

Bautextilien für dauerhaftes Feuchtemonitoring in Holz- und Betonbauwerken

Projektleiter: Dipl.-Phys. Heiko Kühne
 Bearbeiter: Dipl.-Phys. Heiko Kühne
 Förderinstitution: BMWi/AiF/IGF
 Kooperationspartner: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Anlass

Im Holzbau wie auch im Betonbau ist es oftmals wichtig, Informationen zur Materialfeuchte sowie gegebenenfalls deren Änderung zu gewinnen. Dies ist insbesondere im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen im Herstellungsprozess und für die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit und Sicherheit bei der Bauwerksnutzung bedeutsam. Auch für die Bewertung der Qualität von Instandsetzungsmaßnahmen kann die Bestimmung von Feuchtekenntwerten erforderlich sein. Stand der Technik sind Feuchtemessgeräte, die manuell über das zu überwachende Bauteil führt oder stationäre Feuchtemesssonden, die punktuell in das zu kontrollierende Bauwerk eingebracht werden. Beide Messmethoden sind lokal bzw. zeitlich begrenzt und teilweise nicht zerstörungsfrei. Problematisch sind die Überwachung von Bauwerken in schwer zugänglichen Bereichen, großflächige Messungen und dauerhaftes Monitoring.

Gegenstand des gemeinsam mit dem Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. an der Technischen Universität Chemnitz (STFI) durchgeführten Projektes war die Entwicklung sensitiver Textilstrukturen für verschiedene Anwendungsbereiche des Holz- und Betonbaues, die dauerhaft ins Bauwerk integriert werden können und so eine permanente Feuchtekontrolle erlauben.

Messprinzipien und Materialien

Grundlegendes Konzept der neu entwickelten Sensortextilien ist das Einbringen sensitiver Strukturen in verschiedenartige Textilien mit Hilfe geeigneter textiler Fertigungstechnologien. Als sensitive Strukturen wurden parallel verlaufende elektrische Leiter verwendet, die die Anwendung zwei verschiedener Messprinzipien zur Feuch-

temessung ermöglichten: die sogenannte Zeitbereichsreflektometrie (Time Domain Reflectometry TDR) und die Messung der Dämpfung und Phasenverschiebung im Wechselfeld elektrischer Leiter (DPW). Beide Methoden sind zunächst für eine qualitative Feuchtemessung als „Indikatormethoden“ geeignet, können unter bestimmten Bedingungen aber auch quantitative Ergebnisse liefern. Messungen sind großflächig und dauerhaft bzw. periodisch möglich.

Im Bereich des Holzbaus ist die Holzfeuchte der maßgebliche Feuchtekenntwert. Deshalb kamen neben der Zeitbereichsreflektometrie sowie der DPW-Methode für Vergleichszwecke das Widerstandsmessverfahren sowie das Ausgleichsluftfeuchte-Messverfahren zum Einsatz. Beide Verfahren sind zur Messung der Holzfeuchte etabliert und damit als Referenzmethoden für die Validierung der TDR- und der DPW-Methode geeignet.

Für eine Applikation im Holzbau sind besonders bandartige Strukturen (Abb. 1) interessant, die einerseits schmal genug sind, um in den Baukörper integriert werden zu können, und andererseits ausreichend lang (einige Meter), um die Überwachung großer Bereiche zu ermöglichen. Für die Herstellung flächiger und gitterartiger bandförmiger Textilkonstruktionen kamen auf einer Verbundwirkmaschine des STFI u. a. folgende Materialien¹ zum Einsatz:

– Garne für Maschen-, Schuss-, Ober- und Unterfäden (Mono- und Multifilament; PP, PET/PES, E-Glas, AR-Glas),

¹ PP... Polypropylen, PET... Polyethylenterephthalat, PES... Polyester, E-Glas... Glasfaser "Electric", AR-Glas... Glasfaser "Alkaline Resistant"

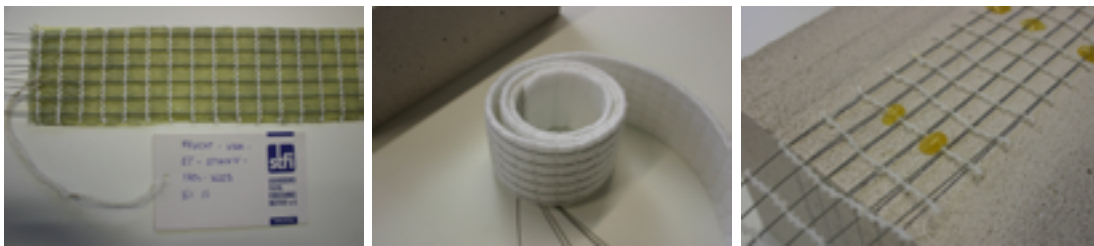


Abb. 1: Beispiele bandartiger Sensortextilien (Gitterstruktur, Quellvliesstoff, Spinnvliesstoff)

- Faser-, Spinn- und Quellvliesstoffe für Flächenstrukturen (PP, PET/PES; Flächendichte 30 g/m² bis 430 g/m²) und
- Draht/Litze als Sensoren (Kupfer; Kupfer, versilbert; Edelstahl, isoliert/nicht isoliert: Querschnitt 0,1 mm² bis 0,5 mm²).

Die Sensormaterialien wurden ondulationsfrei und parallel in den Textilverbund integriert. Der Sensorabstand konnte dabei definiert eingestellt und variiert werden. Durch eine nach der Flächenbildung auf den Verbundgewirken aufgebrachte Klebschicht wurde eine dauerhafte Fixierung der Sensortextilien am Messobjekt möglich.

Untersuchungen und Ergebnisse

Für ausgewählte Sensortextilien erfolgten der Funktionsnachweis sowie die Erstellung von Kalibrierkurven zwischen Sensorsignal und Holzfeuchte. Dazu wurden mit den verschiedenen Sensortypen versehene Prüfkörper aus Fichtenholz sowie parallel zur Bestimmung der Holzfeuchte die genannten Referenzverfahren verwendet. Die Prüfkörper wurden verschiedenen Klimaten ausgesetzt und direkt mit Wasser beaufschlagt, so dass mehrere Zyklen von Auffeuchtung und Rücktrocknung realisiert wurden. Mit Hilfe der TDR- und DPW-Signale konnten Änderungen der Holzfeuchte über einen großen

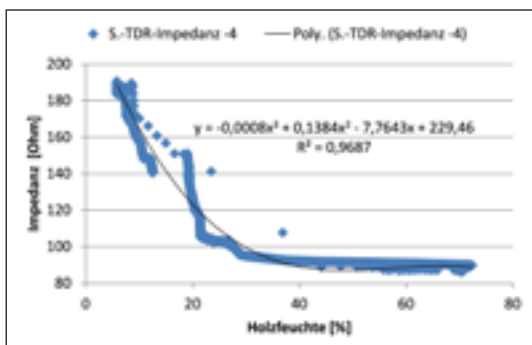


Abb. 2: Beispiel einer Kalibrierkurve (TDR-Sensor 4, Impedanz, Polynom-Fit)

Wertebereich nachgewiesen und Kalibrierkurven erstellt werden (vgl. Abb.2).

Erweiterte Funktionsnachweise konnten mit Hilfe eines praxisnahen Systemaufbaus in Form eines Balkenauflagermodells (Abb. 3) sowie in einem Feldversuch an einer Dachkonstruktion erbracht werden.

Fazit

Im Ergebnis des grundlagenorientierten Projektes liegen verschiedene sensitive Textilstrukturen vor, die zuverlässig Feuchteänderungen in Holz- und Betonbauteilen detektieren und damit zum Feuchteschutz für Holz- und Betonbauwerke beitragen können. TDR- und DPW-Verfahren nutzen preiswerte elektrisch leitfähige Drahtmaterialien in elektrisch isolierter bzw. nicht isolierter Form. Die Verfahren unterscheiden sich im physikalischen Funktionsprinzip, den erzielbaren Messinformationen und im Aufwand der Messwertauswertung. Die TDR-Methode erfordert höheren messtechnischen Aufwand, ist aber sehr empfindlich im Bereich niedriger Holzfeuchten und ermöglicht Aussagen zur räumlichen Verteilung der Holzfeuchte. Die DPW-Methode ist demgegenüber einfach und kostengünstig realisierbar sowie für hohe Holzfeuchten geeignet. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind qualitative Feuchtemessungen möglich.

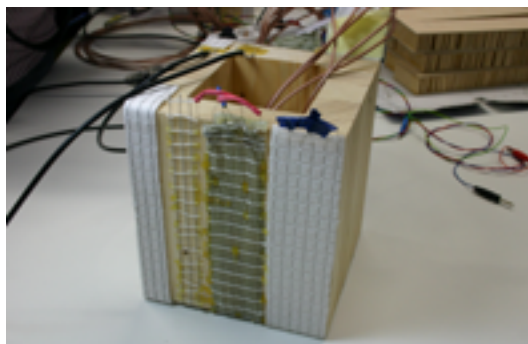


Abb. 3: Balkenmodell mit Sensortextilien und Ausgleichsluftfeuchte-Sensoren