

Analyse von Tübbingschäden bei Perlkieshinterfüllung

Schadensuntersuchung bei Tunnelbauprojekten mit Einfachschildmaschinen

Gabriel Mölgg, BSc

Betreuer/in: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Matthias Flora
Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau
Universität Innsbruck
ibt@uibk.ac.at | www.uibk.ac.at/ibt

KURZFASSUNG: In vielen Tunnelbauprojekten in Österreich und der umliegenden Region treten häufig Tübbingschäden bei der Kombination von Einfachschild-Tunnelbohrmaschinen mit Perlkieshinterfüllung auf. Diese Arbeit analysiert Schäden in vier anonymisierten Projekten, um Häufigkeit und Art der Schäden zu bewerten. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass vor allem Risse und Abplatzungen auftreten, wobei Unterschiede in der Dokumentationsqualität die Vergleichbarkeit der Projekte erschweren.

Vollständige Arbeit: www.uibk.ac.at/ibt/lehre/abgeschlossene-masterarbeiten/

SCHLAGWORTE: Tübbingschäden, Ringspaltverfüllung, Tunnelbau, Perlkies

1 EINLEITUNG

Untertagebauwerke wie der Brenner-Basistunnel oder der Semmering-Basistunnel sind entscheidend für die Infrastruktur Österreichs. [1] Tübbinge, als vorgefertigte Betonsegmente, bilden dabei ein zentrales Element der Tunnelbauweise. Trotz ihrer Vorteile stellen Schäden an Tübbingauskleidungen ein wiederkehrendes Problem dar. Solche Schäden sind häufig auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, insbesondere auf die Bettung des Tübbingrings. Eine präzise und gleichmäßige Bettung des Tübbingrings ist sowohl in den 1980er Jahren als auch heute eine grundlegende Voraussetzung, um die volle statische Tragfähigkeit der Tübbinge zu gewährleisten. Dennoch wird die fachgerechte Verfüllung des Ringspalts bei Tunnelbauprojekten häufig unterschätzt, was immer wieder zu Problemen und Schäden führt, die direkt auf eine unzureichende Ringspaltverfüllung zurückzuführen sind und die langfristige Stabilität und Funktionalität der Bauwerke beeinträchtigen können. [2]

Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Analyse von Schäden in vier Tunnelbauprojekten systematische Schwachstellen zu identifizieren, um zukünftige Tunnelbauprojekte zu optimieren und Schäden zu minimieren.

2 HAUPTTEIL

Der vorliegenden Masterarbeit liegt eine umfassende Literaturrecherche zugrunde, die sich mit dem aktuellen Stand der Technik sowie den relevanten Normen im Tunnelbau befasst. Im Fokus der Untersuchung stehen insbesondere die Aspekte des maschinellen Tunnelbaus, das Tübbingdesign, die Ringspaltverfüllung sowie typische Schadensarten, die im Zusammenhang mit Tunnelbauprojekten auftreten können.

Des Weiteren wurden Projektunterlagen von vier verschiedenen Tunnelbaustellen zur Verfügung gestellt, um eine fundierte und detaillierte Analyse der aufgetretenen Tübbingschäden zu ermöglichen. Zusätzlich erfolgten mehrere Baustellenbesuche am Brenner Basistunnel, Baulos H41 „Sillschlucht – Pfons“, einschließlich der Besichtigung der dort eingesetzten

Einfachschild-Tunnelbohrmaschinen (TBM-S), die auch in den analysierten Projekten verwendet wurden.

2.1 Aufbau und Belastung von Tübbingen bei maschinelltem Vortrieb

Beim maschinellen Tunnelbau mit Einfachschildmaschinen (TBM-S) werden die Tunnelröhren mit Betonfertigteilen, den so genannten Tübbingsegmenten, ausgekleidet. Die Tübbinge bilden geschlossene Ringe, die die Lasten aus Gebirge, Wasser und maschinelltem Vortrieb aufnehmen. Zwischen Gebirge und Tübbing entsteht ein Ringspalt, der mit Ringspaltverfüllmaterial, in Österreich meist mit Perlkies, in anderen Ländern mit Mörtel, verfüllt wird, um eine gleichmäßige Lagerung zu gewährleisten.

Während der Bauphase sind die Tübbingringe besonderen Beanspruchungen ausgesetzt, z. B. durch Vortriebskräfte, Erd- und Wasserdruck sowie durch Fehlstellungen beim Einbau. Dabei kommt es häufig zu Ovalisierungen und Konvergenzen der Tübbingringe.

2.2 Schadensanalyse und Dokumentation in vier Tunnelprojekten

Die Qualität der verfügbaren Schadensdokumentation variierte stark zwischen den vier Baustellen und hatte wesentlichen Einfluss auf die Auswertbarkeit. Baustelle A arbeitete mit handschriftlichen Protokollen, in denen Schäden grafisch eingetragen wurden. Die Angaben waren jedoch unvollständig und teilweise unklar, was eine statistische Auswertung stark einschränkte. Baustelle B bot eine strukturierte, digitale Dokumentation mit exakter Lokalisierung und regelmäßiger Erfassung durch Bauunternehmen und ÖBA. Dadurch war eine umfassende Analyse möglich. Baustelle C nutzte ein sogenanntes Tunnelband zur grafischen Darstellung der Schäden. Es fehlten jedoch segmentgenaue Angaben und klare Zeitzuordnungen, was die Auswertung erschwerte. Baustelle D stellte digitale Daten zur Verfügung, die nur Risse dokumentierten. Die Segmentzuordnung war möglich, jedoch blieb unklar, ob andere Schadensarten nicht auftraten oder nicht erfasst wurden.

Die ausgewerteten Schäden wurden in Risse, Abplatzungen und Werksfehler unterteilt. Insgesamt wurden bei allen vier Projekten signifikante Schadensmengen festgestellt, wie in Abbildung 2-1 dargestellt, wobei Risse die häufigste Schadensform darstellen.

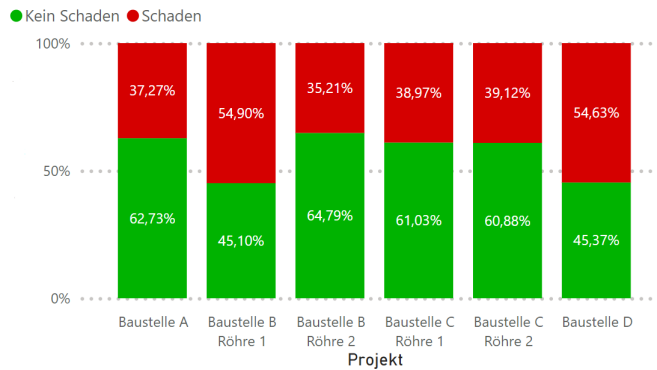


Abbildung 2-1: Zusammenfassung der gesunden und der beschädigten Ringe

Die Ergebnisse der durchgeführten Schadensanalyse wurden im vorangegangenen Abschnitt bereits in komprimierter Form dargestellt. Die nachfolgende Zusammenfassung fasst die wesentlichen Erkenntnisse nochmals überblicksartig zusammen. Eine ausführliche und differenzierte Darstellung der Untersuchungsergebnisse sowie der projektbezogenen Besonderheiten ist in der vollständigen Analyse dieser Masterarbeit enthalten.

3 FAZIT

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass Tübbingschäden bei allen untersuchten Tunnelbauprojekten in erheblichem Umfang auftreten, wobei Risse und Abplatzungen die häufigsten Schadensbilder darstellen. Die Ursachen für diese Schäden sind vielfältig und reichen von den geologischen Randbedingungen über die Vortriebsparameter bis hin zur Qualität der Tübbingproduktion. Ein zentrales Ergebnis ist, dass die Qualität und Quantität der Schadensdokumentation einen entscheidenden Einfluss auf die Auswertbarkeit und Vergleichbarkeit der Projekte haben. Trotz vergleichbarer Bauweise, insbesondere dem Einsatz einer TBM-S bei allen Projekten und der Verwendung von Perlkies als Ringspaltverfüllung, war ein direkter Vergleich der Projekte nicht möglich. Unterschiedliche Tübbingdesigns, Einbaumethoden und Dokumentationsstandards erschweren eine eindeutige Zuordnung von Schadensursachen.

Im Rahmen dieser Arbeit lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Perlkiesverfüllung und den beobachteten Schäden weder eindeutig bestätigen noch vollständig ausschließen. Diese Unsicherheit spiegelt sich auch in den Ergebnissen wider, die generell auf eine potenzielle Problematik des eingesetzten Systems im Hinblick auf Tübbingschäden hinweisen. Die vorhandene Datenbasis reicht jedoch nicht aus, um andere mögliche Einflussfaktoren, die an so einer Schadensstelle zusammenwirken, mit hinreichender Sicherheit ausschließen zu können.

4 AUSBLICK

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass zur vertieften Untersuchung der Ursachen von Tübbingschäden weitere systematische Analysen notwendig sind. Zukünftige Forschung sollte insbesondere die Wirkung alternativer Ringspaltverfüllmaterialien untersuchen – etwa durch den Vergleich mit Projekten, die statt Perlkies eine Mörtel- oder Zwei-Komponenten-Verfüllung nutzen. Auch der Einsatz von Doppelschildmaschinen könnte untersucht werden, da sich hierdurch möglicherweise gleichmäßigere Pressenkräfte und geringere Schadensraten ergeben.

Darüber hinaus sollte die Wirkung von Bewehrungszusätzen wie Stahl- oder Basaltfasern auf das Abplatzverhalten von Tübbingsegmenten in Eck- und Randbereichen experimentell überprüft werden. Eine präzise zeitliche Erfassung des Schadenseintritts wäre ebenfalls ein wichtiger Schritt, um potenzielle Schadensursachen besser eingrenzen zu können.

Langfristig bietet die Weiterentwicklung digitaler Methoden wie Tunnel Information Modeling (TIM) großes Potenzial. Die zentrale Verknüpfung von Planungs-, Bau- und Schadensdaten in einem cloudbasierten System würde nicht nur die Dokumentation standardisieren, sondern auch die Bewertung und Sanierung deutlich effizienter gestalten. Ein solches integratives Modell könnte zur Grundlage eines modernen, lebenszyklusorientierten Tunnelbaus werden.

5 QUELLEN

- [1] ÖBB-Infrastruktur AG. *Zielnetz 2040 – Das Bahnnetz der Zukunft* [Internet]. [zitiert 1. Oktober 2024]. Verfügbar unter: <https://infrastruktur.oebb.at/de/unternehmen/fuer-oesterreich/zukunft-bahn-zielnetz>
- [2] H. Stadelmann, M. Keller. *Ereignisbewältigung beim Schildvortrieb im Hartgestein*. In: Felsabu 21. 2003. (Nr. 5).