Erforschung der Anforderungen an die Komponenten von WDVS im Holzbau durch die Ermittlung der funktionalen Zusammenhänge der Eigenschaften der Systemkomponenten

Ausgangssituation

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zum Dämmen von Gebäudeaußenwänden wurden Ende der 1950er-Jahre entwickelt. Sie bestehen im Wesentlichen aus den Komponenten Oberputz, Unterputz, Armierungsgewebe, Dämmstoff und Befestigung. Im Mauerwerksbau dienen sie primär dem Wärmeschutz eines Gebäudes, während die WDVS im Holzbau auch den Witterungsschutz für die Holzkonstruktion gegen hohe Feuchtigkeit übernehmen. Als Dämmstoff steht Polystyrolhartschaum an erster Stelle; Holzfaserdämmplatten wurden Mitte der 1990er-Jahre in WDVS eingeführt, sie haben aber noch immer einen geringen Marktanteil.

WDVS müssen bisher prüftechnisch untersucht und bewertet werden, um einen sog. baurechtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu erhalten. Da die meisten dieser Prüfungen für WDVS im Mauerwerksbau entwickelt wurden, decken sie die besonderen Anforderungen an WDVS im Holzbau (dauerhafter Schutz der hölzernen Tragkonstruktion, Verformungen der Unterkonstruktion) nur unzureichend ab. Die Komponenten des geprüften Systems dürfen nicht ohne weitere, meist aufwendige Nachweise ausgetauscht werden, weil der Verwendbarkeitsnachweis damit ungültig wäre. Denn die Bewertung und bauaufsichtliche Zulassung von WDVS erfolgt bisher als Gesamtheit.

Das Zusammenwirken der Systemkomponenten im WDVS ist bislang nicht hinreichend erforscht worden. Somit können gegenwärtig keine Anforderungen an die einzelnen Komponenten von WDVS, sondern nur an das gesamte System gestellt werden.

In diesem Forschungsvorhaben sollte daher das weitgehend unbekannte Zusammenwirken aller Systemkomponenten untersucht und analysiert werden. Die Projektziele umfassen die Vorhersage des Gesamtverhaltens eines WDVS im Holzbau mit Hilfe der Eigenschaften der Systemkomponenten

Stand der Technik

Im konstruktiven Holzbau wird die Tragfähigkeit von Holz – Holzwerkstoff – Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln, wie beispielsweise Nägel, Klammern und Schrauben, mit Hilfe der Materialeigenschaften der verwendeten Hölzer, Verbindungsmittel und Holzwerkstoffe errechnet. Bei Holzfaserdämmplatten in WDVS wird aktuell jedoch jede Systemkombination im System geprüft, was zu einem hohen Prüfaufwand führt.

Zielstellung

Um den Prüfaufwand reduzieren zu können, wurde im Rahmen dieses Aif-Forschungsvorhabens unter anderem das Zusammenwirken von Dämmplatte, Verbindungsmittel und Untergrund untersucht und mittels numerischer Modelle beschrieben.

Material, Methode und Ergebnisse

Methodisch war das Vorhaben mit einem experimentellen und einem rechnerischen Teil ausgestattet. Beginnend mit der experimentellen Ermittlung aller relevanten physikalischen Eigenschaften werden diese als Materialeigenschaften für Prognosemodelle verwendet. So sind im

ersten Schritt beispielsweise die Zusammenhänge der Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften der Holzfaserdämmplatten zur Rohdichte und insbesondere zur Materialfeuchte experimentell ermittelt worden.

Vorgenanntes gilt analog für die anderen Systemkomponenten Putz, Gewebe, Verbindungsmittel und Untergrund und für bauphysikalische Eigenschaften, die den Wärme- und Feuchtetransport beeinflussen. Ein Großteil der Eigenschaften muss jedoch nicht experimentell ermittelt, sondern kann aus Literatur und bereits existierenden Erkenntnissen der beiden Forschungsstellen und der Industriepartner entnommen werden.

In den weiteren Bearbeitungsschritten wurden die zu untersuchenden Systeme immer komplexer. Mittels numerischer Simulation werden Versuche geplant (DoE – Design of Experiment) und die Ergebnisse der Versuche prognostiziert. Die Versuchsergebnisse dienen wiederum zur Validierung der Modellannahmen für die numerische Simulation. Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte, idealisierte Zugscherprobe mit Dämmplatte und rundem Stahlstift als Verbindungsmittel, sowie das Verformungsbild des Stahlstiftes als Foto (Versuch) und als Ergebnis der numerischen Simulation (farbige Abbildung).

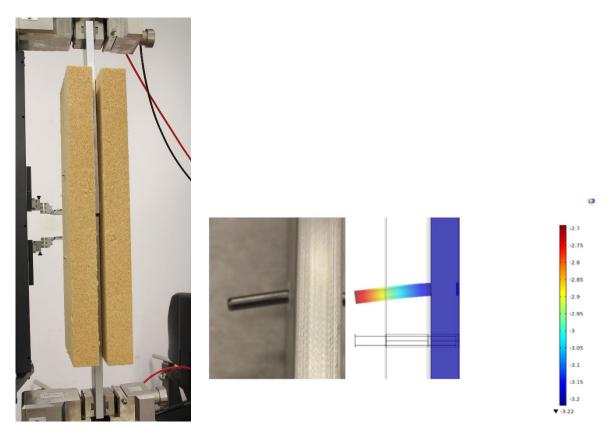


Abbildung 1: Vereinfachte, idealisierte Zugscherprobe mit Dämmplatte und rundem Stahlstift als Verbindungsmittel; Verformungsbild des Stahlstiftes als Foto (Versuch) und als Ergebnis der numerischen Simulation (farbige Abbildung).

Das plastische Verhalten bei Lochleibungsbeanspruchung wurde mit Hilfe von FEM-Updating in die FEM-Modelle integriert. Dabei werden die Finite-Elemente-Modelle im Rahmen des der Verifizierung und Validierung mit den Versuchsergebnisse verglichen und angepasst. So wurden Streckgrenze und Tangentenmodul ermittelt. Abbildung 2 zeigt ein typisches, plastisches Lochleibungsversagen der Dämmplatte und ein Kraft-Verformungsdiagramm mit drei Kurvenscharen. Jede Kurvenschar ist für eine Plattenrohdichte und enthält zwei Kurven von experimentell ermittelten (gestrichelt) und eine mittels FEM errechneten Kurven (durchgezogene Linie). Während das plastische Verhalten sehr gut

beschrieben wird, weichen die Kurven der beiden leichten Platten im Anfangsbereich teils erheblich voneinander ab.

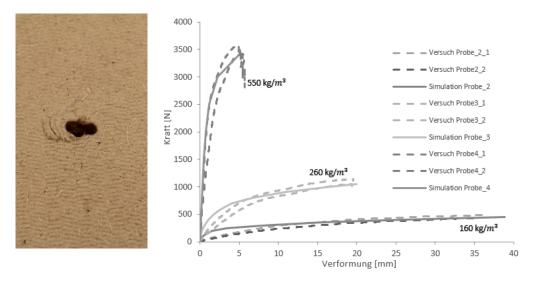


Abbildung 2: Typisches, plastisches Lochleibungsversagen der Dämmplatte; Kraft-Verformungsdiagramm mit drei Kurvenscharen mit Kurven von experimentell ermittelten (gestrichelt) und mittels FEM errechneten Kurven (durchgezogene Linie) bei Berücksichtigung des plastischen Verhaltens.

Ursache für die Abweichung war die fehlende Berücksichtigung der Erhöhung der Rohdichte im Bereich des Tellerkopfes (siehe Abbildung 3). Mit der Schraube und dem Tellerkopf erfolgt eine lokale Komprimierung der Dämmplatte. Die Kurven in Abbildung 3 zeigen wiederum experimentell ermittelte (gestrichelte Linien) und mittels FEM gerechnete (durchgezogene Linien) Kraft-Verformungskurven. Hier wurde jedoch zusätzlich zum plastischen Verhalten auch die lokale Erhöhung der Rohdichte unterhalb des Tellerkopfes berücksichtigt, was zu einer sehr guten Übereinstimmung der Kurven führt.

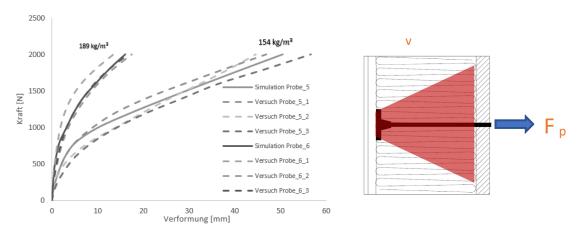


Abbildung 3: Erhöhung der Rohdichte im Bereich des Tellerkopfes infolge Anpressdruck der Schraube; Kraft-Verformungsdiagramm mit drei Kurvenscharen mit Kurven von experimentell ermittelten (gestrichelt) und mittels FEM errechneten Kurven (durchgezogene Linie) bei Berücksichtigung des plastischen Verhaltens und der lokalen Komprimierung der Dämmplatte.

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass das Trag- und Verformungsverhalten von Holzfaserdämmstoffen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln sehr gut, auch im plastischen Bereich, berechnet werden kann.

Abbildung 4 zeigt die Simulationsergebnisse (Spannung und Verformungen) als Prognose des Systemverhaltens, beispielhaft an einer gesamten Wand inklusive Fensteröffnungen. Deutlich sind

hier die aus der Praxis bekannten Schwachstellen zu erkennen, nämlich an den Fensteröffnungen und im Deckenbereich. In der Praxis werden diese Schwachstellen konstruktiv gelöst. Im Bereich der Fensteröffnungen mit Bewehrungsgewebe und im Bereich der Decken mit konstruktiven Lösungen und trockenen Hölzern und Holzwerkstoffen.

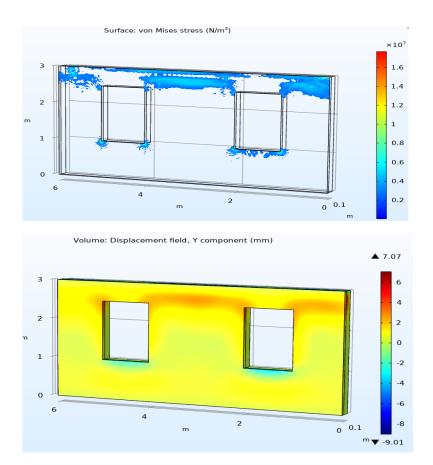


Abbildung 4: Simulationsergebnisse Spannung auf Oberfläche (oben) und Verformung auf Oberfläche (unten).

Ausblick

Das gesamte Forschungsvorhaben betrachtet, kann festgehalten werden, dass das Verhalten eines WDVS mit Holzfaserdämmplatten und mit stiftförmigen, metallischen Verbindungsmitteln auf hölzernen Untergründen sehr gut berechnet werden kann. Die Berechnungsmethoden mit FEM sind jedoch noch sehr komplex, so dass aktuell der zeitliche Aufwand verhältnismäßig groß ist. Das Forschungsvorhaben hat Modelle für die Forschung hervorgebracht, die allgemeingültig sind und auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruhen. Um für den Baupraktiker handhabbare Berechnungsmethoden zu bekommen, müssen und können nun mit den FEM-Modellen Parameterstudien durchgeführt werde, um daraus wiederum einfache Gleichungen oder Tabellen erarbeiten zu können.

Autor:

Norbert Rüther (Fraunhofer WKI)

Forschungsstellen und Ansprechpartner:

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz)

Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI

Norbert Rüther

Das IGF-Vorhaben 19906 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei: Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V. (iVTH e.V.) Bienroder Weg 54E 38108 Braunschweig