

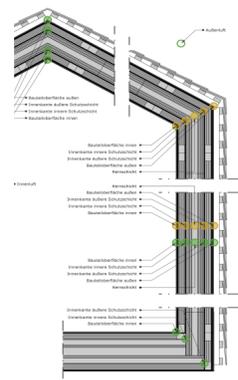
MONITORING EINER PAPIERHÜLLE

Papier stellt für den Bausektor ein neuartiges Material dar, für welches bisher keine definierten und genormten Techniken zur Anwendung als Baumaterial existieren. Papier ist ein kostengünstiges Baumaterial und fördert somit das "bezahlbare Bauen". Darüber hinaus tragen temporäre Papierkonstruktionen zur Bewältigung des demografischen Wandels, mittels kreislaufgerechter temporärer Baukonstruktion, bei.

Dies kann beispielsweise durch das Schließen temporärer Baulücken, die Erweiterung von Gebäuden, also die Schaffung temporären Wohnraums oder auch temporärer Arbeitsplätze, erfolgen. Zur Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Papierkonstruktionen ist vor allem der Einfluss von verschiedenen Luftfeuchtigkeiten und Temperaturen entscheidend.



Öffnung Boden zum Einbringen der Sensoren (links) sowie Anordnung Messsensoren (rechts). TUDa 2023.



HINTERGRUND

Das von ZukunftBau geförderte Projekt „Notunterkünfte aus Papier“, umfasste die Entwicklung eines Prototyps einer Papierhülle mit integrierten Messsensoren. Die Elemente Dach, Wand sowie Boden wurden vollständig aus Papier gefertigt, während die offenen Giebelwände mit Polystyrol geschlossen wurden. Der Prototyp wurde über einen Zeitraum von sechs Monaten unter realen Umweltbedingungen getestet. Im Februar 2022 wurde der Prototyp durch einen Brand schwer beschädigt, sodass ein weiteres Monitoring nicht möglich war. Für die Bauteile, die den Brand überstanden haben, wurde ein Nachnutzungskonzept entwickelt, mit dem Ziel, das Projekt trotz der unglücklichen Umstände mit den gewonnenen Erkenntnissen abzuschließen.

MONITORING VON TEMPERATUR UND FEUCHTIGKEIT

Im Rahmen des Monitorings wurden in verschiedenen Bereichen des Querschnitts der Papierhülle Sensoren für die Messung von Temperatur und Feuchte integriert. Die über den gesamten sechsmonatigen Messzyklus durchgeführten Untersuchungen zur Beurteilung der Luftfeuchtigkeit ergaben, dass die Diffusionsdichtigkeit der Papierhülle unzureichend war. Dennoch konnte ein Feuchtetransport durch die Gebäudehülle beobachtet werden. Die kritischen Schwellenwerte für Feuchtigkeit wurden nicht überschritten. Zu Beginn des Jahres 2022 wurde ein Messzyklus von etwa einer Woche durchgeführt, um die Dämmwirkung zu evaluieren.



Versuch zur Bestimmung des Brandverhaltens eines Wandelements. TUDa 2023.

Aus diesem Messzyklus konnten erste Anhaltspunkte zur Optimierung des Versuchsaufbaus gewonnen werden. Die für die Beheizung verwendete Infrarotlampe verursachte Verzerrungen der aufgezeichneten Messwerte, die sich auf die Sensoren im Inneren der Wand auswirkten. Aufgrund des Brandes konnten keine weiteren Messzyklen aufgezeichnet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse können daher lediglich als erste Hinweise zum Verhalten einer Papierhülle unter Umwelteinflüssen interpretiert werden.

BRAND UND NACHNUTZUNG

Die Untersuchung der verbliebenen Elemente nach dem Brand legt als Brandursache eine Explosion eines Akkus nahe. Durch die damit frei gewordene Energie fingen die Bodenelemente aus Papier Feuer. Entlang der Stoßfugen der Bodenelemente breitete sich durch den vorherrschenden Kamineffekt das Feuer aus. Der Brand sowie die erforderlichen Löschmaßnahmen führten zur Zerstörung der eingebauten Messtechnik, der Bodensegmente, eines Papier-Wandelements sowie der Giebelwände aus Polystyrol. Für die weitere Nachnutzung konnten 12 Segmente aus den Wänden und dem Dach verwendet werden. Das Nachnutzungskonzept wurde entwickelt, um dennoch einen größtmöglichen Erkenntnisgewinn zu erlangen. Im Rahmen der Untersuchungen wurden die strukturellen Eigenschaften, das Brandverhalten, der Wärmedurchgangskoeffizient, der Rückbau/das Recycling sowie die Feuchtigkeitsaufnahme analysiert.



Belastungsversuch des Dachquerschnitts. TUDa 2023.

Im Rahmen der statisch-konstruktiven Experimente wurden Biegeversuche an einzelnen Streifenelementen sowie ein Knickversuch durchgeführt. Darüber hinaus wurde ein Aufbau getestet, in welchem ein gesamter Dachquerschnitt untersucht wurde. Die Versuche zeigten, dass die Dachkonstruktion den schwächsten Punkt der Konstruktion darstellt. Das Brandverhalten der Konstruktion wurde mit einer Gasflamme bei 900 °C getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass eine konstante Beflammung über 45 Minuten erforderlich war, um ein Loch in der Konstruktion zu entzünden. Dies kann als positives Resultat für den Feuerwiderstand der Konstruktion bewertet werden. Die Feuchtigkeitstests ergaben, dass unter einem an Fassaden üblichen Staudruck im Wesentlichen nur die ersten Papierschichten von der Feuchtigkeit betroffen waren. Dabei wurde kein kritischer Wert von 14 % Materialfeuchte überschritten. Zudem verfügte die Konstruktion im Bauzustand noch über eine weitere Außenlage aus polyethylenversiegelten Schindeln, die als Barriere gegen Regen diente. Die Verwendung von Papierlagen hinter vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden kann hinsichtlich ihrer Regensicherheit als positiv bewertet werden.

FÖRDERPROGRAMM

Innovationsprogramm
Zukunft Bau
(BBSR - BMWSB)

PROJEKTZEITRAUM

04.2021 – 04.2023



Prof. Dr.-Ing. Michael Kraus
kraus@ismd.tu-darmstadt.de



Dr. Nadja Bishara
bishara@ismd.tu-darmstadt.de
+49 6151 16 - 23031

