

25 (2012)

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Risssicherheit von Außenputzen

Crack-Safty of External Renderings

D. Saenger, M. Koster, J. Hannawald, W. Brameshuber

1 EINLEITUNG

Durch die stetig wachsenden Anforderungen an den Wärmeschutz wird das einschalige hochwärmedämmende Außenmauerwerk in seinen Eigenschaften als Putzgrund ständig weiterentwickelt und der Abstimmung von Putz und Putzgrund kommt zwangsläufig eine größere Bedeutung zu. Die Mauersteine werden leichter bzw. die Lochstruktur wird filigraner. Das bedeutet, dass der unmittelbare Putzgrundbereich weicher und empfindlicher gegenüber Beanspruchungen aus der Putzschicht wird, die Schwindverformungen auf dem Putzgrund werden größer. Eine zutreffende Analyse der in der Putzschicht auftretenden Spannungen ist erforderlich, sofern die Risssicherheit beurteilt werden soll. Mit Hilfe eines FE-Modells sollte daher im Rahmen dieses Forschungsprojektes aus der zeitabhängigen, räumlichen Feuchteentwicklung in der Putzschicht zunächst das resultierende Schwinddehnungsfeld und anschließend die entstehenden Spannungen berechnet werden, um auf diese Weise in weiterführenden Untersuchungen Kriterien für die rissfreie Herstellung von Putzen herzuleiten.

2 ÜBERBLICK

Das aufgrund des Austrocknens im Putz entstehende, zeitlich veränderliche Feuchtefeld wurde mit Hilfe von kapazitiven Feuchtesensoren gemessen und als zeitlich veränderliche Randbedingung im FE-Modell angesetzt. Die gemessene Schwindverformung des Putzes in Abhängigkeit des Wassergehalts konnte im zweiten Schritt mit Hilfe der ebenfalls experimentell bestimmten Sorptionsisotherme als Funktion der rel. Luftfeuchte im Putz dargestellt werden. Aus dieser ergab sich ein feuchteabhängiger Feuchteausdehnungskoeffizient, der als Materialparameter des Putzes in die FE-Berechnung einging und als Analogon zum Wärmeausdehnungskoeffizient betrachtet werden kann. Das Ergebnis der Berechnung war ein (Feuchte-)Dehnungsfeld. Unter Ansatz der zuvor experimentell ermittelten mechanischen Materialgesetze von Putz und Putzgrund folgte daraus ein Spannungsfeld. Bei Kenntnis der Putzfestigkeit konnte anschließend aus dem berechneten Spannungsfeld abgeschätzt werden, ob eine Schädigung infolge des Schwindens auftreten wird.

3 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Für die Ermittlung von realitätsnahen Materialparametern des Außenputzes, welche in die späteren Simulationsrechnungen Eingang fanden, war es unumgänglich, die zeitlich abhängige Veränderung der Putzeigenschaften zu untersuchen, nachdem der Putz Kontakt mit dem Putzgrund hatte. Für verschiedene Kontaktdauern des Putzes mit dem Putzgrund wurden die Zugfestigkeit, der E-Modul, die Spannungs-Rissöffnungsbeziehung und das Kriechen unter Zugbeanspruchung bestimmt. Zur Herstellung der Putzproben wurde der Putzgrund zunächst mit einer Suspension aus Kaolin eingesprüht, danach die lateralen Flächen versiegelt und anschließend der Putz von Hand in eine Aufsatzschalung gefüllt und abgezogen. Die Putzschichtdicke betrug, wie in der Praxis üblich, 20 mm. Als Außenputz wurde ein relativ steifer Kalk-Zement-Normalputz und als Putzgrund ein relativ weicher Hochlochziegel mit unterschiedlicher Ausgangsfeuchte verwendet. Die gewählten Materialien ergeben eine eher rissanfällige Putz-Putzgrund Kombination, die jedoch in der Praxis anzutreffen ist.

4 MESSUNG DES FEUCHTEFELDES IN DER PUTZSCHICHT

In Bild 1 ist die Messung des zeitlichen, tiefenabhängigen Verlaufs des Feuchtefeldes in der Putzschicht mit Hilfe der kapazitiven Feuchtesensoren dargestellt. Dabei ist ein Feuchtegradient in der Putzschicht deutlich erkennbar. Mit zunehmender Dauer der Austrocknung verschwindet der Gradient mehr und mehr.

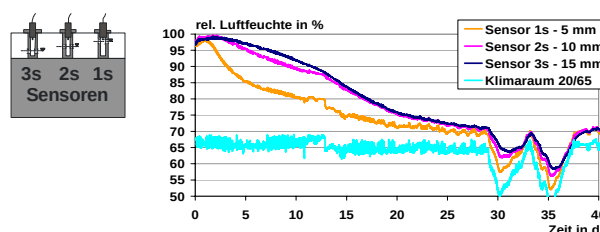


Bild 1: Tiefenabhängige Messung der Feuchteverteilung in der Putzschicht

Fig. 1: Depth-dependent measurements of the moisture distribution in the rendering layer

5 VERFORMUNGSVERHALTEN DES PUTZES

Bild 2 zeigt die resultierenden Schwindverformungen in Abhängigkeit des Wassergehaltes des Putzes, gemessen an Putzproben, die vom Putzgrund entnommen und in den vier verschiedenen Klimaten CO₂-frei gelagert wurden. Die Ergebnisse belegen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Schwinddehnungen der Putzproben, entnommen aus einem lufttrockenen (l) bzw. feuchten (f) Putzgrund, gibt. Ein wassergesättigter (w) Putzgrund beeinflusst das Verformungsverhalten des Putzes, ist jedoch kein praxisrelevanter Fall.

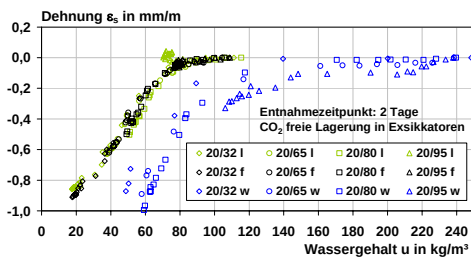


Bild 2: Wassergehaltsabhängige Schwindverformung

Fig. 2: Moisture-dependent shrinkage

6 FEUCHTEAUSDEHNUNGSKOEFFIZIENT

Die Sorptionsisotherme wurde auf Basis der experimentell ermittelten Desorption des Putzes, nachdem er 2 Tage Kontakt mit dem lufttrockenen Putzgrund hatte, bei CO₂-freier Lagerung bestimmt. Außerdem wurde die maximale Wassersättigung durch Rücktrocknung der Putzproben bestimmt. Mit Hilfe der resultierenden Feuchtespeicherfunktion konnte in einem nächsten Schritt die vom Wassergehalt abhängige Schwindverformung als Funktion der relativen Luftfeuchte angegeben werden, um aus dieser einen nicht-linearen, feuchteabhängigen Feuchteausdehnungskoeffizienten zu berechnen, der später als Materialparameter des Putzes in die FE-Berechnung einging.

7 NUMERISCHES MODELL

Die Hochlochziegel können im dreidimensionalen FE-Modell der Wände nicht mit ihrer Lochstruktur abgebildet werden, da die Zahl der Freiheitsgrade zu groß würde. Daher wurden sie, wie in [1] beschrieben, als lineares, orthotropes, elastisches Material mit durch Homogenisierung bestimmten, effektiven Eigenschaften beschrieben. Der Putz wurde zunächst als lineares, isotropes, viskoelastisches Material mit Alterung abgebildet. Die Zugfestigkeit und die Bruchenergie variierten mit dem Putzalter.

Die aus dem aufgezungenen Feuchtefeld im Putz resultierenden Dehnungen wurden mit dem ermittelten Feuchteausdehnungskoeffizienten berechnet.

Zur Beurteilung der Rissempfindlichkeit des Systems Putz/ Putzgrund wurden die Normalspannungen in der Putzschicht berechnet. Nach den Ergebnissen der Simulation zu urteil-

len, wird die untersuchte Materialkombination Putz/ Putzgrund unter den angenommen Randbedingungen des Austrocknens nicht rissfrei bleiben. Denn, wie in Bild 3 gezeigt, wurde knapp 4 Tage nach Beginn der Austrocknung die gemessene Zugfestigkeit (β_z) des Putzes an der Putzoberseite (OP) und 16 Tage später in Putzmitte (MP) sowie an der Putzunterseite (UP) überschritten.

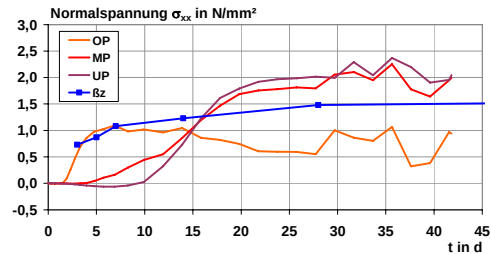


Bild 3: Zeitlicher Verlauf der Normalspannungen in der Putzschicht

Fig. 3: Time-dependent axial stresses in the rendering layer

Zur Überprüfung des FE-Wandmodells und speziell der für den Putz und Putzgrund angesetzten Materialgesetze wurde das gemessene Aufschüsseln des Verbundkörpers bestehend aus Putz und Außenscherben (s. Bild 4, links) mit FE-Methoden nachgerechnet. Die berechneten Spannungsverteilungen in Richtung der Wandnormalen (s. Bild 4, rechts) deuten darauf hin, dass Ablösungen an den Rändern wahrscheinlich sind. Eine Inaugenscheinnahme des Verbundkörpers hat dieses auch bestätigt.

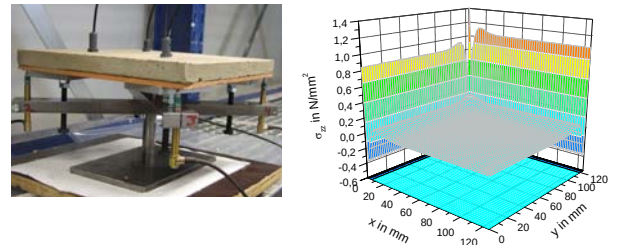


Bild 4: Messung des Aufschüsselns (links) und Normalspannungen in der Verbundschicht (rechts)

Fig. 4: Measurement of curling (left) and axial stress in the contact surface (right)

Der unmittelbare Vergleich mit experimentellen Beobachtungen an einer realen Wand fehlt derzeit noch, so dass insgesamt gesehen zwar die Funktionsfähigkeit des Modells grundsätzlich gezeigt werden konnte, die Verifizierung und Validierung aber noch aussteht.

8 LITERATUR

[1] Brameshuber, W. ; Beer, I. ; Hannawald, J.: Einfluss von Verformungen des Putzgrundes auf das Entstehen schädlicher Risse im Außenputz. Aachen : Institut für Bauforschung. – Forschungsbericht Nr. F 868

Forschungsförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft – F 963