

Temperaturinduzierte Gefügeveränderungen an Elbsandsteinen

Vergleich verschiedener Untersuchungsmethoden der Festigkeit

Sarah-Theresa Becker • Bachelorthesis • Sommersemester 2020

Erstprüferin: Prof. Dr. Jeannine Meinhardt • Zweitprüfer: Prof. Dr. Heiner Siedel

PROBLEMSTELUNG UND ZIELSETZUNG

Die Untersuchung der Gesteinsfestigkeit ist von großer Bedeutung für die Entwicklung geeigneter Restaurierungs- und Konservierungskonzepte von brandgeschädigten Objekten. Da für quantitative Festigkeitsmessungen in der Regel die Entnahme von Bohrkernen notwendig ist, können diese bei Kunst- und Kulturgütern häufig nicht angewendet werden. Im Rahmen der Bachelorarbeit sollte mittels vergleichender Messungen an getemperten Probekörpern und Regressionsanalyse überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Gesteinsfestigkeit und Ultraschallgeschwindigkeit bzw. Bohrwiderstand besteht.

Hieraus lässt sich ableiten, inwieweit diese minimalinvasiven Methoden vermehrt zum Einsatz kommen können, um Fragestellungen zu beantworten, für die herkömmlicherweise Bohrkernentnahmen notwendig sind. Im Rahmen der Messungen wird untersucht, wie sich hohe Temperaturen auf biaxiale Biegezugfestigkeit, einaxiale Druckfestigkeit, Ultraschallgeschwindigkeit und Bohrwiderstand auswirken. Die Untersuchung von Probekörpern aus Cottaer und Postaer Sandstein gibt außerdem Aufschluss darüber, wie sich der Temperatureinfluss bei Sandsteinen unterschiedlicher Zusammensetzung äußert.



PROBEKÖRPER

Die Messungen wurden an jeweils sieben Bohrkernen der Variäteten Cottaer und Postaer Sandstein durchgeführt. Diese waren auf verschiedene Temperaturen (400, 500, 600, 700, 800, 1000 °C) über sechs Stunden gleichmäßig erhitzt worden. Jeweils ein Probekörper war ungetempert zurück behalten worden.

Abb. oben: Probekörper aus Postaer Sandstein (Temperaturstufe 1000°C) nach Messung der Druckfestigkeit. Abb. unten: Probekörper aus Cottaer (Reihe unten) und Postaer Sandstein (Reihe oben), Temperaturstufen (von links nach rechts): 25, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 °C.

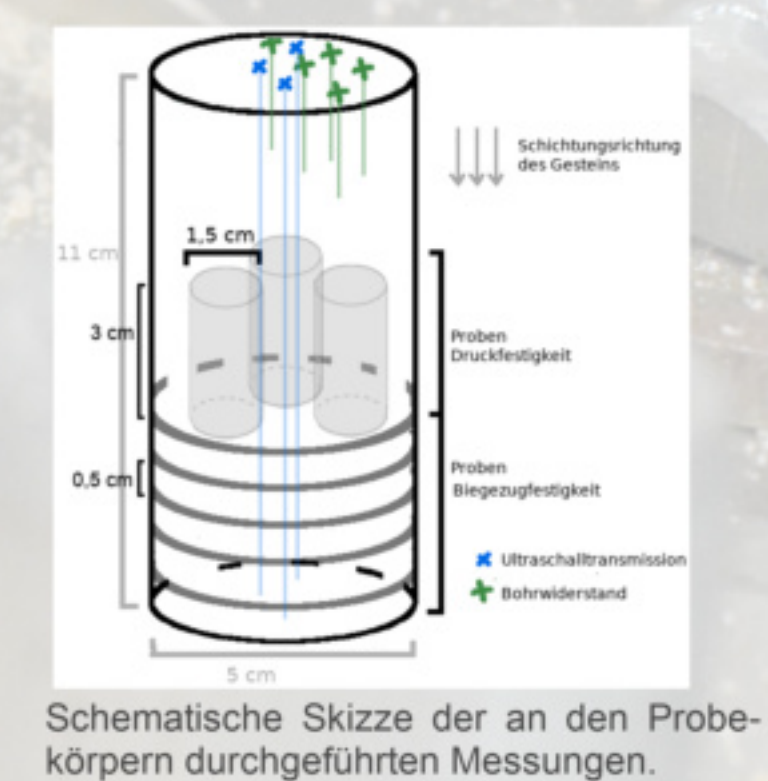


ÜBERBLICK DER DURCHFÜHRTEN MESSUNGEN

Je Bohrkern wird ein Mittelwert für die Ultraschallgeschwindigkeit bestimmt. Die Messung der biaxialen Biegezugfestigkeit erfolgt an fünf Bohrkernscheiben. Aus den Probekörpern können jeweils drei kleinere Kerne zur Messung der Druckfestigkeit ausgebohrt werden. Inwieweit die Messung der Druckfestigkeit bei der vorliegenden Probengröße möglich ist, wurde im Rahmen von Vorversuchen untersucht. Die Messung des Bohrwiderstandes erfolgte im Rahmen der Bachelorarbeit von Anne-Sophie Gaedke.

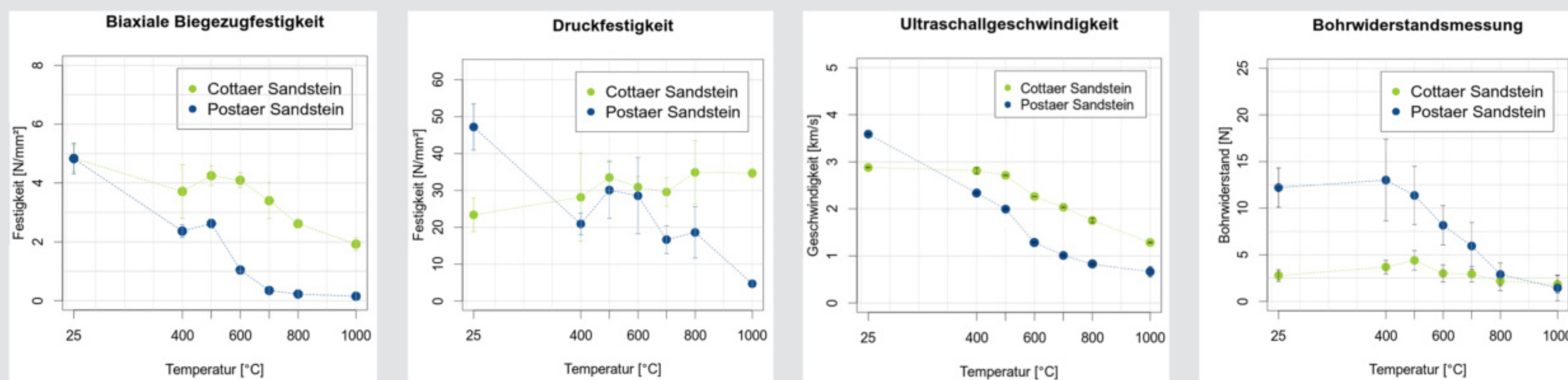
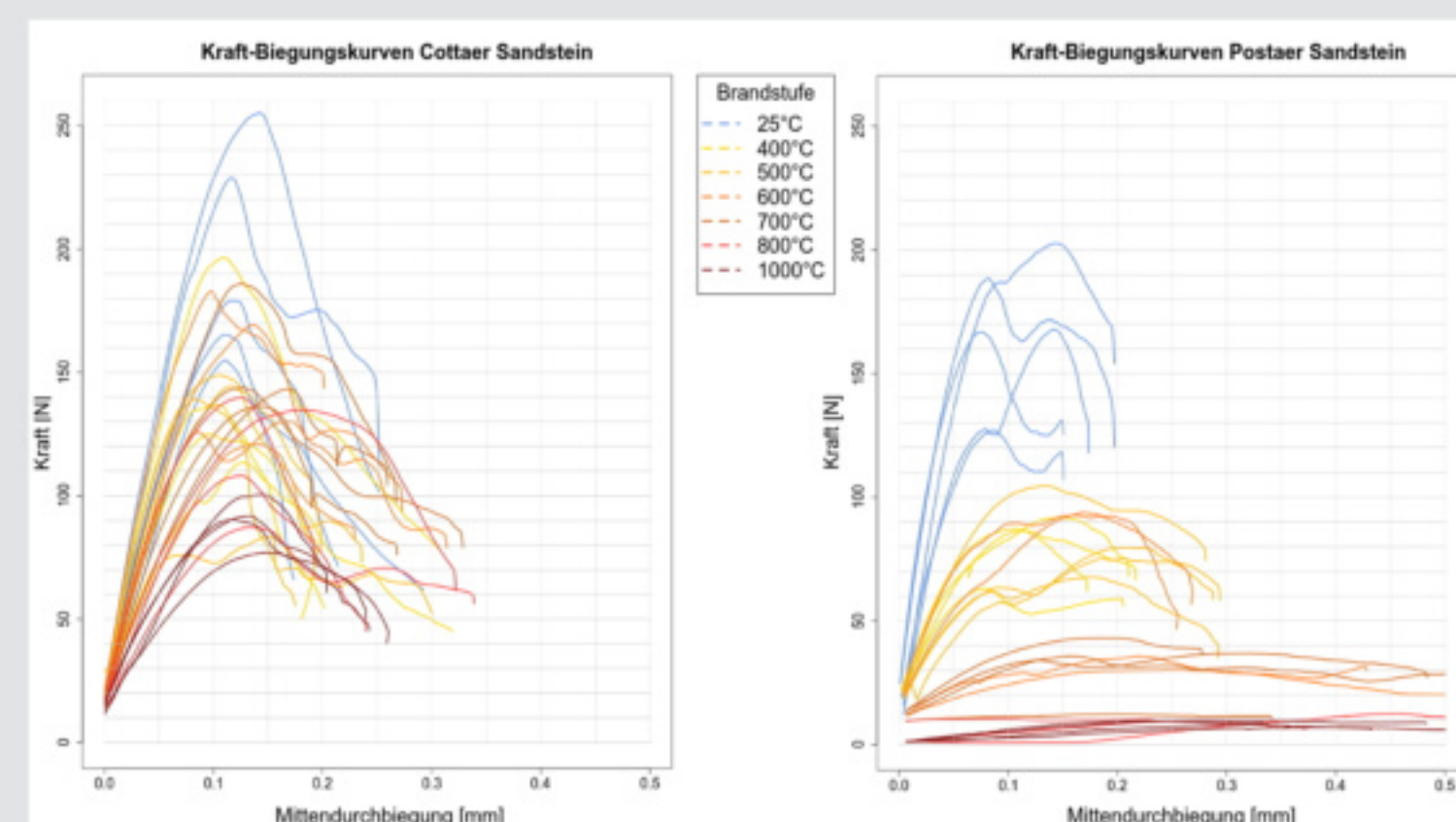
Methode	Parameter
Ultraschall	Mittelwert aus 3 Messungen entlang der Längsachse
Biaxiale Biegezugfestigkeit	Mittelwert aus 5 Probekörpern (0,5 x 5 cm)
Einaxiale Druckfestigkeit	Mittelwert aus 3 Probekörpern (1,5 x 3 cm)
Bohrwiderstand*	Mittelwert aus 5 Bohrungen (0,2 - 2 cm Bohrtiefe)

*durchgeführt von Anne-Sophie Gaedke



ERGEBNISSE DER MESSUNGEN

Der überwiegend aus Quarz bestehende Postaer Sandstein zeigt sich gegenüber hohen Temperaturen sehr empfindlich. Die temperaturinduzierte Ausdehnung des Quarzes führt zu Spannungen und infolgedessen zu Mikrorissen im Gefüge. Bei Postaer Sandstein kommt zu starken Festigkeitsverlusten, sowohl von Biegezug- als auch Druckfestigkeit. Cottaer Sandstein zeigt sich deutlich unempfindlicher. Die Biegezugfestigkeit sinkt weniger stark, wohingegen die Druckfestigkeit ansteigt.



Der Anstieg der Druckfestigkeit bei Cottaer Sandstein, sowie die lokalen Maxima bei Biegezugfestigkeit und Bohrwiderstand, die bei beiden Gesteinen auftreten, könnten auf mit hohen Temperaturen einhergehenden Umwandlungen und damit verbundenen Verfestigungen von tonigen und/oder ferritischen Bestandteilen zurückgeführt werden. Veränderungen der Festigkeit, die im Zusammenhang mit tonigen und/oder ferritischen Bestandteilen stehen, zeigen sich nicht in der Ultraschallgeschwindigkeit. Dies könnte dazu führen, dass die

sonst gute Korrelation, die zwischen Ultraschallgeschwindigkeit und verschiedenen Festigkeitsparametern besteht, bei Gesteinen mit tonigen Bestandteilen, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren, deutlich schlechter ausfällt. Die Ergebnisse von Druck- und Biegezugfestigkeit sind aufgrund dem kleinen Volumen und der begrenzten Anzahl der Probekörper starken Schwankungen unterworfen und damit vorsichtig zu interpretieren.



ERGEBNISSE DER REGRESSIONSANALYSE

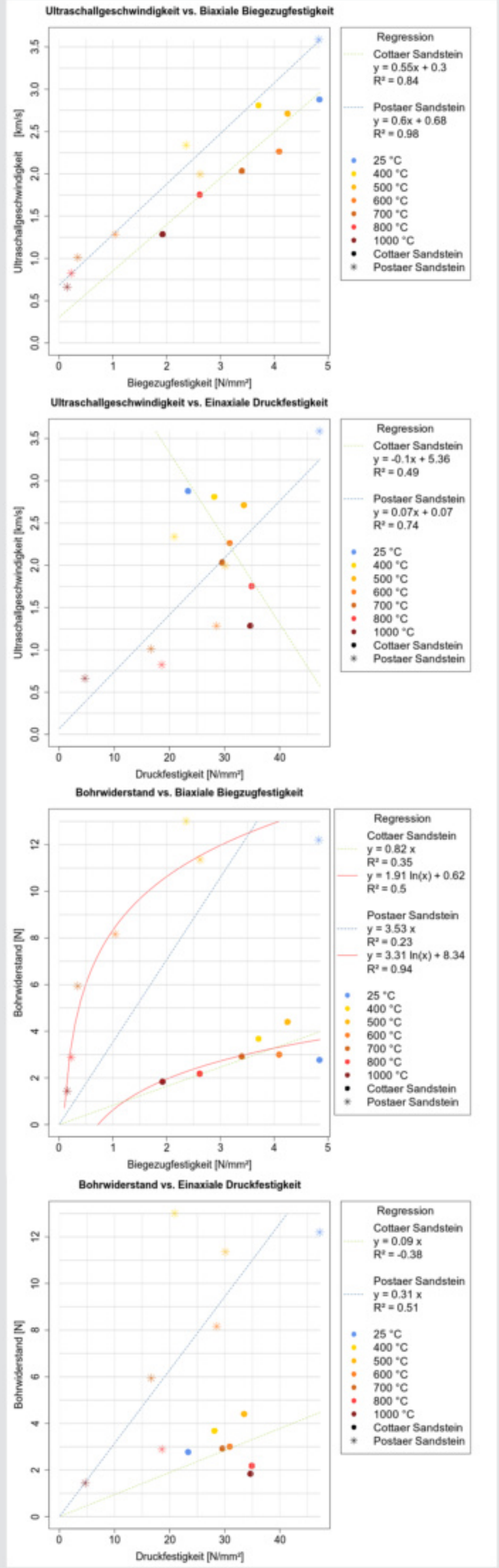
In der vorliegenden Arbeit konnten deutliche lineare Zusammenhänge zwischen Ultraschallgeschwindigkeit und Biegezugfestigkeit für Cottaer und Postaer Sandstein bei temperaturinduziertem Festigkeitsverlust nachgewiesen werden. Bei der Druckfestigkeit zeigt sich nur bei Cottaer Sandstein ein schwacher statistischer Zusammenhang.

Für Postaer Sandstein konnte ein logarithmischer Zusammenhang zwischen Bohrwiderstand und biaxialer Biegezugfestigkeit gefunden werden. Zwischen Druckfestigkeit und Bohrwiderstand besteht bei keinem der beiden Gesteine ein signifikanter Zusammenhang. Unter Beachtung der großen Streubreiten der Werte kann dieser für Postaer Sandstein bei vorliegender Untersuchung nicht ausgeschlossen werden.

AUSBLICK

Ultraschallmessungen sind vielversprechend, um Aussagen über Entfestigung im Brandfall zu treffen. Inwieweit es insbesondere bei Festigkeitsveränderungen im Zusammenhang mit tonigen Bestandteilen zu schlechten Korrelationen kommt, wäre noch zu klären.

Bisherige Untersuchungen zur Korrelation des Bohrwiderstands ließen einen linearen Zusammenhang zu verschiedenen Festigkeitsparametern vermuten. Diese erfolgten fast ausschließlich an unverwitterten Gesteinen. Wie individuell unterschiedlich sich Veränderungen verschiedener Minerale, die zu Festigkeitsänderungen führen, sich auf den Bohrwiderstand auswirken, muss in Zukunft weiter untersucht werden.



Die Bachelorarbeit ist angegliedert an das Projekt „Simulation zur Rissentwicklung in Architekturteilen und Objekten aus Naturstein infolge hoher thermischer Belastung zur Erarbeitung von Berechnungsroutinen für Aussagen zur Restfestigkeit“ (TU Dresden, TU Bergakademie Freiberg). Mein herzlicher Dank gilt den Mitarbeitenden des Projektes für die Zurverfügungstellung der Probekörper und die freundliche Unterstützung.