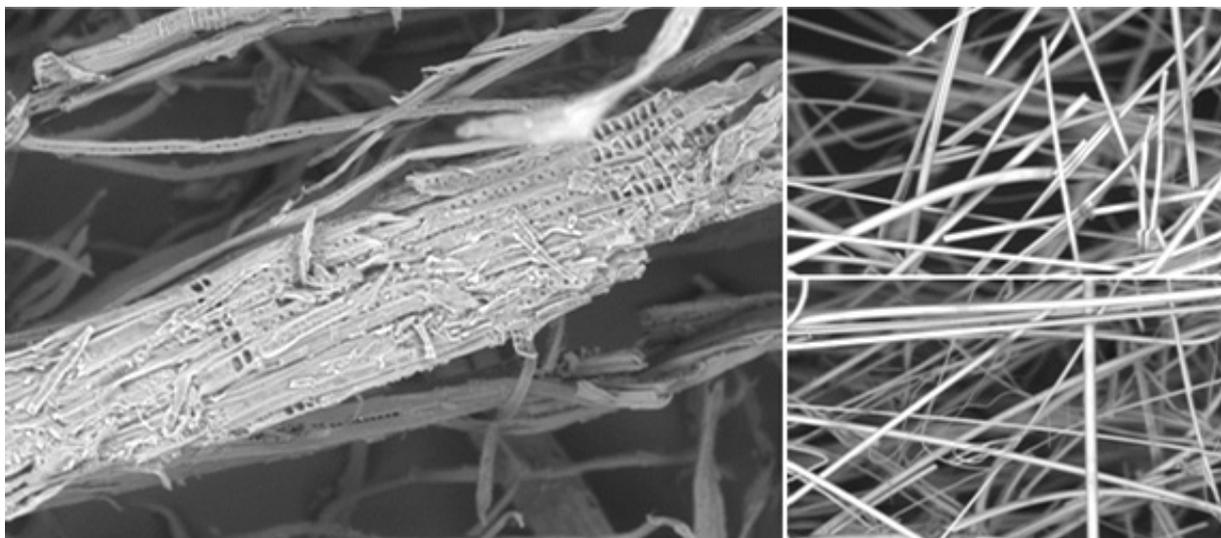
Einzelmaterialien		Nennwerte <sup>3</sup>			Ergebnisse der Einzelmessungen			
Nr.	Produktname	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lambda $\lambda_d$ [W/mK]	Dicke $d$ [mm]	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lambda $\lambda_{10}$ [W/mK]	s [W/mK]	Var [%]
	<b>Holzfasern</b>							
1	Thermoflex	68	0.039	60	68	0.0377	0.10	0.27
2	Thermosafe-hom.	110	0.037	60	119	0.0376	0.23	0.61
3	Multitherm	140	0.039	60	153	0.0411	0.61	1.48
4	Thermowall	160	0.039	60	156	0.0424	0.82	1.92
5	Thermowall gf	190	0.043	60	203	0.0479	0.15	0.31
6	Ultratherm	183	0.045	60	177	0.0461	0.79	1.72
7	Multiplex-top	200	0.044	35	214	0.0469	0.39	0.82
8	Pavaflex	55	0.038	35	54	0.0372	0.36	0.97
9	Pavapor*	135	0.038	15	155	0.0379	0.13	0.33
10	Pavatherm combi*	175	0.043	60 <sup>2</sup>	185	0.0454	0.45	0.98
11	Pavatherm*	140	0.038	40 <sup>1</sup>	149	0.0402	0.37	0.91
12				60 <sup>2</sup>	151	0.0423	0.43	1.02
13	Pavaboard*	210	0.046	40 <sup>1</sup>	216	0.0472	0.30	0.64
14				60 <sup>2</sup>	217	0.0494	0.26	0.56
15	Isoroof-natur*	240	0.047	20	249	0.0478	0.19	0.41
16				35 <sup>1</sup>	249	0.0497	0.22	0.79
17				60 <sup>2</sup>	244	0.0513	0.33	0.78
18	Isonat chanvre	35	0.042	35	48	0.0372	0.35	0.94
19	Isonat plus	55	0.038	35	58	0.0372	0.23	0.60
20	Holzflex stand.	40	0.038	60	50	0.0361	0.09	0.24
21	HDPQ 11 stand.	120	0.038	60	124	0.0392	0.60	1.52
22	HDPQ 11 protect	140	0.039	60	144	0.0403	0.32	0.79
23	UD Q 11 protect	190	0.043	60	201	0.0480	0.65	1.36
24	Steico universal*	270	0.048	35 <sup>1</sup>	289	0.0521	0.22	0.43
	<b>Steinwolle</b>							
25	Dämmplatte 1	30	0.036	60	43	0.0324	0.77	2.39
26	Dämmplatte 3	60	0.034	60	58	0.0327	0.76	2.31
27	Prima plus	145	0.036	60	151	0.0347	0.80	2.30
28	Mega	160	0.045	60	185	0.0435	0.73	1.68
	<b>Glaswolle</b>							
29	PB M 035	20	0.035	60	59	0.0294	0.78	2.64
30	PB M 032	29	0.032	60	58	0.0294	0.61	2.08
31	PB F extra	29	0.034	60	52	0.0297	0.40	1.35
32	Thermo plus	50	0.031	60	60	0.0312	0.87	2.77
33	Isoflat	100	0.038	60	111	0.0363	0.95	2.60
*	im Nassverfahren hergestellt							
1	Schichtverklebt, eine Klebefuge							
2	Schichtverklebt, zwei Klebefugen							
3	Gemäss Herstellerangaben							

Abbildung 4 zeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit mit steigender Rohdichte zunimmt und sich die bekannte Korrelation zwischen Wärmeleitfähigkeit und Rohdichte mit einem Bestimmtheitsmass von 80,9% ergibt.



**Abbildung 4.** Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit der Rohdichte

Es zeichnet sich ein deutlicher Unterschied zwischen Holz- und Mineralfasern ab. So ergeben sich für Mineralfasern bei ca.  $50\text{kg/m}^3$  deutlich tiefere Wärmeleitzahlen. Da die Beschaffenheit der Einzelfaser, aber auch die Faserorientierung einen grossen Einfluss übt, wurden für Holz- und Mineralfasern REM-Aufnahmen gemacht (Abb. 6).



**Abbildung 5.** REM-Aufnahmen (links Fichtenfasern, rechts oben Glaswollfasern, rechts unten Steinwollfasern)

Bei Holzfasern sind grosse Anteile an Faserbündeln und Faserbruchstücken vorhanden, was die Wärmeübertragung begünstigt. Zudem ist die stärker sphärische Krümmung der Holzfasern zu beachten und deutlich mehr Kontaktpunkte im Faserverbund. Bei Glas- und Steinwollfaser bilden sehr dünne Einzelfasern den Faserverbund mit sichtbar weniger Kontaktpunkten.

## Industriefaserstoff

Abbildung 6 zeigt, dass die Holzart bei labortechnisch (ohne Klebstoff, trocken geschüttet Labor ETH) hergestellten Platten ( $\rho$  80 kg/m<sup>3</sup>) kaum einen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit hat.

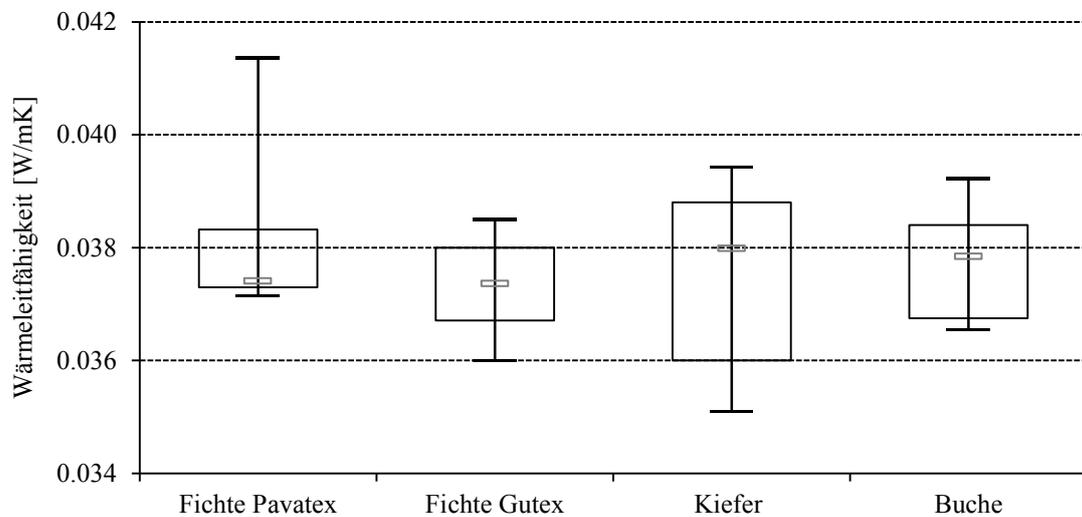


Abbildung 6. Einfluss der Holzart auf Wärmeleitfähigkeit bei 80 kg/m<sup>3</sup>

Die Fraktionierung des Industriefaserstoffes in eine feine (Sieblinie 0.5 mm bis 4 mm) und eine grobe (Sieblinie 4 mm bis 16mm) macht deutlich, dass mit einem feinen Faserstoff tiefere Wärmeleitfähigkeit erzielt werden können als mit einem Groben (Abbildung 1).

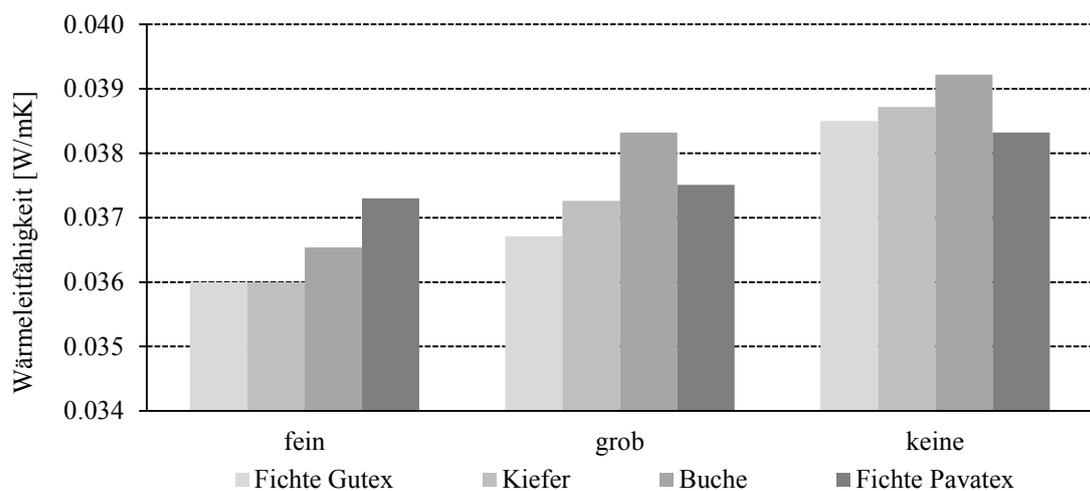


Abbildung 7. Einfluss der Fraktion auf Wärmeleitfähigkeit bei 80 kg/m<sup>3</sup>

## Experimenteller Faserstoff

Zur Herstellung der experimentellen Faserstoffe am Institut für Holztechnologie in Dresden (IHD) wurden folgende Zerfaserungsbedingungen gewählt:

- Aufschlussdruck [bar]: 4, 8, 12 und 16
- Verweilzeit im Kocher [min]: 2, 4 und 6
- Mahlpalt am Refiner [mm]: 0.25 bis 0.25

Abbildung 8 zeigt den Einfluss der Zerkleinerungsbedingungen auf die Wärmeleitfähigkeit. Bei 4 und 12 bar Aufschlussdruck nimmt die Wärmeleitfähigkeit mit Erhöhung der Verweilzeit im Kocher deutlich ab und bei 16 bar leicht zu. Bei einem Aufschlussdruck von 8 bar trifft dieser Trend nur bis zu einer Verweilzeit von 4 min zu.

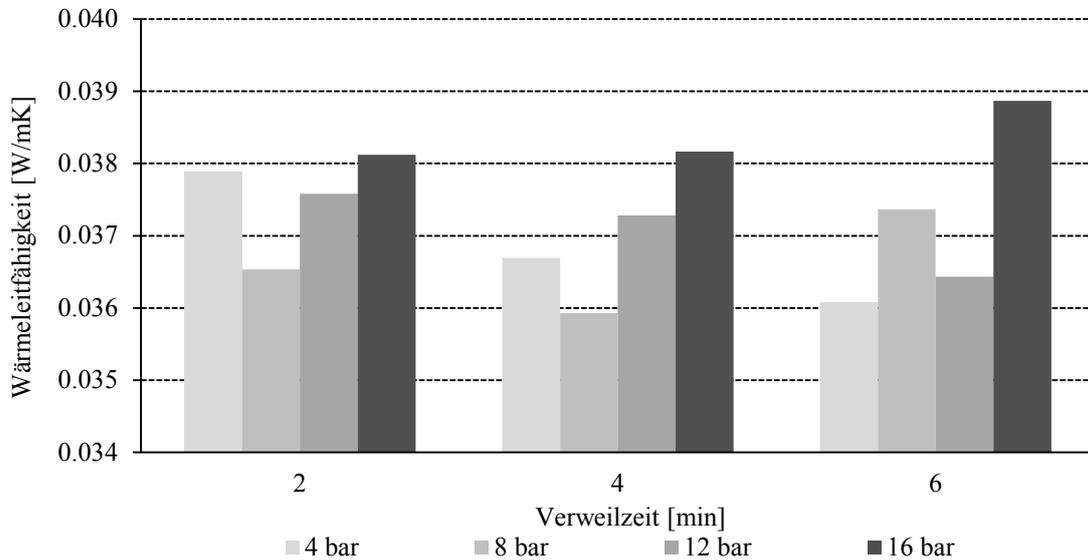


Abbildung 8. Einfluss der Zerkleinerungsbedingungen auf Wärmeleitfähigkeit bei 80kg/m<sup>3</sup>

### Thermische Behandlung

Die thermische Behandlung wurde an einer Variante mit den Zerkleinerungsbedingungen von 8 bar Aufschlussdruck, 4 min Verweilzeit im Kocher und einem Mahlspalt von 0.2 mm durchgeführt (IHD). Dafür wurde der Faserstoff einer Temperatur von 180°C während 1, 2 und 3 h ausgesetzt.

Abbildung 9 zeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit nach 2 h mit  $\approx 0.003$  W/mK bereits deutlich reduziert werden kann.

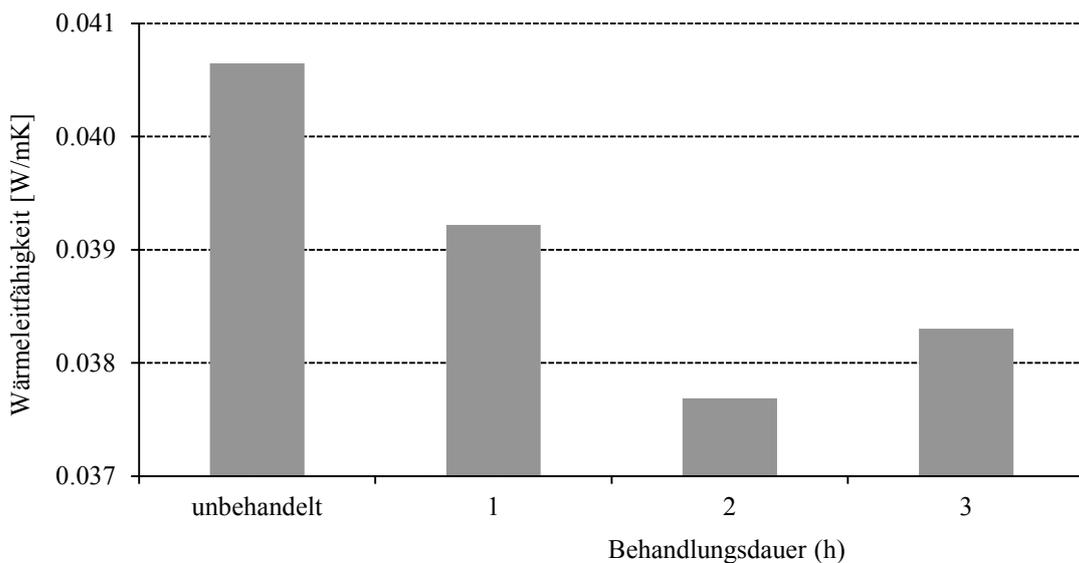


Abbildung 9. Einfluss der Behandlungsdauer auf die Wärmeleitfähigkeit

## LITERATUR

- [1] Hegger, M.; Auch-Schwelk, V.; Fuchs, M.; Rosenkranz, T., 2005: Baustoff Atlas. Birkhäuser-Verlag, München
- [2] Holzmann, G.; Wangelin, M., 2009: Natürliche und pflanzliche Baustoffe Rohstoff- Bauphysik-Konstruktionen. GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden
- [3] Niemz, P., 1993: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW-Verlag, Dresden
- [4] Lambda Messtechnik GmbH, «<http://www.lambda-messtechnik.de>,» [Online]. Available: <http://www.lambda-messtechnik.de/waermeleitfaehigkeitsmessgeraet-lambda-meter-ep500e/ep500e-aufbau-funktion.html>. [letzter Zugriff am 10. Juli 2014]

**Streszczenie:** *Optymalizacja własności płyt pilśniowych.* Przemysł szuka odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu obecna podaż surowca może być zaspokajana przez drzewa iglaste, których przyszła podaż może być kwestionowana. Alternatywnie użycie drewna liściastego i innych włókien naturalnych coraz bardziej zyskuje na znaczeniu. Połączenie różnych materiałów izolacyjnych do wielowarstwowego produktu końcowego (w połączeniu z wysoko wydajnym materiałem izolacyjnym, takim jak aerożel) oferuje możliwość optymalizacji zużycia materiałów, jak również do poprawy ich właściwości. W ten sposób, niezależnie od właściwości pojedynczych warstw, połączenie odgrywa również ważną rolę. Dodatkowo, różne surowce są coraz częściej wykorzystywane jako dodatki do mieszanki włókien, w celu osiągnięcia łącznych efektów.

W tym projekcie, oprócz przewodności cieplnej materiałów przemysłowych (włókna szklane i kamienne) i różnych miękkich płyt pilśniowych porowatych (włókna drzewne), zbadano i obserwowano standardowe własności materiałów tych materiałów.

Badania wykazały, że przewodność cieplna zależy w dużej mierze od gęstości nasypowej, lecz zależna jest także od zawartości wilgoci. Dodatkowo, wpływ ma zastosowana metody produkcji oraz związana z nią orientacja włókien. Dzięki nowoczesnej technologii, bardziej rozproszona orientacja włókien może być osiągnięta metodą suchą, w przypadku jednorodnej płyty o przekroju do grubości 20 cm. W metodzie mokrej, widoczna jest bardziej ukierunkowana orientacja włókien, przy maksymalnych grubościach produkcyjnych do 22 mm. W metodzie mokrej, większe przekroje osiąga się przez łączenie pojedynczych warstw. Badania pokazują, że ten układ warstw ma wpływ na właściwości materiału, co było potwierdzone przez zwiększanie połączeń klejowych. Ponadto, parametry i budowa defibratora ma wpływ na geometrię włókien, która może wyraźnie wpływać na właściwości sorpcyjne i wiotkość równoważną.

Corresponding author:

Franco Michel  
Stefano-Francini-Platz 3,  
8093, Zürich, Switzerland  
email: [frmichel@ethz.ch](mailto:frmichel@ethz.ch)  
phone: +41 446 330 416