

Zwischenergebnisse vom 08.11.2024

Qualitätssicherung im modernen mehrgeschossigen Holz- und Holz-Hybridbau - Entwicklung von Schutzkonzepten und Monitoringsystemen zum Schutz der Holzkonstruktion vor unzuträglicher Feuchte während der Fertigungs-, Bau- und Nutzungsphase: HolzQS

Laufzeit Gesamtprojekt: März 2023 bis Februar 2026

Die folgenden Darstellungen und Ergebnisse dokumentieren den Zwischenstand der Untersuchungen. Es ist zu beachten, dass Ergebnisse sich ggf. noch ändern oder im späteren Gesamtzusammenhang neu interpretiert werden können.

Arbeitspaket: Feuchteverhalten und baustellentaugliche Holz Trocknung

Auf den folgenden Seiten werden Ausführungen und Einzelergebnisse zu folgenden Themen dargestellt:

- Messung der Holzfeuchte mittels elektr. Widerstand von verschiedenen Holzwerkstoffen
- Versuche mit Witterungsschutzbahnen
- Materialdatensatz CLT für die Software WUFI®

Messung der Holzfeuchte mittels elektr. Widerstand von verschiedenen Holzwerkstoffen

Büro für Holzbau und Bauphysik, Dipl.-Ing (FH) Daniel Kehl und Dipl.-Ing (FH) Nikolai Krawczyk

Um diesen Teil zu zitieren: Kehl, D.; Krawczyk; N.: Messung der Holzfeuchte mittels elektr. Widerstand von verschiedenen Holzwerkstoffen, Projekt HolzQS, Eigenverlag, Leipzig 2024

In Gebäuden kommt es immer wieder vor, dass Sachverständige die Holz- bzw. Holzwerkstofffeuchte erfassen müssen, um die vorgefundene Materialsituation besser beurteilen zu können. Zudem ist bei der Trocknung auf Baustellen wichtig, die Feuchte schnell und möglichst präzise bestimmen zu können. In der Praxis wird oftmals mittels elektrischen Widerstands die Holzfeuchte bestimmt [Kehl 2022]. Für zahlreiche Hölzer gibt es entsprechende Holzfeuchte-Widerstandskennlinie (HF-R-Kennlinie), die den elektrischen Widerstand in Zusammenhang zur Holzfeuchte setzen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde Holzfeuchte-Widerstandskennlinien für folgende Materialien ermittelt:

- Fichte (als Referenz)
- Furnierschichtholz Fichte
- Furnierschichtholz Buche
- OSB/3-Platte

Versuchsaufbau

Um die Holzfeuchte-Widerstandskennlinie zu ermitteln, wurden die Holzwerkstoffe bei 103°C darrgetrocknet und über gesättigten Salzlösungen bei verschiedenen relativen Luftfeuchten bis zur Gewichtskonstanz gelagert. Um einen möglichst hohen Messbereich zu erlangen, wurden fünf verschiedene rel. Luftfeuchten (33,1 %, 54,4 %, 75,5 %, 85,1 %, 97,6 %) verwendet. Da das Widerstandsmessgerät hierbei an seine technischen Grenzen gestoßen ist, wurden die Proben nochmals in einer Klimakammer bei 40 % rel. Luftfeuchte gelagert.

Für die Messung wurden nicht isolierte Edelstahlschrauben verwendet, die mit Steckzungen versehen wurden, um das Messgerät anschließen zu können (Abb. 1).

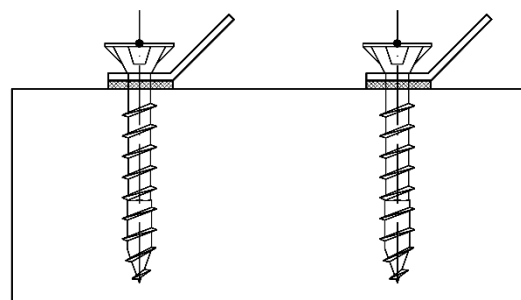


Abb. 1: links: fertig präparierte Probe mit 45°-Steckzunge (hier FSH Fichte)
rechts: Zeichnung über den Versuchsaufbau

Widerstandsmessung

Nach Erreichen der Gleichgewichtsholzfeuchte wurden die Proben entsprechend gewogen, vermessen und anschließend der Widerstand aller Proben mit dem Messgerät „Gigamodul“ der Firma Scantronik Mugrauer GmbH erfasst.

Ergebnisse

Holzfeuchte-Widerstandskennlinien

Der Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Holzfeuchte kann auf Grund der Messungen für Fichte und die Holzwerkstoffe mathematisch über folgende Gleichung (siehe Gl. 1) beschrieben werden. Es zeigte sich, dass oft verwendete Gleichungen aus der Literatur (u.a. [Samuelsson 1990] [Forsén, Tarvainen 2000]) nicht geeignet waren, alle Kennlinien der Holzwerkstoffe abzubilden.

Potenzfunktion

$$u = a \cdot b^{\log(R)} \cdot \log(R)^c$$

Gl. 1

R = elektrischer Widerstand [Ohm]

u = Holzfeuchte [M.-%]

a, b, c holzartenspezifische Faktoren [-]

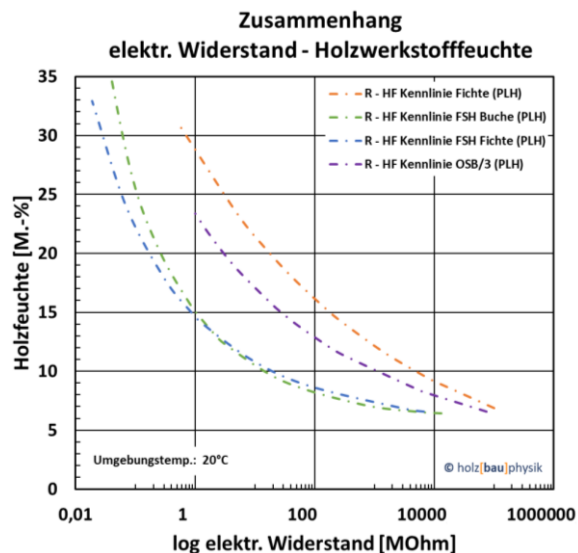


Abb. 2: Zusammenfassung der ermittelten elektr. Widerstand-Holzfeuchte Kennlinien bei 20°C

Sorptionsisothermen

Neben den Widerstandskennlinien ergeben sich bei den Messungen gleichfalls Sorptionsisothermen (Feuchtespeicherfunktionen) für die genannten Werkstoffe. Auch hier kann eine entsprechende Gleichung bis 97 % relative Luftfeuchte angewendet werden.

$$u(RH) = \frac{RH}{(a + b \cdot RH + c \cdot RH^2)}$$

Gl. 2

u = Holzfeuchte [M.-%]

RH = relative Luftfeuchte [%]

a, b, c holzartenspezifische Faktoren [-]

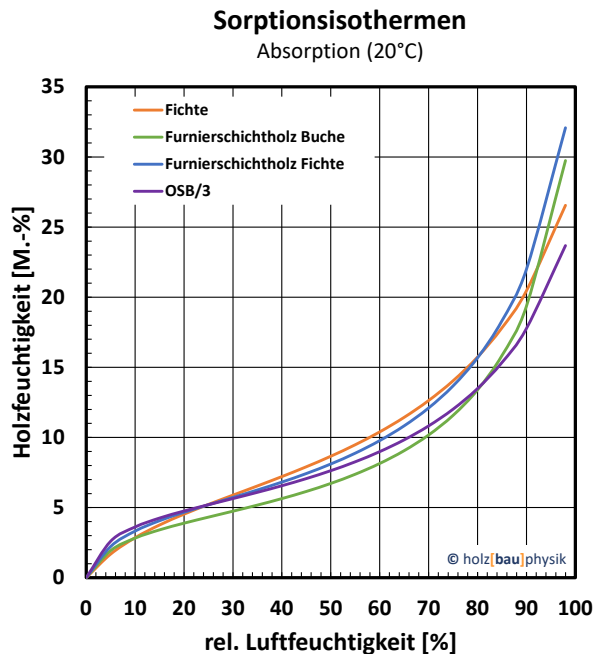


Abb. 3: Zusammenfassung der ermittelten Feuchtespeicherfunktionen bei 20°C

[Forsén, Tarvainen 2000] Forsén; H., Tarvainen; V.: Accuracy and functionality of hand held wood moisture content meters, Publications 420, Technical Research Centre of Finland VTT, Espoo 2000

[Kehl 2022] Kehl, D.: Richtige Messung der Holzfeuchte - Grundlagen für Sachverständige, Beitrag in der Zeitschrift Holzbau - die neue quadriga, Ausgabe 04-2022, Kastner-Verlag, Wolnzach 2022

[Samuelsson 1990] Samuelsson, A.: Resistanskurvor för elektriska fuktkvotsmätare. TräteknikCentrum, Rapport L 9006029, Stockholm 1990

Bei Rückfragen zu den Ergebnissen können Sie sich mit folgender Ansprechperson in Verbindung setzen:

Büro für Holzbau und Bauphysik
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Kehl
Nixenweg 14
D-04277 Leipzig
E-Mail: kehl@holzbauphysik.de

Witterungsschutzbahnen (WSB)

M.Eng. Tomma Grensemann, Dipl.-Ing (FH) Daniel Kehl und Prof. Dr.-Ing. Mike Sieder

Im Holzbau werden Witterungsschutzbahnen (WSB) eingesetzt, um Holzbauteile während der Bauzeit temporär vor Wasser zu schützen. Diese Bahnen werden vollflächig aufgeklebt (i.d.R. auf Holz und Holzwerkstoffe) und verhindern, dass Wasser unterläuft. Sie sind jedoch keine dauerhaften Abdichtungen und erfüllen ihre Funktion nur vorübergehend. Auch während der relativ kurzen Bauphase ist darauf zu achten, dass anstehendes Wasser schnell abläuft oder abgesaugt wird. WSB müssen neben dem Schutz vor Wasser auch die Trocknung feuchter Bauteile ermöglichen, wobei der Diffusionswiderstand (s_d -Wert) der Bahnen die Austrocknungsgeschwindigkeit beeinflusst. Ein weiterer Punkt ist der Einfluss der WSB auf das feuchtetechnische Verhalten von Bauteilen bzw. Anschlüssen durch ihren Verbleib in der Konstruktion während der Nutzungsphase.

Der Diffusionswiderstand der Witterungsschutzbahn, gemessen als wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke (s_d -Wert), ist entscheidend für die Auffeuchtung und Trocknung von Holz. Ein hoher s_d -Wert ist wünschenswert, um das Eindringen von Feuchtigkeit ins Holz zu minimieren, während ein niedriger s_d -Wert erforderlich ist, damit feuchtes Holz schnell austrocknen kann.

Um genauere Erkenntnisse zum Verhalten der WSB zu erhalten, werden Versuche mit fünf verschiedenen Herstellerprodukte durchgeführt:

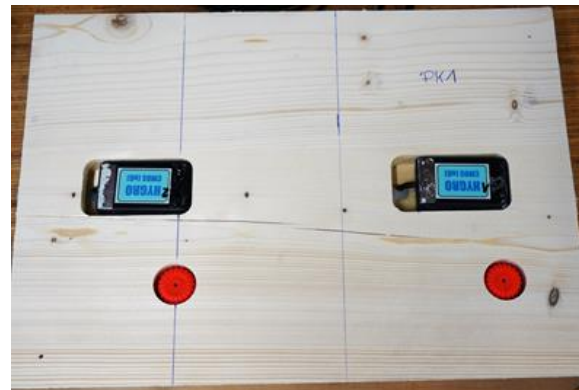
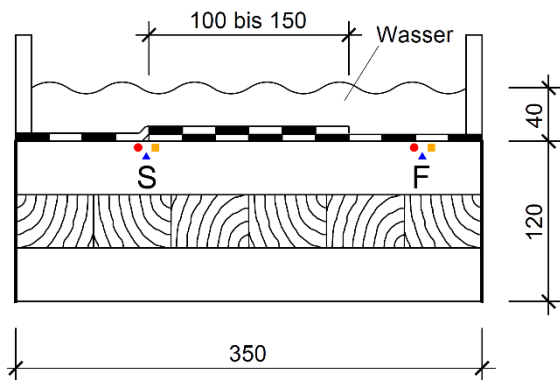
- Stehendes Wasser auf der Witterungsschutzbahn (trocken aufgeklebt)
- Stehendes Wasser auf der Witterungsschutzbahn (feucht aufgeklebt)
- Trocknungsverhalten von nassen Holzproben (eingepackt in WSB)

Mit dem Versuch „*stehendes Wasser auf der Witterungsschutzbahn*“ (*trocken aufgeklebt*) soll festgestellt werden, ob es an den Überlappungen zu einem Feuchteintritt kommt und wieviel Feuchte durch die WSB in die Bauteile eindiffundiert. Hierfür sind die untersuchten WSB mit einer Überlappung von 10 – 15 cm (je nach Herstellerangabe) auf Brettsperrholzprüfkörpern aufgeklebt worden. Auf diese wird dann ein wasserdichter Kasten gestellt, rundherum versiegelt und bis zu einer Höhe von 4 cm mit Wasser befüllt. (Siehe Abb. 4)



Abb. 4: Bilder des Versuchsaufbaus

Mit verschiedenen Sensoren wird die Temperatur, die Luftfeuchte und die Holzfeuchte im Stoß sowie im Feld gemessen. In Abb. 5 sind die Sensoren und ihre Anordnung zu sehen.



Messstellen:

- Temperatur °C | ▲ rel. Luftfeuchte % | ■ Holzfeuchte M.-%

S = Stoß und F = Fläche

Abb. 5: Querschnitt Versuchsaufbau (links) sowie eingebaute Sensoren (Temperatur und rel. Luftfeuchte) (rechts). Die Holzfeuchtemessung über Elektroden erfolgt von der Unterseite (nicht sichtbar)

Mit dem Versuch „stehendes Wasser auf der Witterungsschutzbahn“ (*feucht aufgeklebt*) soll festgestellt werden, ob die Verklebung bei feuchten Bedingungen dicht ist, denn die Baurealität zeigt, dass auf der Baustelle auch bei nicht optimalen Bedingungen, beispielsweise bei Regen oder bei hoher Luftfeuchtigkeit WSB verklebt werden. Der Aufbau ist derselbe, wie im vorherig beschriebenen Versuch, die Änderung besteht darin, dass die untere WSB vor dem Aufkleben der oberen WSB befeuchtet wird.

Im Versuch „Trocknungsverhalten von nassen Holzproben“ (*eingepackt in WSB*) werden Holzproben zunächst darrgetrocknet, dann für 31 Tage in Wasser gelagert und im Anschluss in WSB eingepackt. Die Änderung der Holzfeuchte wird über Wägung ermittelt und kann durch die Darrtrocknung in M-% angegeben werden. Die Trocknung erfolgt bei Raumbedingungen. Als Referenz für das Austrocknungsverhalten werden zusätzlich nicht in WSB eingeschlagene Holzproben getrocknet.

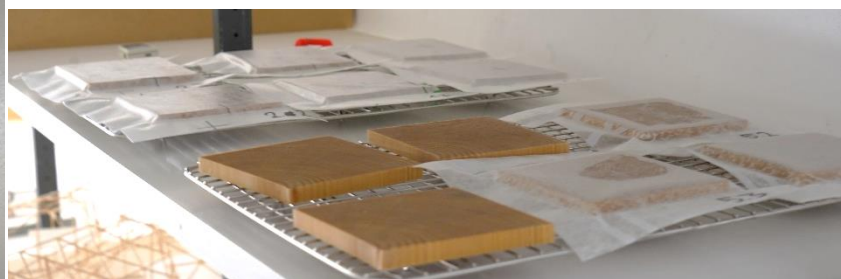
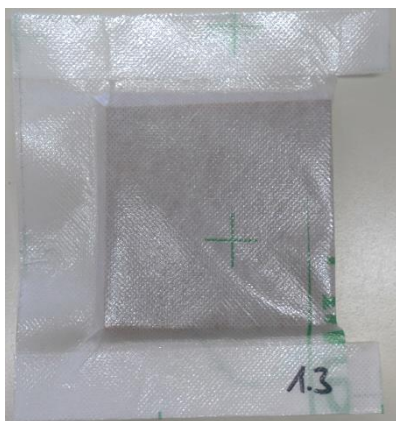


Abb. 6: Prinzipdarstellung der in Witterungsschutzfolie eingeschlagenen Holzproben. Fotos der Prüfkörper.

Bei Rückfragen zu den Ergebnissen können Sie sich mit folgender Ansprechperson in Verbindung setzen:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz)
MEng. Tomma Grensemann
E-Mail: tomma.grensemann@tu-braunschweig.de

Materialdatensatz CLT für die Software WUFI®

Büro für Holzbau und Bauphysik, Dipl.-Ing (FH) D. Kehl und Dipl.-Ing (FH) N. Krawczyk
Fraunhofer Institut für Bauphysik, M.Sc. E. Tanaka, Dipl.-Ing. (FH) K. Lengsfeld; Dr.-Ing. D. Zirkelbach

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde vom Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen Messungen inkl. NMR-Messungen an Fichtenhölzern und Klebeschichten von CLT durchgeführt. Aktuell werden die Messungen aufbereitet und vom Fraunhofer Institut mehrere Materialdatensätze für die Software WUFI® erstellt.

Bei Rückfragen zu den Ergebnissen können Sie sich mit folgender Ansprechperson in Verbindung setzen:

Büro für Holzbau und Bauphysik
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Kehl
Nixenweg 14
D-04277 Leipzig
E-Mail: kehl@holzbauphysik.de