

Auffahren großer Tunnelquerschnitte unter dem Kriegsberg

Dr.-Ing. Claus Erichsen

Zusammenfassung

Unter dem Kriegsberg werden Tunnel mit sehr großen Querschnitten aufgeföhren. Die Vortriebe werden messtechnisch überwacht. Die Ergebnisse der statischen Berechnungen, der vortriebsbegleitenden Kartierungen und der geotechnischen Messungen bilden die Grundlage für die Festlegung der Vortriebsklassen und der Sicherungsmittel. Beim Vortrieb der Tunnelröhren sind vergleichsweise große Verschiebungen eingetreten, die dem Vortrieb nachlaufend zum Teil erst spät zur Ruhe gekommen sind. Die Aufteilung der großen Tunnelquerschnitte in Teilausbrüche und der rasche Sohlschluss in jedem Bauzustand tragen maßgeblich zur Standsicherheit und zur Begrenzung der Verschiebungen bei.

1. Aufgabenstellung

Die Anbindungen des neuen Durchgangsbahnhofs in Richtung Bad Cannstatt und in Richtung Feuerbach erfolgen von der Jägerstraße aus in bergmännischen Tunnelröhren. Von einer westlich der Jägerstraße gelegenen Baugrube (Bild 1) werden zwei Tunnelröhren aufgeföhren.



Bild 1. Anfahrbaugrube

Auf einer Länge von ca. 210 m verlaufen in beiden Röhren außen jeweils ein Gleis für die Anbindung Bad Cannstatt und innen jeweils ein Gleis für die Anbindung Feuerbach (Bild 2). Im Anschluss verlaufen die Gleise in eingleisigen Tunnelröhren.

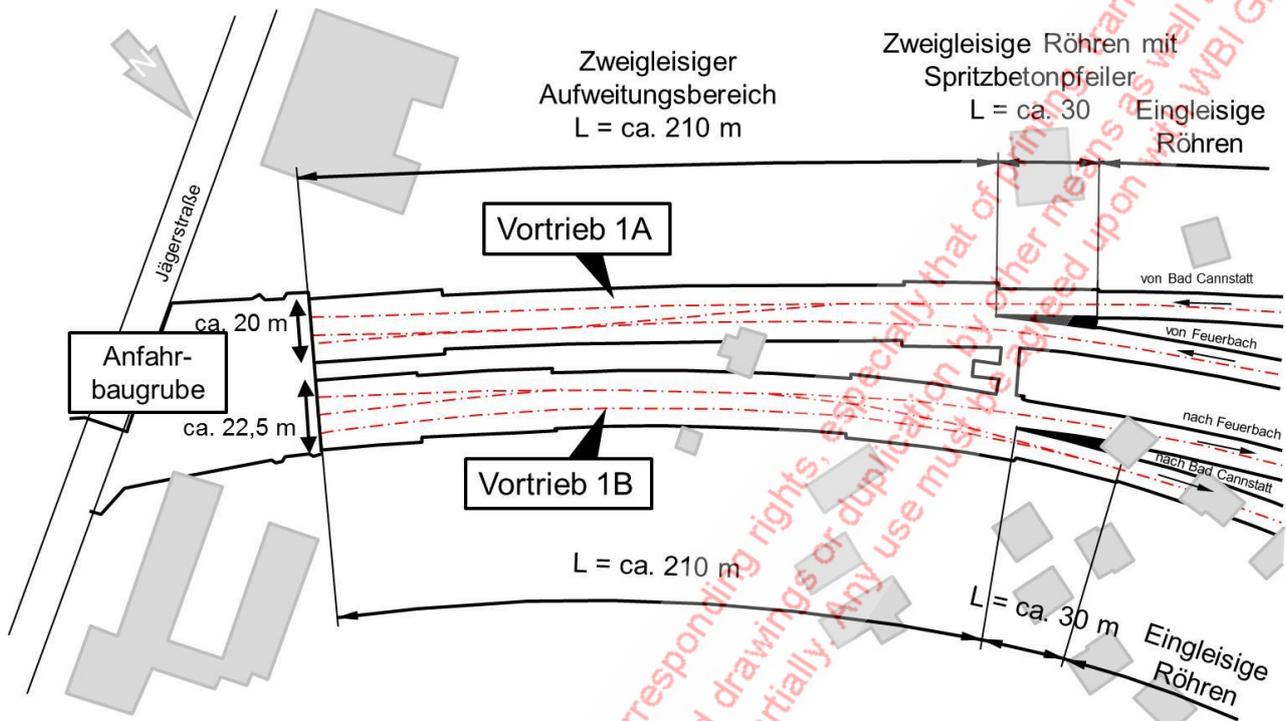


Bild 2. Lageplan Kriegsberg

Zur Einführung der 4 Gleise aus den eingleisigen Tunnelröhren aus Richtung Feuerbach und Bad Cannstatt in den neuen 8-gleisigen Durchgangsbahnhof enthält der 210 m lange Abschnitt Ausfädelungen und Überleitverbindungen, sodass hier vergleichsweise große Tunnelquerschnitte mit Breiten bis ca. 22,5 m und Höhen bis ca. 16 m erforderlich werden (Bilder 2 und 3).

Der Abstand der Tunnelfirsten von der Geländeoberfläche beträgt an der Stirnwand der Baugrube Jägerstraße ca. 9 m und nimmt mit zunehmender Entfernung von der Baugrube auf max. ca. 60 m zu (Bilder 3 und 4).

Die Tunnelröhren liegen im ausgelaugten Gipskeuper. Dabei handelt es sich um ein Residualgestein, das durch Lösung und Abtransport ("Auslaugung") der Sulfate des gesteinsfesten Ausgangsgesteins, des sogenannten unausgelaugten Gipskeupers, in geologischen Zeiträumen entstanden ist. Entsprechend der unterschiedlichen Verteilung der Sulfate und der unterschiedlichen Sulfatgehalte der einzelnen Schichten im Ausgangszustand ergibt sich für den ausgelaugten Gipskeuper eine Wechsellagerung von reinen Auslaugungsschluffen, sehr mürben und mürben Schluffsteinen sowie gesteinsartigen Schluffsteinlagen. Eine entsprechende Einteilung des ausgelaugten Gipskeupers in die 4 Klassen I - IV hat sich bei der Erkundung und beim Bau zahlreicher Tunnelbauwerke im Stadtgebiet von Stuttgart bewährt (Bild 5). Zur Zuordnung zu den Klassen werden neben der Ansprache des Untergrundes die natürlichen Wassergehalte verwendet (Witke, 2015; WBI, 2010; WBI, 2011).

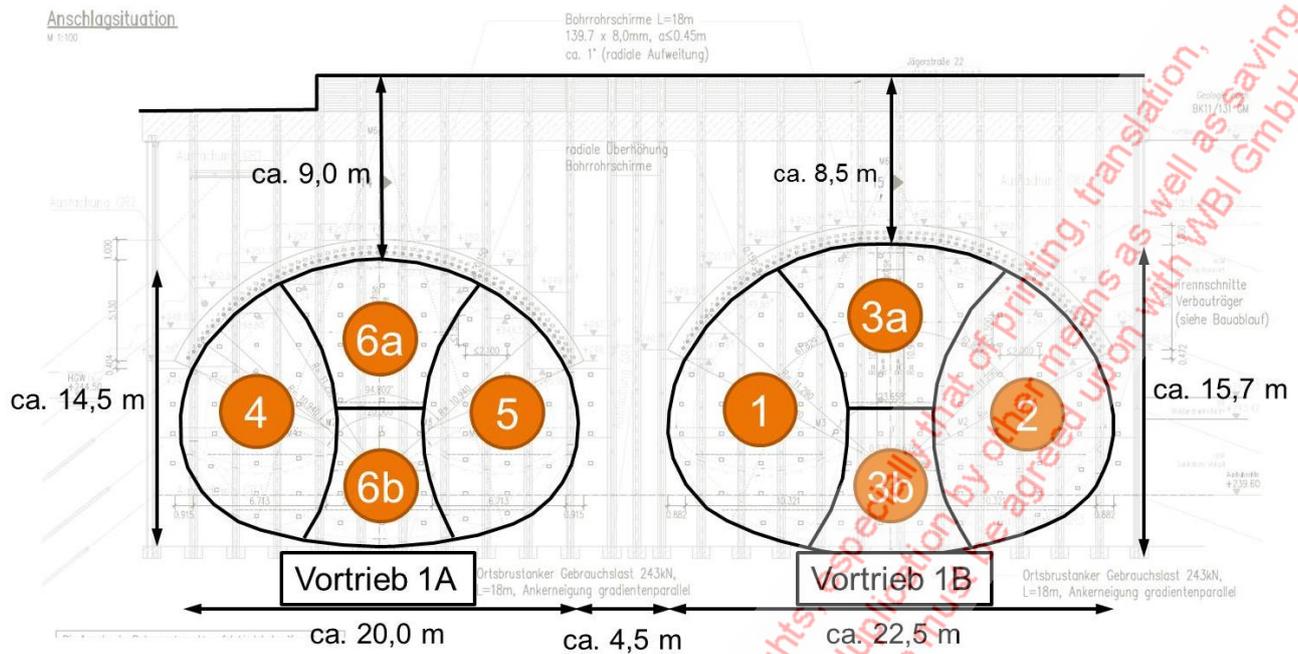


Bild 3. Tunnelquerschnitte Anschlagwand und Vortriebsabfolge

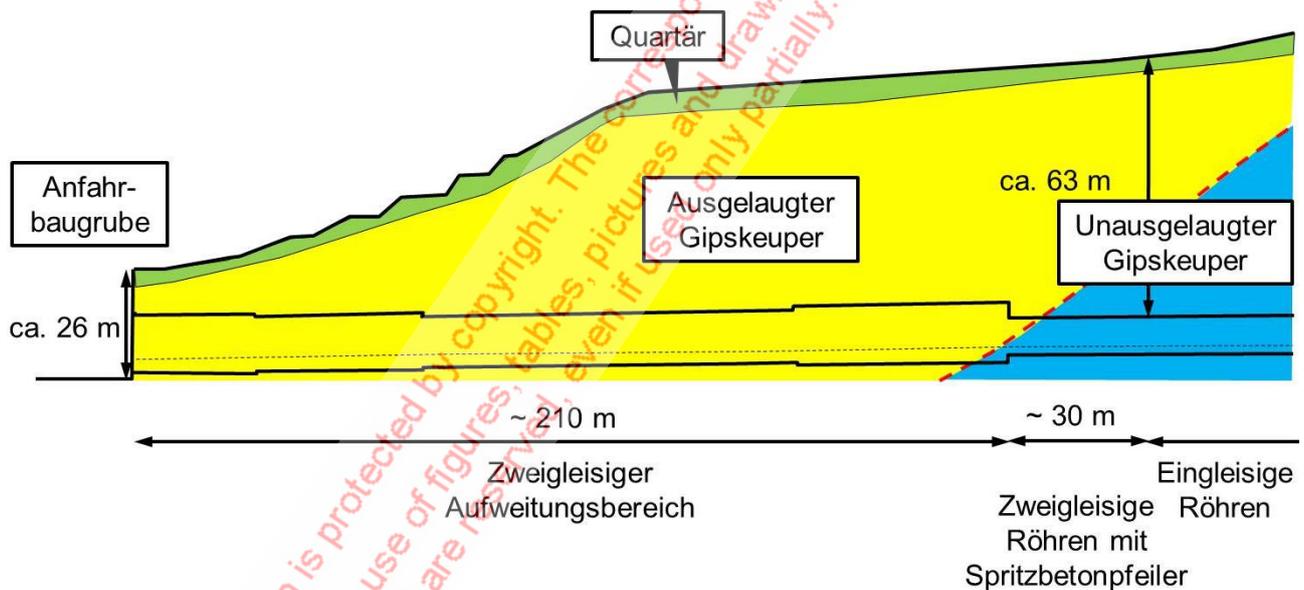


Bild 4. Untergrund

Beim Vortrieb der großen Tunnelquerschnitte wird der Baugrund an der Ortsbrust kartiert. Außerdem werden Proben entnommen und die natürlichen Wassergehalte bestimmt. In dem o. g. 210 m langen Tunnelabschnitt ist der ausgelaugte Gipskeuper vorwiegend aus mürben bis sehr mürben Schluffsteinen aufgebaut (Klassen II und III, Bild 5). Vereinzelt kommen vollständig entfestigte Bereiche vor (Klasse VI).

| Schluffstein | | | Auslaugungs- schluff |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| gesteinsartig | mäßig fest bis mürbe | mürbe bis sehr mürbe | |
| Klasse I | II | III | IV |

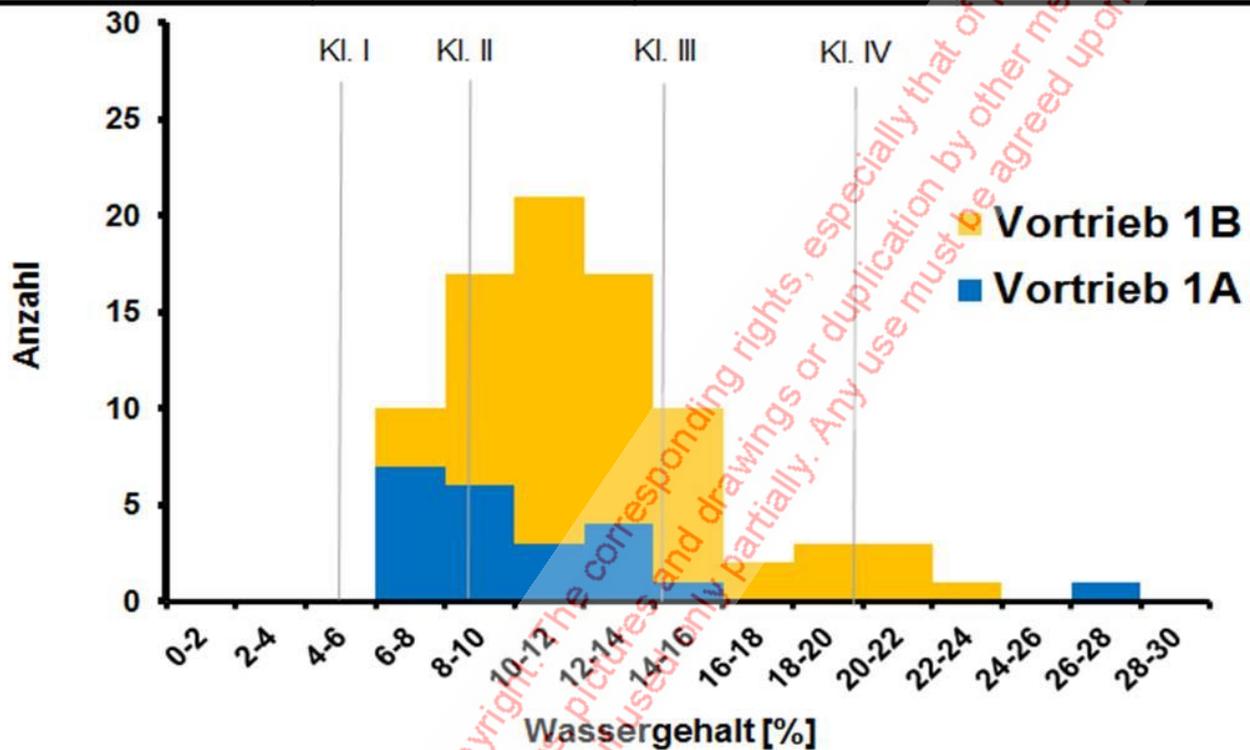


Bild 5. Ausgelaugter Gipskeuper, Wassergehalte

2. Ausbruch und Sicherung

Die Tunnelabschnitte mit den großen Querschnitten werden konventionell nach der Spritzbetonbauweise mit Ulmenstollenvortrieben aufgeföhren (Bilder 3, 6 und 7).

Die Vortriebe der Ulmenstollen erfolgen im Vollausbuch mit zweifach abgetreppter Ortsbrust. Die Abschlagtiefen betragen 50 cm bis 1 m. Der Sohlschluss wurde spätestens 2,5 m hinter der Ortsbrust der Ulmenkalotte ausgeföhrt. Die Spritzbetonsicherung ist 45 cm dick. Vorauseilend werden über Kopf Spieße und zur Sicherung der Ortsbrust Ortsbrustanker eingebaut. Nach außen wird eine Systemankerung ausgeföhrt (Bild 6).

Der Kern wird in 2 Schritten aufgeföhren. Im Wechsel wurden 10 m Kernkalotte vortrieben und nachlaufend 10 m Strosse und Sohle abgebaut. Der Sohlschluss wird spätestens 10 m hinter der Ortsbrust ausgeföhrt. Dieser Ablauf ist aufwendig und zeitintensiv, aus Gründen der Standsicherheit und zur Begrenzung der vortriebsbedingten Senkungen an der Geländeoberfläche aber notwendig. Vorauseilend werden über Kopf in Abhängig-

keit von den angetroffenen Baugrundverhältnissen und den Ergebnissen der vortriebsbegleitend durchgeführten geotechnischen Messungen Bohrrohrschirme oder Spießschirme ausgeführt (Bild 7).

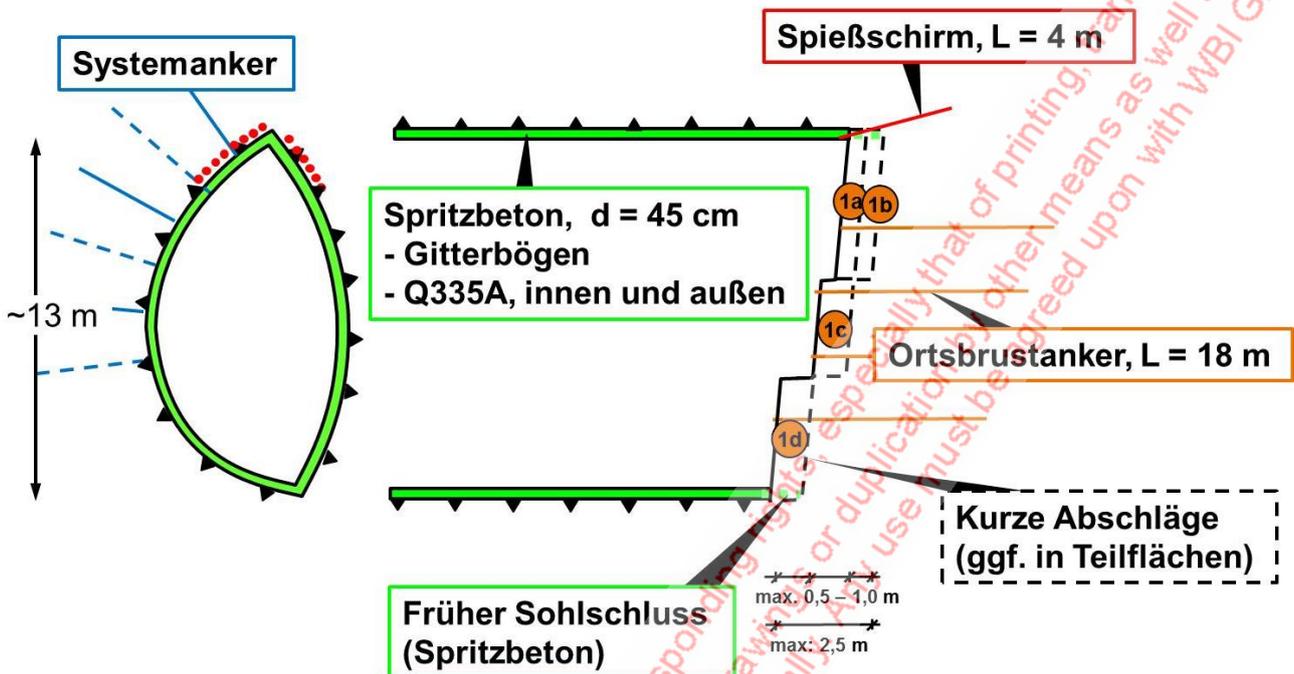


Bild 6. Ulmenstollenvortrieb, Ausbruch und Sicherung

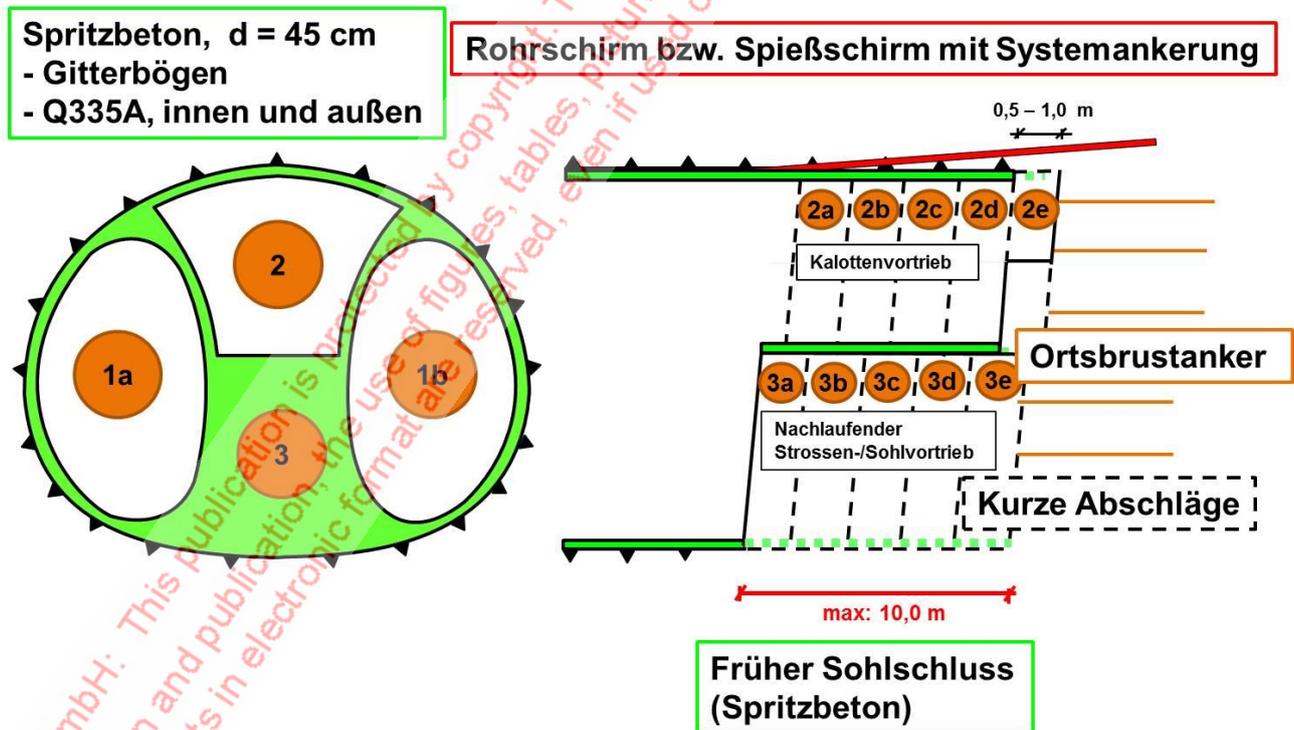


Bild 7. Kernvortrieb, Ausbruch und Sicherung

3. Vortriebsbedingte Verschiebungen

Die Bilder 8 und 9 zeigen beispielhaft die Verschiebungen, die in einem Ulmenstollen in einem Abstand von ca. 55 m von der Anschlagwand und nach dem Auffahren des Gesamtquerschnitts in ca. 20 m Abstand vor der Anschlagwand gemessen wurden. Im Ulmenstollen und an der Geländeoberfläche wurden vertikale Verschiebungen von ca. 33 bis 35 mm gemessen (Bild 8). Nach dem Auffahren des Gesamtquerschnitts wurden in der Kernkalotte Senkungen bis 56 mm und an der Geländeoberfläche bis 115 mm gemessen (Bild 9).

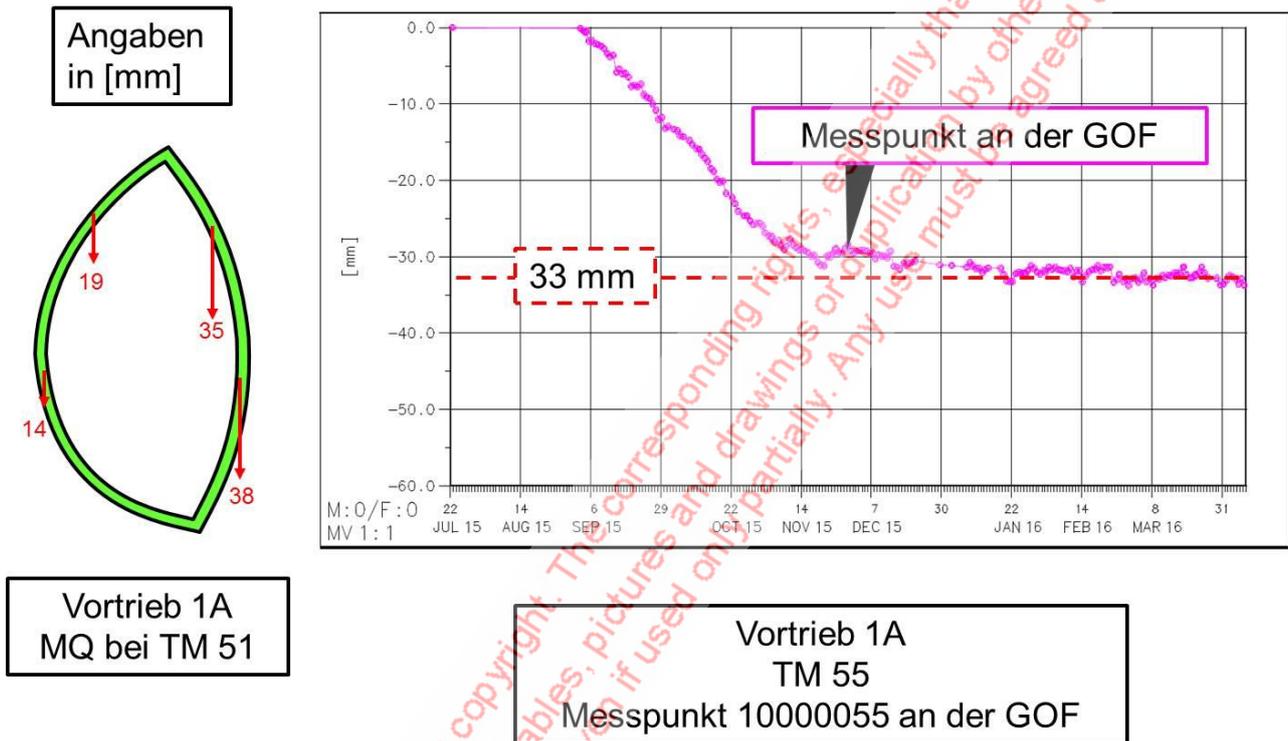


Bild 8. Ulmenstollenvortriebe, Senkungen im Tunnel und an der GOF

Bild 10 zeigt die Ergebnisse der Verschiebungsmessungen an der Geländeoberfläche entlang der Tunnelachse des Vortriebs 1B (Bild 2) zu einem Zeitpunkt, an dem die Ulmenstollen 168 und 181 m vorgetrieben waren und der Vortrieb des Kerns bei Tunnelmeter 94 stand. Die vortriebsbedingten Senkungen sind hinter der Portalwand im Bereich geringer Überdeckungen am größten und nehmen mit zunehmendem Abstand von der Portalwand ab. Horizontale Verschiebung an der Böschungsoberfläche sind zum Tal hin gerichtet. Sie betragen max. ca. 63 mm.

Zur Überwachung des Hanges wurden kombinierte Extensometer-/Inklinometermessstellen (BK 5.5/1T, Bild 10) eingebaut. In Bild 11 sind die Messergebnisse dargestellt. Danach reichen die Senkungen von der Geländeoberfläche bis in den Tunnelquerschnitt. Die horizontalen Verschiebungen klingen von der Geländeoberfläche bis zur Tunnelfirste ab.

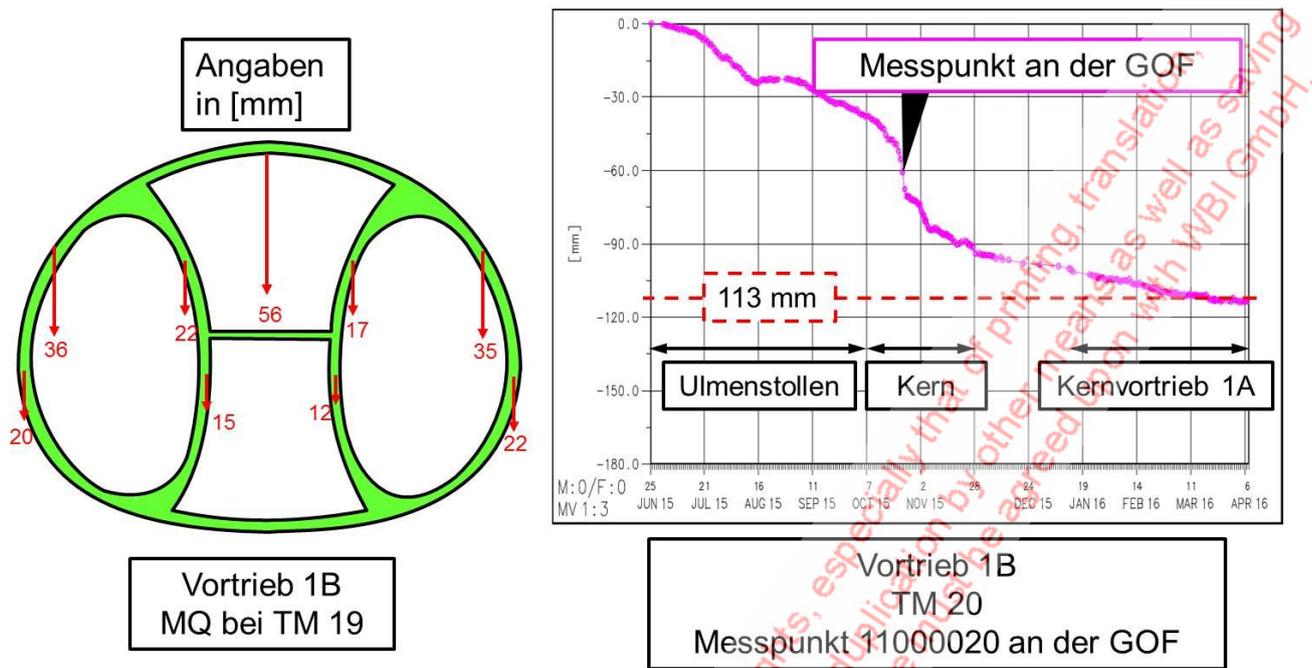


Bild 9. Kernvortrieb, Senkungen im Tunnel und an der GOF

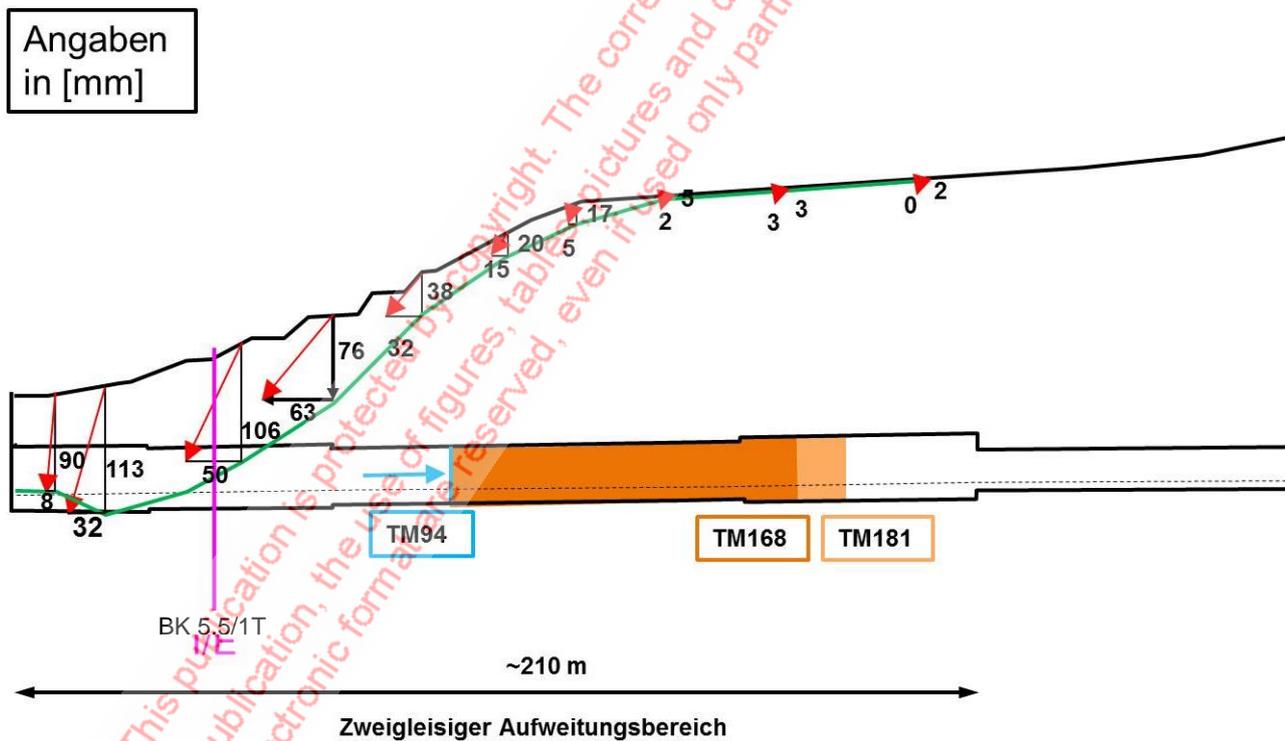


Bild 10. Vortrieb 1B, Vortriebsbedingte Verschiebungen

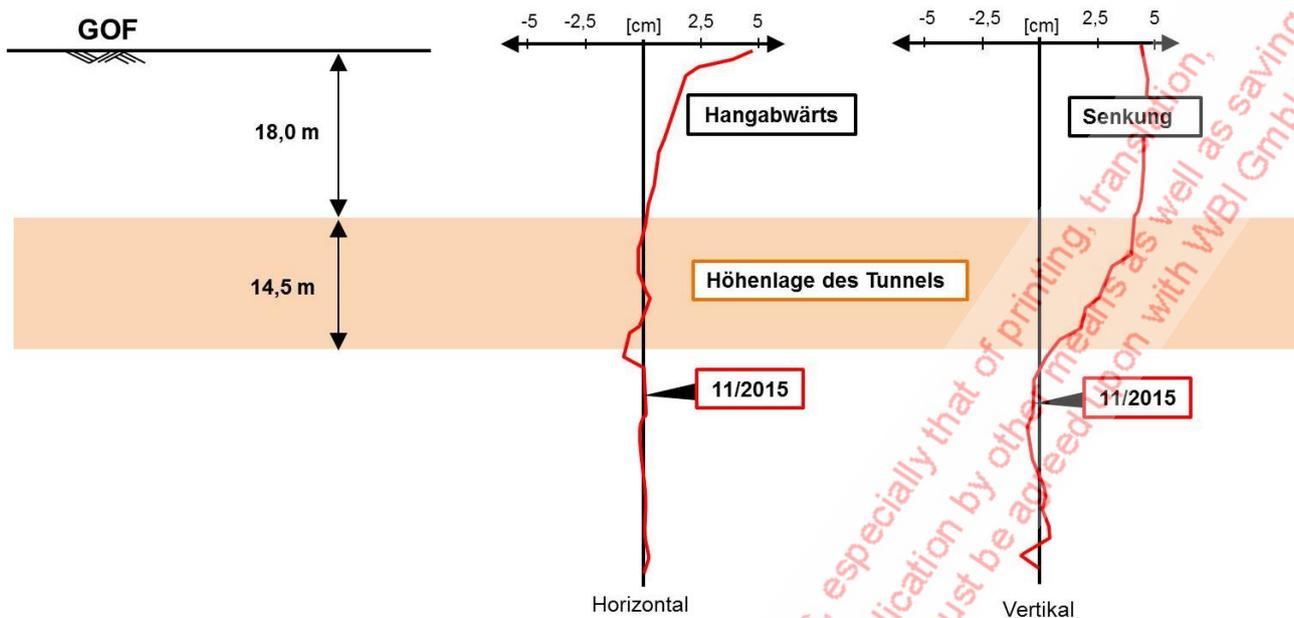


Bild 11. Trivec-Messstelle, BK 5.5/1T

Auch die Wände der Anfahrbaugrube werden messtechnisch überwacht. In Bild 12 sind die horizontalen Verschiebungen dargestellt, die an der Anschlagwand (Bild 13) zwischen den beiden Tunnelröhren gemessen wurden. Bereits vor dem Beginn der Tunnelvortriebe wurden Verschiebungen von ca. 18 mm gemessen. Diese dürften auf den Aushub der Baugrube zurückzuführen sein. Durch den Vortrieb der Tunnel hat die Verschiebung um ca. 4 cm auf ca. 58 mm zugenommen.

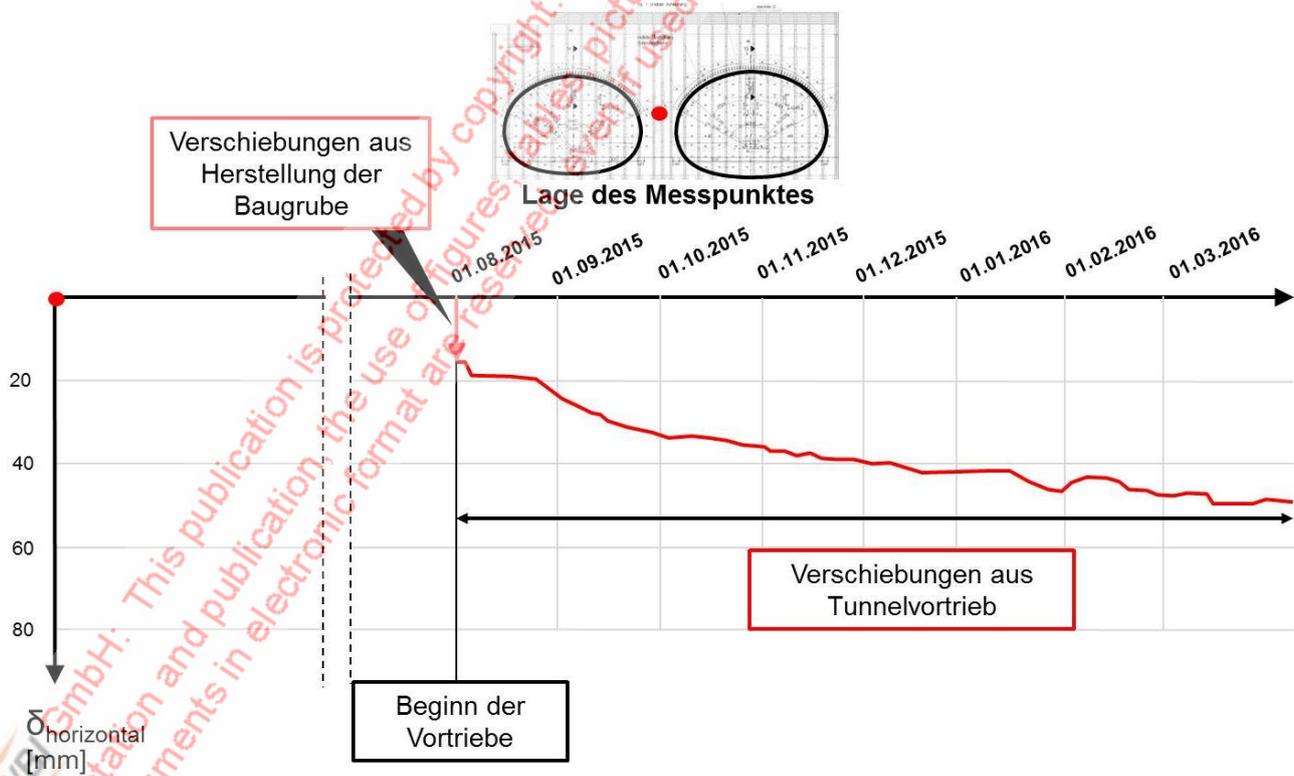


Bild 12. Anschlagwand, Verschiebungsdiagramm



Bild 13. Blick auf die Anschlagwand

Beim Vortrieb der Tunnelröhren treten vergleichsweise große Verschiebungen ein, die dem Vortrieb nachlaufend zum Teil erst spät zur Ruhe kommen. Die Aufteilung der großen Tunnelquerschnitte in Teilausbrüche und der rasche Sohlschluss in jedem Bauzustand tragen maßgeblich zur Standsicherheit und zur Begrenzung der Verschiebungen bei.

4. Literatur

Wittke, W: Baugrundverhältnisse des Bahnprojekts Stuttgart-Ulm, Vorträge anlässlich des Felsmechanik-Tages 2015 im WBI-Center, Weinheim, 16.04.2015, WBI-PRINT 18, 2015.

Wittke, W.: Rock Mechanics Based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM), Ernst & Sohn, 2014.

WBI: S21 Planfeststellungsabschnitt 1.5 Los 2, Tunnel nach Bad Cannstatt, Tunnelbautechnisches Gutachten für die bergmännischen Tunnel, Dezember 2011.

WBI: S21 Planfeststellungsabschnitt 1.5, Tunnel nach Bad Cannstatt, Baugrundgutachten für die bergmännischen Tunnel, Oktober 2010.