

BetonKalender 2025

Inhaltsverzeichnis

Konventioneller Tunnelbau bei geringer Überlagerung – Stand der Technik unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten

Robert Galler, Elisabeth Hauzinger und Alexandros Evangelatos

1 Einleitung

Für die Errichtung komplexer unterirdischer Strukturen wie beispielsweise Stationsbauwerke für U-Bahnen, mehrspurige U-Bahn-Linien, unterirdische Kreuzungsbauwerke und kurze Straßen- und Eisenbahntunnel hat sich der bergmännische konventionelle Tunnelvortrieb gegenüber anderen Baumethoden, sowohl gegenüber dem maschinellen Tunnelvortrieb als auch der offenen Bauweise und der Deckelbauweise, als bevorzugte Baumethode etabliert, weil damit Auswirkungen auf den Verkehr, die betroffenen Anrainerunternehmen und die Öffentlichkeit sowie die Versorgungsleitungen vermieden werden können. Kommen zu diesen Bedingungen komplexe und anspruchsvolle Baugrundverhältnisse hinzu, erfordert dies ein Design, das flexibel, effektiv und sicher umgesetzt werden kann. Gleichzeitig müssen Auswirkungen auf bestehende Gebäude minimiert werden. Zu diesen an sich bereits großen tunnelbautechnischen Herausforderungen gesellen sich aufgrund der globalen Erwärmung sowie Ressourcenverknappung heute Ziele der Ökologie, Ökonomie und der sozialen Nachhaltigkeit, die es auch im konventionellen Tunnelbau zu erreichen gilt. Hierbei stellen neben der Verwendung von elektrisch betriebenen Maschinen im Lade- und Schutter Prozess sowie die Substitution der Stahlbewehrung durch Faserwerkstoffe in der Spritzbetonaußenschale vor allem die Verwertung von Tunnel- ausbruchmaterial Schwerpunkte dar. Mithilfe dieser Maßnahmen gelingt es einerseits, den Carbon Foot- Print als eine typische Größe in LCA-Betrachtungen, aber auch andere Parameter, die zu negativen Umweltauswirkungen des Bauwesens führen, deutlich zu reduzieren.

2 Zukünftiger Bedarf an unterirdischer Infrastruktur

3 Konventioneller Tunnelbau bei seichter Überlagerung – Technische Aspekte

- 3.1 Erforderliche Erkundungsmaßnahmen
- 3.2 Instrumentierung und Überwachung
- 3.3 Bodenverbesserungsmaßnahmen
 - 3.3.1 Entwässerungsmaßnahmen
 - 3.3.2 Injektionsmaßnahmen
 - 3.3.3 Gefrierverfahren
 - 3.3.4 Vorauseilende Sicherungsmaßnahmen
- 3.4 Mögliche Wechselwirkungen mit bestehenden Gebäuden
- 3.5 Risikomanagement
- 3.6 Empfehlungen hinsichtlich vertraglicher Anforderungen
 - 3.6.1 Risikoteilung
 - 3.6.2 Vertragsmodelle
 - 3.6.2.1 Design-Bid-Build (DBB)
 - 3.6.2.2 Design-Build (DB)

4 Nachhaltigkeitsaspekte im konventionellen Tunnelbau

- 4.1 Verwertung von Tunnelausbruch
 - 4.1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen
 - 4.1.2 Schadstoffeintrag während des Vortriebs – Auswirkungen und Lösungsansätze
 - 4.1.2.1 Verunreinigung von Ausbruchmaterial
 - 4.1.2.2 Lungengängiger Quarzstaub in der Tunnelluft

Fortsetzung siehe Seite 2

BetonKalender 2025

Konventioneller Tunnelbau bei geringer Überlagerung – Stand der Technik unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten

Robert Galler, Elisabeth Hauzinger und Alexandros Evangelatos

- 4.1.3 Echtzeit-Analyse des Aushubmaterials
- 4.1.4 Möglichkeiten der Verwendung von Ausbruchmaterial
 - 4.1.4.1 Recycling-Baustoffe
- 4.4.4.2 Rohstoffe für Industriemineralien
 - 4.4.4.3 Substitution von sekundären Baurohstoffen
- 4.2 Einsatz von Faserbeton
 - 4.2.1 Vorteile von Faserbeton
 - 4.2.2 Faserarten
 - 4.2.3 Nachhaltigkeitsaspekte von Faserbeton
 - 4.2.4 Dauerhaftigkeit von Faserbeton
 - 4.2.5 Einschalige Tunnelauskleidung

5 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Errichtung komplexer unterirdischer Strukturen wie beispielsweise Stationsbauwerke für U-Bahnen, mit dem Anstieg der Weltbevölkerung und der anhaltenden Landflucht ist zu erwarten, dass die Anzahl der Megastädte zukünftig zunehmen und damit einhergehend der Bedarf an unterirdischen Infrastrukturen und Verkehrseinrichtungen mit geringer Überdeckung steigen wird. Für die Errichtung komplexer unterirdischer Strukturen mit geringer Überlagerung hat sich der bergmännische konventionelle Tunnelvortrieb gegenüber allen anderen Baumethoden etabliert. Zur sicheren und ökonomischen Umsetzung der konventionellen Tunnelbaumethode bei geringer Überlagerungshöhe ist es insbesondere im städtischen Bereich für die Planungsarbeiten erforderlich, umfangreiche Erkundungsmaßnahmen durchzuführen.

Um die Vortriebsarbeiten mit den in der Planung ermittelten Verformungen überwachen zu können und, sofern notwendig, im Vortrieb kurzfristig reagieren zu können, ist es erforderlich, entsprechende geotechnische Instrumentierungen durchzuführen. Auf Basis der Analyse dieser Messergebnisse können Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich werden. Diesbezüglich kommen vor allem Entwässerungsmaßnahmen, Injektionsmaßnahmen, Gefrierverfahren und vorauseilende Maßnahmen zum Einsatz. Im leicht liegenden konventionellen Tunnelbau müssen zwingend auch die Wechselwirkungen mit bestehenden Gebäuden im Vorfeld untersucht, während der Vortriebsarbeiten überwacht und notfalls entsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Dazu müssen bereits in einer frühen Phase Überlegungen zum Risikomanagement durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Überlegungen führen zu vertraglichen Anforderungen.

Es wird empfohlen, die konventionellen Vortriebsarbeiten mit einem Einheitspreisvertrag abzuwickeln. Bei Einhaltung dieser Rahmenbedingungen hat sich diese Baumethode bei Projekten mit geringer Überlagerung, insbesondere im städtischen Bereich als sicher und wirtschaftlich etabliert. Da in Zeiten globaler Erwärmung sowie Ressourcen-Verknappung ein Hauptaugenmerk auf der ökologischen, ökonomischen als auch sozialen Nachhaltigkeit liegt, hat im konventionellen Vortrieb die Verwendung von Tunnelausbruchmaterial sowie der Einsatz von Faserbeton anstelle stahlbewehrten Betons große Relevanz. Einerseits können durch den Wegfall des Transports des Ausbruchmaterials von der Baustelle zur Deponie sowie von externen Baurohstoffen zur Baustelle CO₂-Einsparungen verbucht werden. Damit schont die Verwendung von Ausbruchmaterial auch heimische Ressourcen und verlängert die Lebensdauer von Lagerstätten, während Deponieflächen gemeinsam mit ihren negativen Auswirkungen auf die Umwelt, wie Flächendegradation sowie schlechtere Lebensqualität für Anwohner, eingespart werden können.

Fortsetzung siehe Seite 3

BetonKalender 2025

Konventioneller Tunnelbau bei geringer Überlagerung – Stand der Technik unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten

Robert Galler, Elisabeth Hauzinger und Alexandros Evangelatos

Andererseits konnte nachgewiesen werden, dass sich bei der Verwendung von Ausbruchmaterial trotz einem Mehraufwand in Form von Materialcharakterisierung und eventuell mehreren Aufbereitungsschritten die Kosten für die Materialbewirtschaftung auf der Baustelle um bis zu 85 % senken lassen. Dies wird vor allem durch wegfallende Deponiegebühren, ausbleibenden Ankauf von externem Material, entfallenden Transportkosten sowie einem eventuellen Verkauf von überschüssigem aufbereitetem Material, welches auf der Baustelle keinen Einsatz findet, erzielt.

Um potenzielle Abnehmer für das nicht verwendete Material zu finden und auch zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit muss im regionalen Umfeld der Tunnelbaustelle eine Marktanalyse durchgeführt werden, um den lokalen Markt nicht mit einem Überangebot zu destabilisieren. Durch den Einsatz von entsprechend eingehausten Förderbändern bzw. elektrisch betriebenen Geräten zur Ausbringung des Ausbruchmaterials aus dem Tunnel wird die Aufwirbelung von Staub bzw. der Ausstoß von Dieselmotoremissionen verringert, was zur Erhöhung der Arbeitssicherheit und somit zur sozialen Nachhaltigkeit beiträgt. Verwendung von Tunnelausbruch fällt in das Konzept der Europäischen Kreislaufwirtschaft und stellt einen Bereich Forschungspotenzial dar, der sich von Sensortechnologie bezüglich Real-Time oder Online-Analysen bis hin zu alternativen Baurohstoffen sowie neuen Fördertechnologien erstreckt. Zudem ergeben sich durch den Einsatz von Faserbeton gegenüber stabstahlbewehrtem Beton nicht nur Vorteile hinsichtlich der verbesserten mechanischen Eigenschaften, sondern maßgebende Einsparungsmöglichkeiten von Treibhausgasemissionen.

Zu guter Letzt wird angeregt, zumindest bei untergeordneten Hohlrumbauteilen, wie Querschlägen, Nischen, Zugangs- bzw. Rettungstunnel, Servicetunnel oder Kavernen, zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele, eine Ausführung einschaliger Ausbauten unter Anwendung von Faserspritzbeton in Betracht zu ziehen

6 Literatur

(Änderungen vorbehalten)