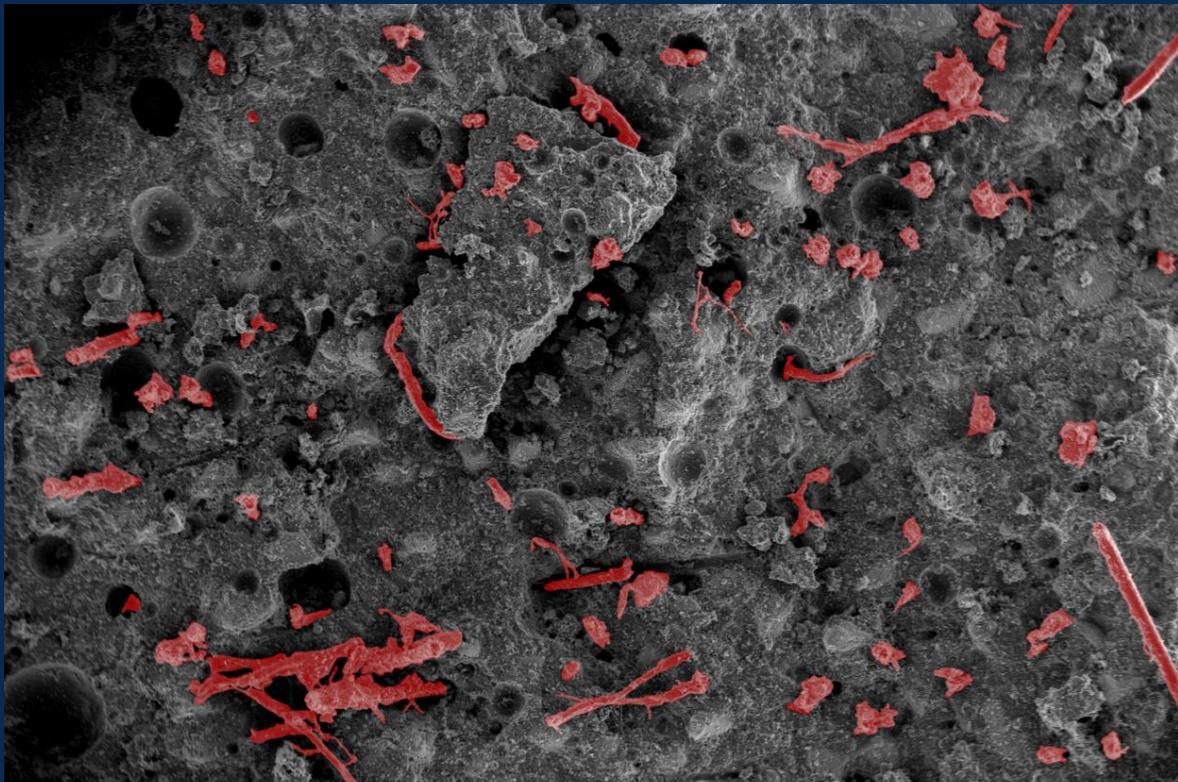




Dissertation  
**Schädigungsmechanismen hochduktiler  
Betone bei zyklischer Belastung**

Steffen Müller



	HV 20.00 kV	spot 4.0	det LFD	WD 11.0 mm	mag <input type="checkbox"/> 100 x	HFW 4.14 mm	pressure 41 Pa	← 1 mm →
TU Dresden, Institut fuer Baustoffe								

Gutachter:  
Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine

Zweitgutachter:  
Prof. Dr.-Ing. Steffen Anders  
Prof. Dr.-Ing. Volker Slowik

2022

## KURZFASSUNG

In den letzten Jahrzehnten entwickelte sich aus dem seit langer Zeit angewendeten 3-Stoffgemisch Beton ein vielseitiger Hochleistungswerkstoff. Dabei wird zum einen der Massenmarkt weiterhin mit optimierten und kostengünstigen Betonrezepturen beliefert und zum anderen entwickelte sich ein immer breiter werdendes Spektrum an Spezialbetonen für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle.

Die vorliegende Arbeit fokussiert auf den Hochduktilen Beton, eine Entwicklung faserverstärkten Feinbetons, mit erheblichem Zugdehnungspotential. In Laborversuchen stellen Dehnwerte von 4-5 % keine Seltenheit dar. Die praktische Anwendbarkeit dieses Werkstoffs leidet unter einigen Wissenslücken bezüglich der mechanischen Eigenschaften und der Langzeitstabilität. Eine Vielzahl der bisher mit diesem Material geleisteten Forschungsarbeit wurde im Labormaßstab mit Proben unter 40 cm in der längsten Dimension und im Bereich der Faser-Matrix-Interaktion durchgeführt. Ausgeführte großmaßstäbliche Anwendungen beruhen zumeist auf diesen kleinmaßstäblichen Versuchen.

Die ausgeführten experimentellen und theoretischen Arbeiten in der vorliegenden Arbeit beleuchten das Feld des zyklischen Materialverhalten. Bei den Untersuchungen stehen das grundlegende Verständnis des Materialverhaltens und die Beschreibung der Schädigungsmechanismen im Vordergrund. Dazu wurden verschiedene quasi-statische und zyklische Zug-Schwell- als auch Wechselbelastungen am Kompositwerkstoff untersucht. Aufgrund der Vielzahl experimenteller Ergebnisse konnte die Dominanz einzelner Schadmechanismen in Abhängigkeit der Belastung bestimmt werden. Darauf aufbauend konnte das Auftreten der beschriebenen Degradationsmechanismen auch an großmaßstäblichen Prüfkörpern unter zyklischer Belastung nachgewiesen werden und somit ein erster Transferschritt vom Labormaßstab zu praxisrelevanten Abmessungen erfolgen.

Im Zuge der Bearbeitung verschiedener Projekte zum Thema wurden insbesondere zum numerisch bzw. bemessend orientierten Teil Differenzen zur Interpretation experimenteller Ergebnisse und deren Überführung in numerische Werkzeuge sichtbar. Dies liegt maßgeblich in unterschiedlichen Vorstellung der vorhandenen Mechanismen begründet. Zur Vereinheitlichung des gemeinsamen Verständnisses wurde eine Modellvorstellung basierend auf rheologischen Elementen entwickelt. Diese ermöglichen eine realitätsnahe Beschreibung der Vorgänge rückgeführt auf die physikalischen Prozesse und erleichtern somit die Darstellung des Schädigungsablaufes. Basierend auf dem entwickelten Modell werden maßgebliche Einflussgrößen auf die Schädigung herausgestellt und somit Ansätze für Materialoptimierungen geliefert. Eine präzise Vorhersage im Sinne einer Bemessung ist allerdings mit dieser Art Modellansatz nicht möglich. Es werden vielmehr experimentell basierte Tendenzen aufgezeigt.

## ABSTRACT

In recent decades, concrete, a 3-component mixture that has been used for a long time, has developed into a multifaceted high-performance material. On the one hand, the mass market continues to be supplied with optimized and cost-effective concrete formulations, and on the other hand, an increasingly broad spectrum of special concretes has developed for a wide variety of applications.

The present thesis focuses on strain-hardening cement-based composites (SHCC), a development of fiber-reinforced fine concrete, with a significant tensile elongation potential. In laboratory tests, strain values of 4-5 % are not uncommon. The practical applicability of this material suffers from some knowledge gaps regarding mechanical properties and long-term stability. Much of the research work done to date with this material has been conducted at the laboratory scale with specimens less than 40 cm in the longest dimension and in the area of fiber-matrix interaction. Executed large-scale applications are mostly based on these small-scale experiments.

The performed experimental and theoretical work in the present thesis illuminates the field of cyclic material behavior. The investigations focus on the fundamental understanding of the material behavior and the description of the damage mechanisms. For this purpose, various quasi-static and cyclic tensile-swell as well as alternating loads were investigated on the composite material. Based on the large number of experimental results, it was possible to determine the dominance of individual damage mechanisms as a function of the applied load function. Based on this, the occurrence of the described degradation mechanisms could also be demonstrated on large-scale test specimens under cyclic loading and thus a first transfer step from laboratory scale to practice-relevant dimensions could be made.

In the framework of various projects on this topic, differences in the interpretation of experimental results and their transfer to numerical tools became apparent, especially in the numerically or dimensioning-oriented part. This is mainly due to different understandings of the existing mechanisms. To unify the common comprehension, a model conception based on rheological elements was developed. This allows a realistic description of the processes back to the physical processes and enables the illustration of the damage process. Based on the developed model, significant influencing variables on the damage are highlighted and thus approaches for material optimization are provided. However, a precise prediction in the sense of a design is not possible with this type of model approach. Rather, experimentally based tendencies are shown.