

Themenvorschlag für eine Master Thesis

Experimentelle Untersuchungen von Ringspaltverfüllmaterialien unter chemisch aggressiven Expositionsbedingungen

Betreuer

Matthias Rosa, M.Sc.
Zimmer: N1609
Tel.: 089/289-23036
E-Mail: matthias.rosa@tum.de

Allgemeines und Hintergrund

Beim maschinellen Tunnelbau entsteht verfahrensbedingt ein Ringspalt zwischen der Ausbruchskante im Gebirge und der Außenseite der Tübbings. Um eine gleichmäßige Bettung und Lagesicherheit des Tunnels zu gewährleisten, muss dieser mit einem geeigneten Material (Ringspaltverfüllmaterial, kurz RSVM) verfüllt werden. An dieses Material werden sowohl hinsichtlich der Verarbeitbarkeit und Steifigkeitsentwicklung als auch der Dauerhaftigkeit und Resilienz gegenüber Umwelteinflüssen erhöhte Anforderungen gestellt. Als RSVM haben sich in den vergangenen Jahren Zweikomponentensysteme (2K-RSVM) auf Zementbasis etabliert. [1,2]

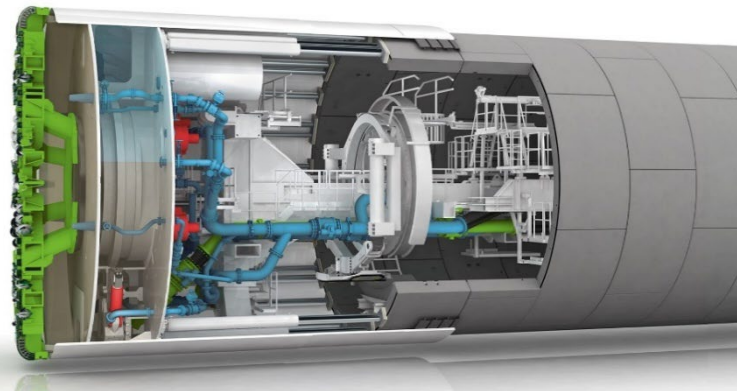


Abbildung 1: Aufbau einer TBM [<https://www.herrenknecht.com/de/produkte/productdetail/mixschild/>]

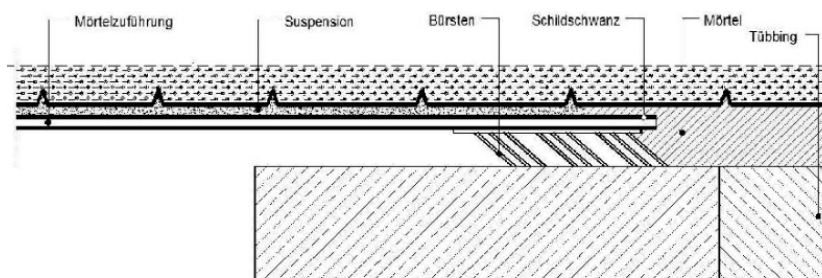


Abbildung 2: Detaildarstellung des Schildschwanzes und Ringspalts [2]

Im Rahmen der Entwicklung eines neuartigen 2K-RSVM auf Basis alternativer Bindemittel (TUM-RSVM) muss dessen Dauerhaftigkeit unter verschiedenen Expositionsbedingungen untersucht und validiert werden, um die Praxistauglichkeit des Materials nachzuweisen. Der neuartige TUM-RSVM verwendet eine Mischung mit stark reduziertem Zementanteil, was die Langzeitbeständigkeit und Ökobilanz verbessert und Vorteile bei der Verarbeitung mit sich bringt. Die genaue Rezeptur des RSVM kann dabei auf die jeweiligen Projektanforderungen abgestimmt werden. [3,4]

In bereits erfolgten Testreihen konnte ein negativer Einfluss von sulfathaltigem Grundwasser identifiziert werden. Es wird vermutet, dass trotz des geringen Zementanteils der Mischung ein Sulfatangriff für die Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften verantwortlich ist.

Ziel

Um dies genauer zu untersuchen, soll, aufbauend auf die bereits erfolgten Laboruntersuchungen, eine neue Testreihe zur Erforschung der Beständigkeit mit mehreren Rezepturvariationen des neu entwickelten RSVM durchgeführt werden. Die Untersuchung erfolgt durch das Einlagern in unterschiedlichen Lösungen und Umgebungstemperaturen und das kontinuierliche Überwachen von Probekörpern. Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften wird dabei über regelmäßige Druckfestigkeitsprüfungen der Probekörper ermittelt. Die Probekörpergeometrie und Druckfestigkeitsermittlung orientiert sich dabei an [5]. Hauptaugenmerk soll bei den Untersuchungen auf sulfathaltige Umgebungsbedingungen und Temperaturvariation gelegt werden. Gleichzeitig werden Referenzproben eingelagert. Um die Langzeitentwicklung zu simulieren, können Sulfatlösungen in unterschiedlich hohen Konzentrationen verwendet werden. [6,7]



Abbildung 3: Beispielhafte Arbeitsschritte (Herstellung und Ausschalen der Probekörper, Druckfestigkeitsbestimmung)

Aufgrund der Anzahl an Variablen (Rezeptur des TUM-RSVM, Sulfatkonzentration der Lagerungsbedingungen, Temperatur, Zeitpunkt der Druckfestigkeitsmessung) bei gleichzeitig beschränkter Probekörperzahl erfolgt die Versuchsplanung auf Basis der Design of Experiments-Methodik (DoE) als teilfaktorielle Versuchsreihe [8]. Die zu untersuchende Effektgröße ist dabei die einaxiale Druckfestigkeit der Mörtelprobe nach [5] zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Ein entsprechendes Versuchskonzept wurde bereits entwickelt.

Ziel dieser Thesis ist die Feinabstimmung, Durchführung und Auswertung der beschriebenen Versuchsreihe, um das neu entwickelte Material für den Einsatz in der Praxis zu bewerten.

Beginn

Ab Januar

Prinzipieller Ablauf

- Einarbeitung in die Thematik (maschineller Tunnelbau, RSVM, Expositionsbedingungen bzw. Mechanismen chemischer Angriff auf Zement)
- Feinabstimmung des Versuchsplans
- Herstellung der Probekörper und Einlagerung in die jeweiligen Expositionsbedingungen
- Überwachung der Probekörperparameter (Gewicht, Maße) und regelmäßige Druckfestigkeitsmessungen
- Auswertung, Vergleich mit Literaturdaten und Bewertung der Ergebnisse

Voraussetzungen

- Interesse an der Thematik
- Interesse an experimenteller Arbeit im Labor
- Eigenständige und strukturierte Arbeitsweise
- Aufgrund des laufenden Patentverfahrens für das entwickelte RSVM-TUM muss vor Antritt der Arbeit eine Geheimhaltungsvereinbarung im Hinblick auf die Rezeptur und Bestandteile unterzeichnet werden.

Literatur

- [1] Gehwolf P, Schulte-Schrepping C, Behnen G, et al. Erfahrungsstand zur Ringspaltverfüllung bei einschaligen Tunneln mit Schwerpunkt deutsche Eisenbahntunnel. Taschenb Für Den Tunnelbau 2022 2022:53-136-53–136. <https://doi.org/10.1002/9783433611043.ch2>.
- [2] Maidl B, Herrenknecht M, Maidl U, et al. Maschineller Tunnelbau im Schildvortrieb. 1st ed. Wiley; 2011. <https://doi.org/10.1002/9783433600757>.
- [3] Stoiber A, Fillibeck J, Tintelnot G, et al. New hybrid annular gap grout for shield tunneling. Proc. WTC 2026, Montréal: 2026.
- [4] Rosa M, Fischer O, Stoiber A, et al. A novel testing procedure for annular gap grouts in mechanized tunnelling. Proc. WTC 2026, Montréal: 2026.
- [5] DIN EN 196-1:2016-11, Methods of testing cement – Part 1: Determination of strength 2016.
- [6] Müllauer W. Mechanismen des Sulfatangriffs auf Beton - Phasenneubildungen und Expansionsdrücke in Mörteln unter Na₂SO₄-Belastung. Technische Universität München, 2013.
- [7] Müllauer W, Beddoe RE, Heinz D. Sulfate attack expansion mechanisms. Cem Concr Res 2013;52:208–15. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.07.005>.
- [8] Siebertz K, Van Bebber D, Hochkirchen T. Statistische Versuchsplanung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55743-3>.