

Schlussbericht vom 30.11.2022

zu IGF-Vorhaben Nr. 20936 BR / 1-2

Thema

KeraSens - Porenkeramik als Sensorelement für Feuchtemessung im Calciumsulfat-Estrich und zum Monitoring des Trocknungsverlaufes

Berichtszeitraum

01.12.2019 - 31.05.2022

Forschungsvereinigung

Forschungsvereinigung der Gipsindustrie e.V.

Forschungseinrichtungen

Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Dresden
IGF- Vorhaben Nr.: 20936 BR / 1

Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MFPA)
IGF- Vorhaben Nr.: 20936 BR / 2

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	4
2	Aufgabenstellung und Ziele	6
3	Stand von Wissenschaft und Technik	7
3.1	Messverfahren zur Feuchtebestimmung	7
3.2	Prinzip der Ausgleichsfeuchtemessung zur Messung der Estrichfeuchte	10
3.3	Verschiedene Sensormessprinzipien zur Bestimmung der Luftfeuchte	11
3.4	Erzeugung definierter Porenkeramiken zur Feuchtemessung	12
4	Ausgewählte Charakterisierungsmethoden	13
4.1	Quecksilberporosimetrie	13
4.2	Licht-optische Messung an UV-VIS-Spektrometer	13
4.3	Methode der dynamischen Wasserdampfsorption (DVS)	14
4.4	Messung des Wasserrückhaltevermögens mit Plattenapparaturen	14
4.5	Messungen der Feuchtespeicherfunktion mit dem Taupunkt-Potentiometer	14
5	Durchführung, Ergebnisse und Diskussion	16
5.1	Auswahl der zu untersuchenden Calciumsulfat-Estriche	16
5.2	Charakterisierung der Porenstruktur	16
5.3	Entwicklung der porösen Keramik	18
5.4	Charakterisierung der Feuchtespeicherung der porösen Keramik	21
5.5	Charakterisierung der dielektrischen und der lichtoptischen Eigenschaften der porösen Keramik	23
5.6	Charakterisierung der Feuchtespeicherung der Calciumsulfat-Estriche	27
5.7	Entwicklung und Test von dielektrischen Sensoraufbauten	31
5.8	Entwicklung und Test von lichtoptischen Sensoraufbauten	37
5.9	Dynamik des Feuchtetransportes – Feuchtetransporteigenschaften der ausgewählten Porenkeramik	39
5.10	Demonstratorfertigung und Versuche	46
6	Zusammenfassung der Projektergebnisse	62
7	Ausblick	63
8	Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen	64
9	Verwendung der Zuwendungen	67
9.1	Wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans) ..	67

9.2	Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)	67
9.3	Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans).....	67
10	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	67
11	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten	67
12	Fortschreibung des Plans zum Ergebnistransfer und Einschätzung der Realisierbarkeit des Transferkonzeptes	69
13	Danksagung.....	71
14	Abbildungsverzeichnis	73
15	Abkürzungsverzeichnis	76
16	Literaturverzeichnis.....	77

6 Zusammenfassung der Projektergebnisse

Im Vorhaben wurden typische industriell verfügbare Calciumsulfat-Estriche hinsichtlich ihrer Porengrößenverteilung und Feuchtespeicherfunktion charakterisiert. Für die Feuchtespeicherung wurde die Desorptionsisotherme an den Estrichproben während des erstmaligen Austrocknungs- und Hydratationsprozesses nach der Herstellung bestimmt.

Es wurde eine poröse Keramik aus dem Material Al_2O_3 mit einer bezüglich den Estrichen vergleichbaren Porengrößenverteilung entwickelt. Für die Porenkeramik wurde der Nachweis erbracht, dass sie eine vergleichbare Feuchtespeicherfunktion wie die meisten der vorliegenden, typischen Calciumsulfat-Estriche aufweist. Die beste Übereinstimmung wurde dabei mit einer Porenkeramik erreicht, in der durch nachträgliche Sol-Infiltration und thermische Behandlung zusätzlich noch sehr kleine Poren erzeugt wurden. Diese Porenkeramik ist für die untersuchten Calciumsulfat-Estriche (mit Ausnahme eines Materials) auch im Feuchtebereich der Belegreife noch hinreichend sensitiv.

Die Porenkeramiken wurden bezüglich der lichtoptischen Eigenschaften und hinsichtlich der dielektrischen Eigenschaften charakterisiert.

Mit der entwickelten Porenkeramik wurden Sensoraufbauten sowohl für lichtoptische als auch für dielektrische Sensoren hergestellt. Eine zugehörige Messwerterfassung zum automatischen Auslesen und Verarbeiten der Signale wurde für beide Sensorvarianten ebenfalls im Projekt entwickelt und erfolgreich angewendet.

Für dielektrische Sensoraufbauten wurde nachgewiesen, dass gelöste Ionen im Wasser in den Poren der Keramik keinen Einfluss auf die Sensorsignale haben, sofern diese im Hochfrequenz-bereich gemessen werden.

Durch numerische hygrothermische Simulationen wurde für eingebettete Sensoraufbauten nachgewiesen, dass die Abweichungen der mittleren Porenluftfeuchte zwischen Porenkeramik und ungestörtem Estrich vernachlässigbar klein sind. Damit ist der Nachweis erbracht, dass systematische Messfehler durch die Dynamik des Feuchteausgleichs oder Störungen des Feuchtefeldes im Estrich durch den eingebetteten Sensor vernachlässigbar klein sind.

In einem Demonstratorversuch wurde an Estrich-Testflächen unter praxisnahen Bedingungen nachgewiesen, dass mit den entwickelten lichtoptischen und dielektrischen Sensoren ein Monitoring der Feuchte des Estrichs genau dann sehr gut möglich ist, wenn die Feuchtespeicherfunktion der Porenkeramik mit der des Estrichs hinreichend gut übereinstimmt. In diesem Fall wurde ein kontinuierlicher Signalverlauf für die Feuchte vom Zeitpunkt der Herstellung der Estriche bis zum Erreichen der Feuchte der Belegreife - und darüber hinaus - festgestellt. Die Signalwerte waren dabei gut mit Messwerten von Darr- und CM-Messung korreliert.