

Schadensbilder von Tübbingelementen und Forschungsansätze zur Qualitätsoptimierung

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Matthias Flora

Dipl.-Ing. Felix Ehmke

Dipl.-Ing. Hannah Salzgeber

Arbeitsbereich iBT der Universität Innsbruck

Agenda

1. Einleitung
2. Schäden aus aktueller Statistik realer Bauwerke
3. Probleme: Design, Herstellung, Einbau
4. Ausblick und Forschung am AB Tunnelbau

Tunnelbau in Innsbruck

TIM-Stiftungsprofessur

„Tunnel Information Modelling (TIM)“

Fokus: Entwicklung und Integration digitaler Technologien wie BIM und digitale Zwillinge im Tunnelbau.

Ergebnis: Neuer Fokus auf die digitale Transformation in der Tunnelbauforschung.



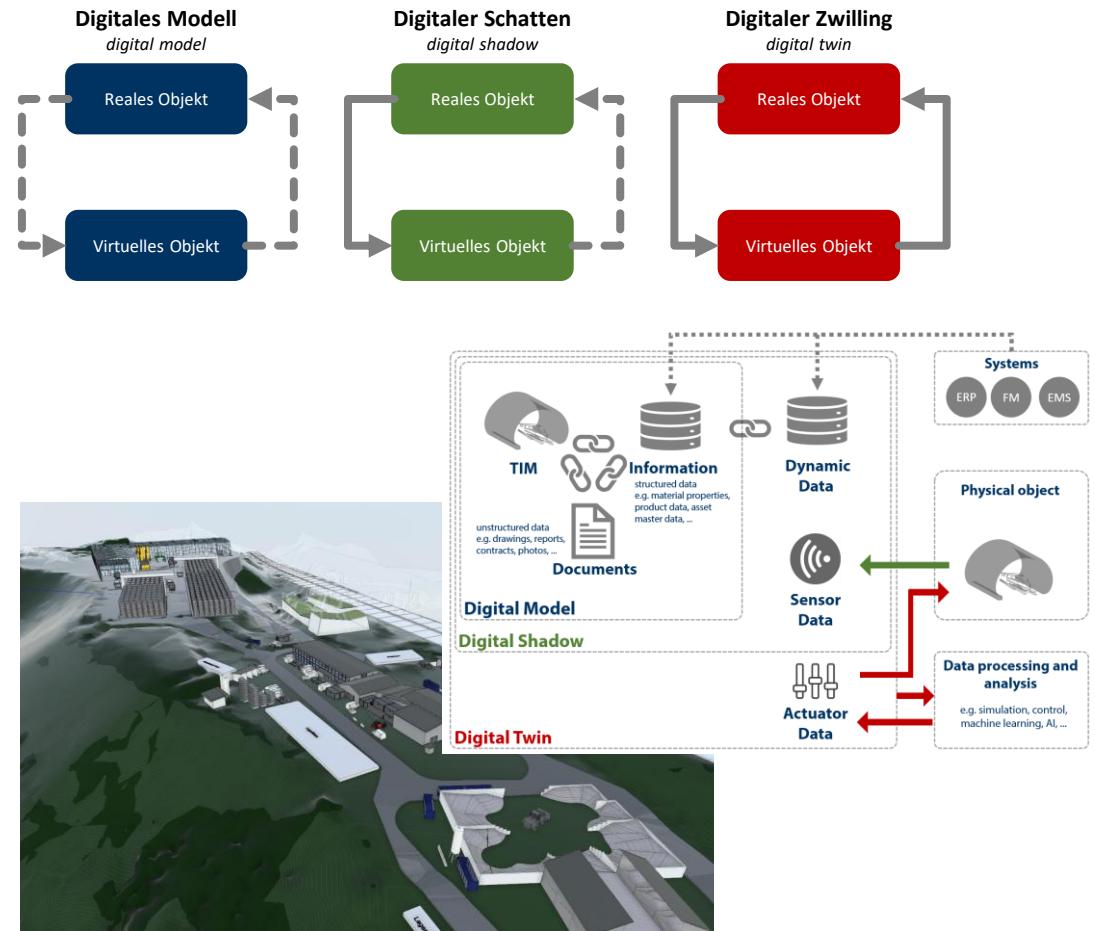
2020

Tunnelbau in Innsbruck

TIM-Stiftungsprofessur

Ergebnisse

- Grundlagenforschung BIM im Tunnelbau
- Begriffsdefinitionen
- Entwicklung eines Demonstrator-Modells
- Verknüpfung von Sensor Daten in das Modell (Digitaler Schatten TIM-Labor)
- Konzept des digitalen Zwilling
- Praxisbezogene Forschungsthemen



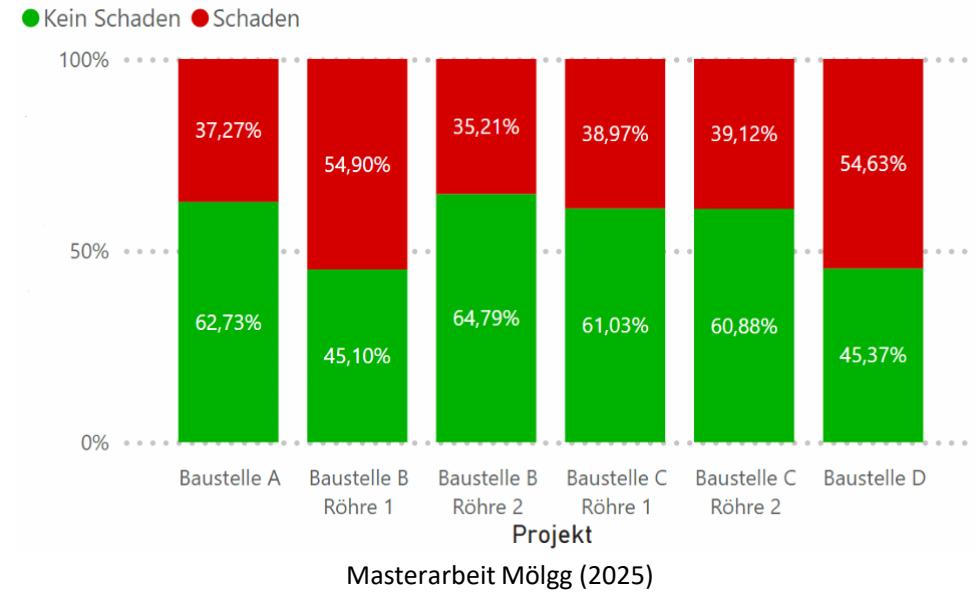
Maschineller Tunnelbau in Innsbruck

- Betrachtung als Gesamtsystem Maschine – Tübbingringe – Ringspaltverfüllung
- Produktivität im (maschinellen Tunnel-)Bau
- Sanierung von Bestandstunnel
- Erarbeitung einer innovativen, nachhaltigen, vorgefertigten, kosteneffizienten Tunnelinnenschale

Statistik aktueller Bauwerke

Auswertung der Schäden bei vier anonymen Baustellen

- Einfachschild-TBM mit ähnlichem Durchmesser
- Perlkieshinterfüllung
- Tübbingdesign: Ein- und zweischalige Bauweise



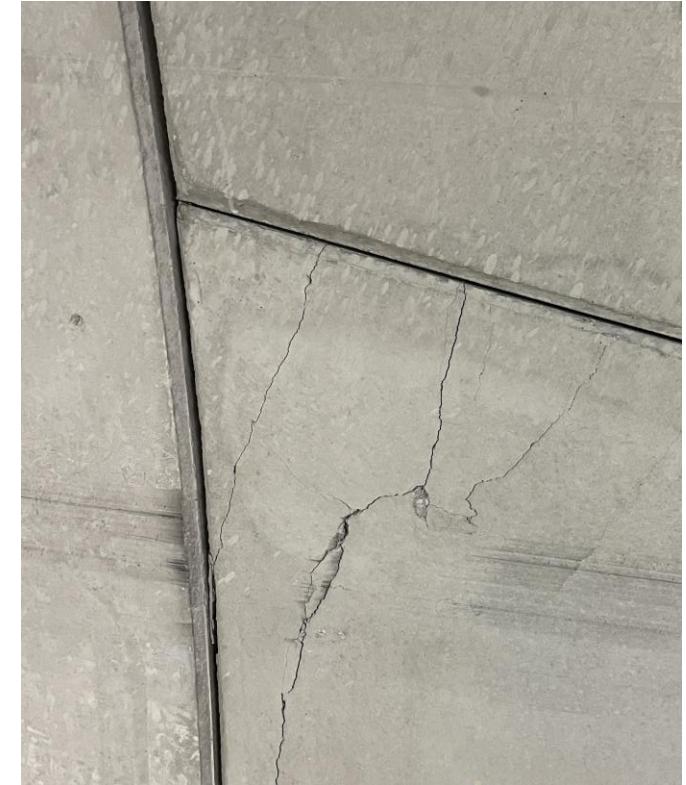
Es gibt nicht DEN Grund, sondern Zusammenspiel vieler Ursachen führt zu Schäden

Schadensarten

- Risse
- Abplatzungen
- Versatz
- Werksfehler



Babendererde, Hahn (2012)



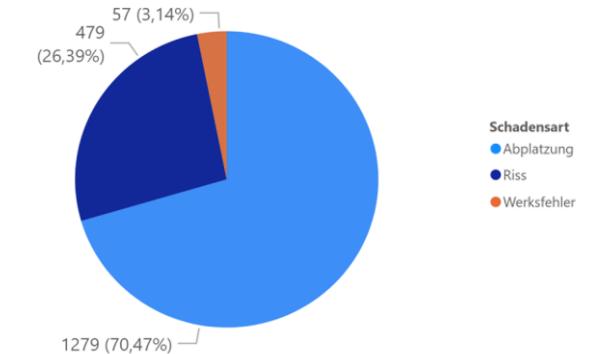
eigenes Foto

Schadensarten Verteilung

- Voraussetzung:
ausführliche Dokumentation aller Schäden (Werksfehler, Abplatzung, Risse)
- Nicht auf allen Baustellen gegeben
- Repräsentativ: Baustelle B

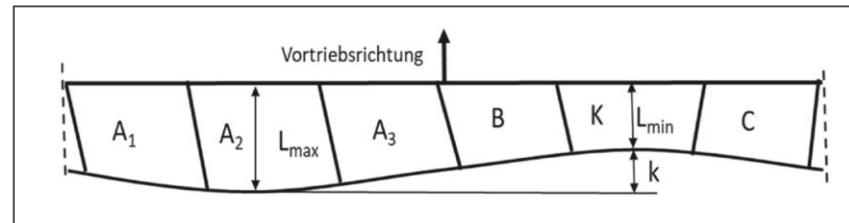
Röhre 1

Ringe ohne Schäden	865
Ringe mit Schäden	1053
Summe	1918
Summe der Schäden	1815
$\bar{\sigma} = \sum \text{Schäden} / \sum \text{Ringe mit Schäden}$	1,72

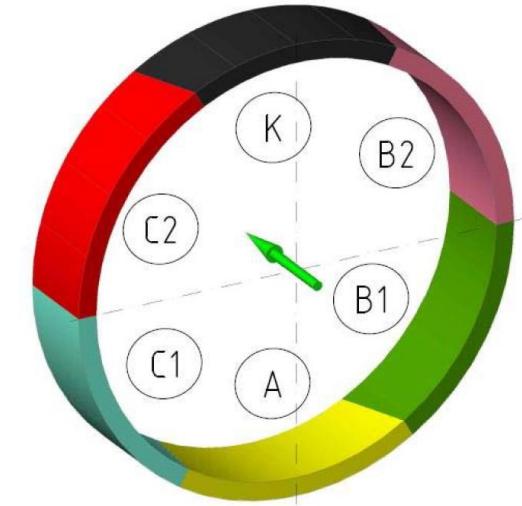


Ursachen: Design

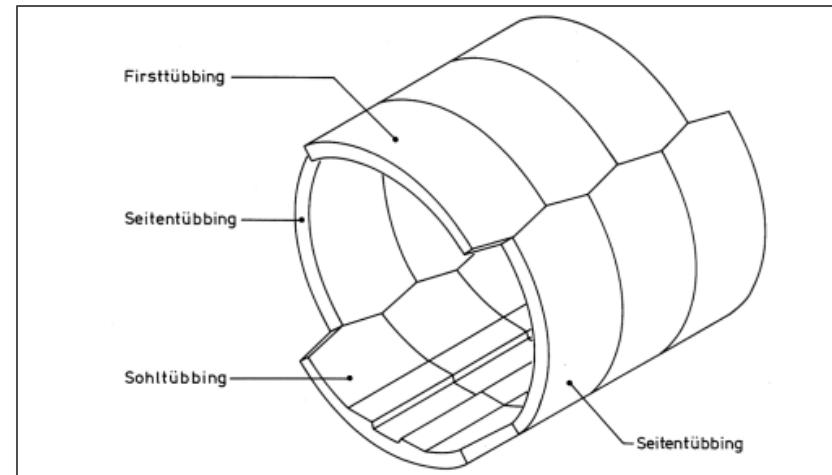
- Ringtyp & -teilung (Parallel- oder Universalring, 6+0, 6+1 etc.)
- Ein- und mehrschalige Bauweise
- Kontaktfläche
- Betondeckung
- Verblasstutzen



DAUB (2024)



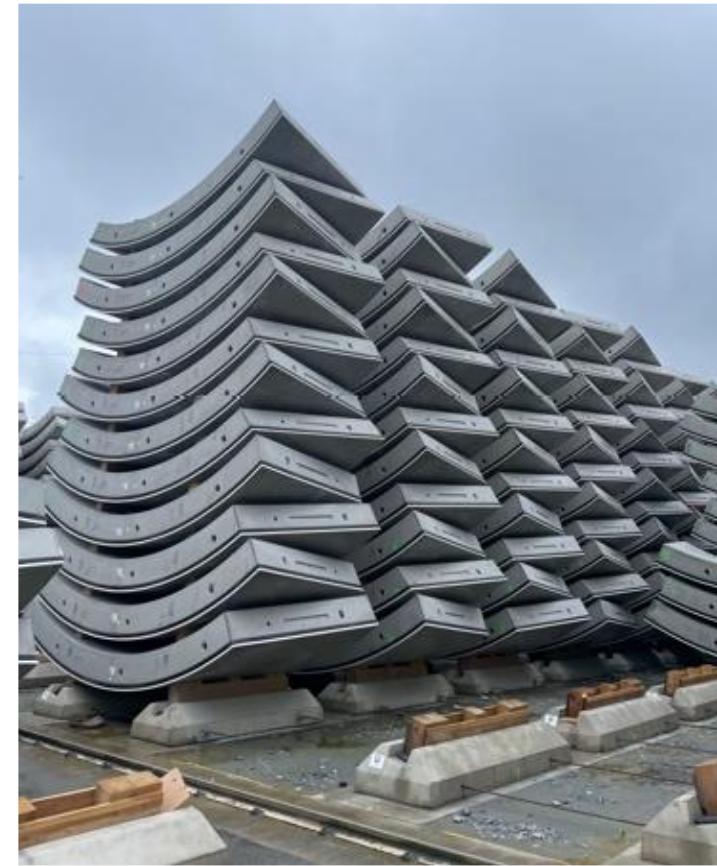
Ausschreibungsunterlagen BBT – Teil C (2018)



Midl, Herrenknecht (2011)

Ursachen: Herstellung

- Betondeckung:
Konizität vs. rechteckige Bewehrung
- Maßungenauigkeiten beim Einbau und Abstandhalter
- Betonqualität
- Aushärtezeit
- Lagerung



MA Willibald (2025)

Ursachen: Transport

- Transportieren
- Zwischenlagern
- Umlagern

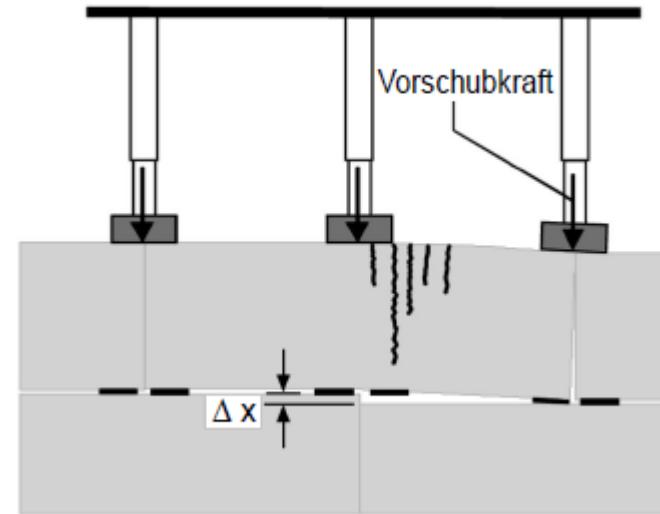


Ursachen: Einbau

- Fehler beim Ringbau
- Tübbingabdichtung und Schmierung



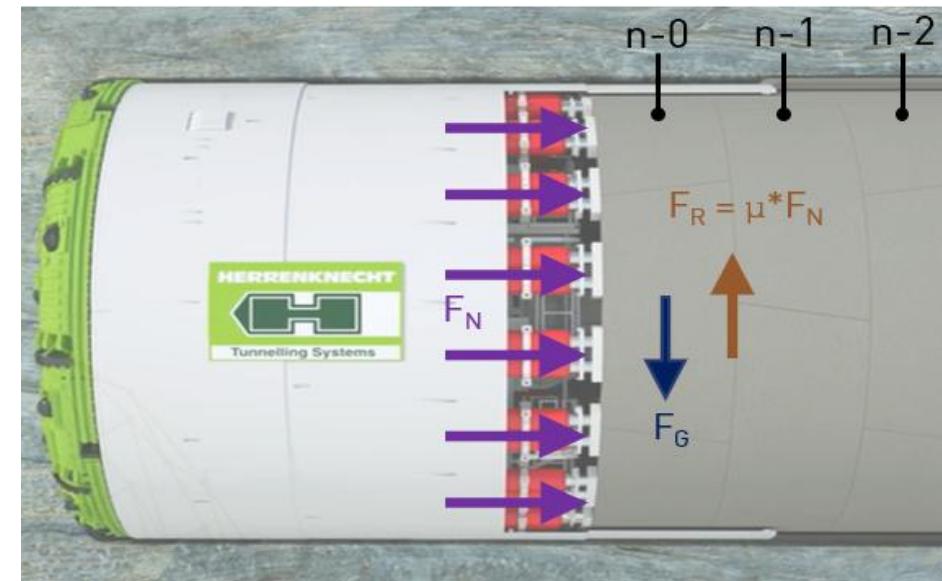
Babendererde, Hahn (2012)



DAUB (2024)

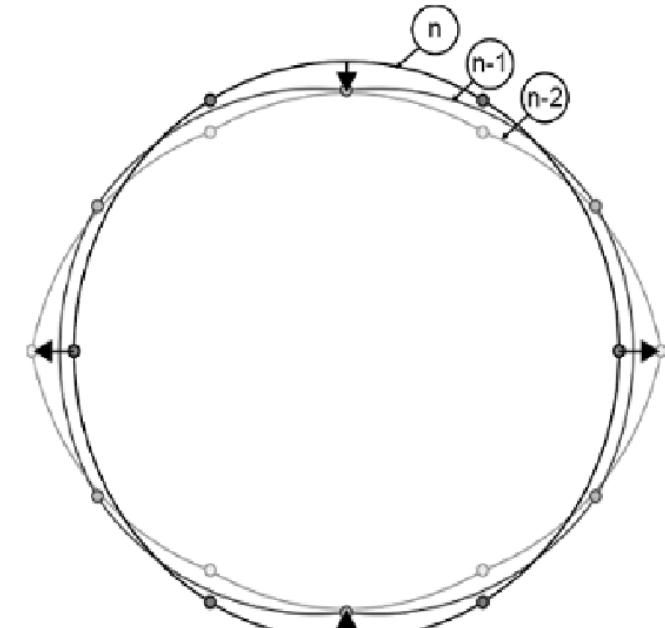
Ursachen: Systemimmanente Probleme

- Verschiedene TBM Typen und ihre Funktionsweise
Einfachschild – Steuerung durch Kraftaufbringung am Tübbing
Doppelschild – Steuerung durch Krafteinleitung im Gripper
- Längsverspannung
- Ungleichmäßige Kraftverteilung durch die Pressen
(Steuerung, Neigung, ...)



Ursachen: Bettung

- Ovalisierung durch nicht rechtzeitige Ringspaltverfüllung
- Unzureichende Hinterfüllung durch Qualität des Materials (Korngruppe, Rundung, Wassergehalt)



Gehwolf (2022)

Tunnelbau in Innsbruck

TIM-Stiftungsprofessur

2020

Tunnelbau in Innsbruck

TIM-Stiftungsprofessur

2020

2026

Ausblick der Forschung

„Maschineller Tunnelbau im Hartgestein 4.0“

Fokus: Fortschritte im maschinellen Tunnelbau durch Innovation, Digitalisierung und Nachhaltigkeit.

Ergebnis: Zusammenarbeit mit Industriepartnern zur Bewältigung moderner Herausforderungen im Tunnelbau.

Ausblick der Forschung - Allgemein

Weiterführung der Themen der Stiftungsprofessur

- Digitalisierungs- und Automatisierungsansätze
- Digital Twins
- Rahmen für digitale Technologien

Ziele

- Durchgängige digitale Kette
- Grundlagenforschung spezifischer Themen
- Integrale Planung der Prozesse

Ausblick der Forschung - Tübbing

Ziele in der Grundlagenforschung

- Analyse und mögliche Änderungen im Design
- Betrachtung der integralen Planung
Von der Herstellung bis zum finalen Bauwerk
- Einbau -> automatisierter Ringbau
- Konzept und Art der Bettung