

Charakterisierung von Mikrorissbildung in Beton mit Dünnschliffmikroskopie

Betreuer: Viktor Kostic und Eva Jäggle
 Telefon: 089 289 57025 089 289 257026
 Mail: viktor.kostic@tum.de e.jaegle@tum.de
 Bearbeitungszeitraum: Start Mai / Juni 2025

Hintergrund

Das heterogene Material Beton kann auf einer mikrostrukturellen Ebene in verschiedene Bereiche unterteilt werden. Die wesentlichen Bestandteile sind die Gesteinskörnung, die Zementsteinmatrix sowie der Porenraum. Der Übergangsbereich zwischen der Gesteinskörnung und der Zementsteinmatrix kann aufgrund seiner besonderen Eigenschaften als weiterer Bereich betrachtet werden und wird auch Interfacial Transition Zone (ITZ) genannt. Eine dieser Eigenschaften ist die besondere Anfälligkeit dieses Bereichs gegenüber der Entstehung von Mikrorissen. Risse im Maßstab weniger Mikrometer haben wesentlichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit von Strukturen und Gebäuden aus Beton, da diese jegliche Transportprozesse von Gasen und Flüssigkeiten innerhalb des Betons beschleunigen. Typischer Weise werden Mikrorisse unter dem Mikroskop oder anhand von Risskarten charakterisiert. Bei höher Anforderung an die Auflösung können Durchlichtmikroskopie in Kombination mit Fluoreszenzpartikeln verwendet werden.

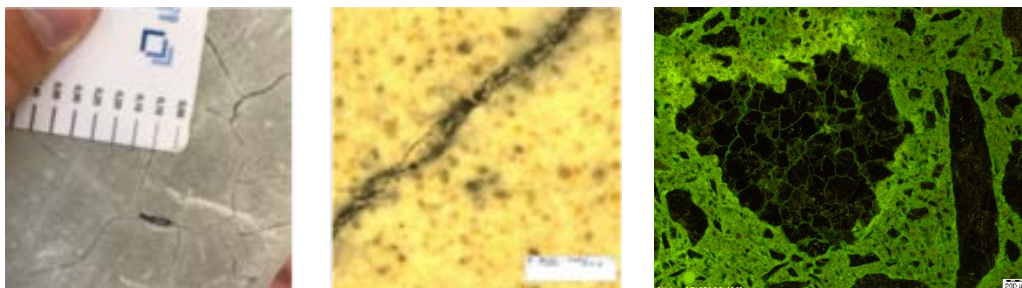


Abb. 1: Schadensbeurteilung im Mikrobereich anhand von Risskarten (links), Auflichtmikroskopie (mittig) und Durchlichtmikroskopie eines gerissenen Gesteinskorns mit hoher Vergrößerung (rechts)

Bei der Verwendung von Mikroskopie-Techniken wird die Mikrostruktur anhand von 2-dimensionalen Bildern analysiert und die 3-dimensionale Information geht verloren. Hierdurch könnten wertvolle Informationen über die Ausprägung (z.B. Geometrie) von Rissen nicht sichtbar sein. Auch moderne Methoden der Materialmodellierung setzen verlässliche 3-dimensionale Informationen als Input voraus.

Eine Alternative zur 2-dimensionalen Mikroskopie ist die Technik der Computertomographie (CT). Dabei handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren unter der Verwendung von Röntgenstrahlung. Materialien können hierdurch 3-dimensional erfasst werden. Ein wesentlicher Nachteil dieser Methode ist der Zusammenhang zwischen der Auflösung des Bildes und der Größe des aufgenommenen Objektes. Für eine feine Auflösung der Materialstruktur im μm -Bereich müssen kleine Probekörper oder Hochleistungsequipment verwendet werden.

Aufgabenstellung

Im Rahmen der Masterarbeit sollen Mikroskopiebilder von unbewehrtem Beton analysiert werden. Hierzu sollen von vorhandenen Dünnschliffen Mikroskopieaufnahmen erstellt werden. Die Dünnschliffe stammen von Betonprobekörpern, welche Druck-, Zug- bzw. Kriechbeanspruchung ausgesetzt wurden. Die Herstellung und Historie der Betonproben ist in dem Artikel von Diewald et al. [1] beschrieben.

Ziel der Arbeit ist die Charakterisierung der Mikroskopieaufnahmen hinsichtlich vorhandener Risse. Hierzu müssen in den Mikroskopie-Bildern Risse identifiziert und quantifiziert (Anzahl, Länge, Breite, Vorkommen) werden. Für die Auswertung der Mikroskopiebilder stehen verschiedene Tools zur Verfügung. In den Aufnahmen müssen neben Rissen auch die anderen Komponenten der Betonstruktur (Gesteinskörnung und Porosität) identifiziert werden.

Zunächst ist ein strukturierter Datensatz mit ungelabelten und gelabelten Mikroskopiebildern zu erstellen, welcher zukünftig für das Trainieren einer KI verwendet werden kann. Zudem soll versucht werden anhand der Charakterisierung ein Schädigungsgrad zu ermitteln und Aussagen über die Rissbildung gezogen werden. Auch sollen Schlussfolgerungen in Bezug auf die Eignung des Verfahrens für die Risscharakterisierung in Beton getroffen werden und Verbesserungsvorschläge gemacht werden.

Die Ergebnisse sollen in den Kontext einschlägiger Literatur eingeordnet werden. Hierbei soll ein Fokus auf die Rissbildung in Folge von mechanischer Belastung, kritische Risslänge/-breite für Schädigungsprozesse und aktuelle Normen zur Risscharakterisierung gelegt werden.

Referenzen

[1] Diewald F., Epple N., Kraenkel T., Gehlen C. & Niederleithinger E. (2022). Impact of External Mechanical Loads on Coda Waves in Concrete. *Materials*, 15(16), 5482. <https://doi.org/10.3390/ma15165482>

Arbeitsprogramm

1. Literaturrecherche

Ausgangsliteratur zur Mikrorisscharakterisierung in Beton wird zur Verfügung gestellt. Ausgehend hiervon wird eine eigenständige Literaturrecherche erwartet, die den Stand des Wissens, Stand der Normung und aktuelle Forschungsergebnisse herausarbeitet.

Es sollen unter anderem auf folgende Fragen eingegangen werden:

- Rissbildung bei konstanter Last (Kriechen, Schwinden)
- Relevanz von Mikrorissen in Bezug auf die Dauerhaftigkeit
- Aktueller Standard zur Mikrostrukturcharakterisierung von Beton (Mikroskopie und CT)
- Relevante Normen/Standards/Empfehlungen, welche Bezug auf Rissbildung, oder hierdurch beeinflusste betroffene Schadensmechanismen (z.B. Chlorid-Eintrag, AKR) nehmen.

2. Praktisches Vorgehen

a. Aufnahme von Mikroskopie-Bildern

- CT-Bilder und ein Teil der Mikroskopie-Bilder werden zur Verfügung gestellt
- Aufnahme von Bildern der Dünnschliffe aus dem Zylinder
- Ggf. Neuaufnahme von Bildern der anderen Dünnschliffe

b. Bildauswertung

- Einarbeitung in geeigneten Auswerte-Tools
- Festlegen eines Vorgehens und der zu evaluierenden Parameter
- Auswertung inkl. nachvollziehbarer Dokumentation

3. Ausarbeitung

- Motivation und Einordnung in den Kontext
- Stand der Technik / Theoretischer Hintergrund
- Beschreibung der Methodik
- Ergebnisdarstellung
- Interpretation und Bewertung
- Ausblick