

Fragestellungen der Felsmechanik und des Tunnelbaus

**Vorträge anlässlich des
8. Felsmechanik- und
Tunnelbautages 2023
im WBI-Center**

22.06.2023

Weinheim

WBI

Herausgeber:
WBI PROFESSOR DR.-ING. W. WITTKÉ
Beratende Ingenieure für GRUNDBAU UND
FELSBAU GmbH, Weinheim

Flughafen Zentraler Zugang. Vergleich Messergebnisse und Prognosen. Beeindruckende Entwicklung der Felsmechanik

Dr.-Ing. Patricia Wittke-Gattermann

Dipl.-Ing. Robert Berghorn

Dr.-Ing. Heiko Neher

Zusammenfassung

Der Flughafentunnel bindet den Flughafen und die Messe Stuttgart an die ICE-Neubau-
strecke und den neuen Bahnknoten Stuttgart an. Kernstück des Projekts ist der unterirdi-
sche Fernbahnhof, der aus zwei etwa 435 m langen bergmännisch aufgefahrenen Stations-
röhren besteht. Die Erschließung der Bahnsteige erfolgt über die Zugangsschächte "Zent-
raler Zugang" und "Zugang Ost".

Die Stationsröhren liegen im untersten Abschnitt des Hettangium (Schwarzjura), in einer
überwiegend aus Tonschluffsteinen bestehenden Schicht. Erfahrungsgemäß ist in dieser
Schicht mit Horizontalspannungen aus einer geologischen Vorbelastung zu rechnen, die
zusätzlich zu den Horizontalspannungen aus behinderter Querdehnung wirken. Außerdem
ist die transversale Isotropie des elastischen Verhaltens der Tonsteine und die begrenzte
Schubfestigkeit parallel zu den Schichtfugen und zu den annähernd vertikalen Klüften in
den statischen Nachweisen zu berücksichtigen.

Beim Abteufen großer Baugruben in diesen Untergrundverhältnissen kann es zu unzulässi-
gen Horizontalverschiebungen und Zerrungen an der bestehenden Bebauung kommen. Aus
diesem Grund wurde für die zentrale Zugangsanlage ein aufwendiges Bauverfahren ge-
wählt, das hohe Anforderungen an die Nachweisführung und an die Bauausführung stellt.
Die Baumaßnahme wurde und wird von einem umfangreichen Messprogramm begleitet. Es
konnte gezeigt werden, dass die im Vorfeld durchgeführten dreidimensionalen FE-Berech-
nungen mit dem WBI eigenen Programmsystem FEST03 und den charakteristischen Kenn-
werten des Untergrunds zu einer sehr guten Prognose der Verschiebungen und der Bean-
spruchung führten. Die Rückrechnung der Messergebnisse und die damit verbundene Mög-
lichkeit, ungünstige Kennwertkombinationen auszuschließen, ermöglichten Optimierungen
im Bauablauf.

1. Einleitung

Der Flughafentunnel bindet den Flughafen und die Messe Stuttgart an die ICE-Neubau-
strecke und den neuen Bahnknoten Stuttgart an. Kernstück des Projekts ist der unterirdi-
sche Fernbahnhof, der aus zwei etwa 435 m langen bergmännisch aufgefahrenen Stations-
röhren besteht. Die Erschließung der Bahnsteige erfolgt über die Zugangsschächte "Zent-
raler Zugang" und "Zugang Ost". Die zentrale Zugangsanlage besteht aus einem kreiszy-
lindrischen Zugangsschacht und zwei angrenzenden unterirdischen Technikgebäuden. An
diese drei Schächte schließen seitlich die Stationsröhren an. Zwischen den Technikgebäu-
den und dem kreiszylindrischen Zugangsschacht werden Übergangsbereiche hergestellt,

die die nördliche und die südliche Stationsröhre auf Höhe der Station miteinander verbinden (Bilder 1 und 2).

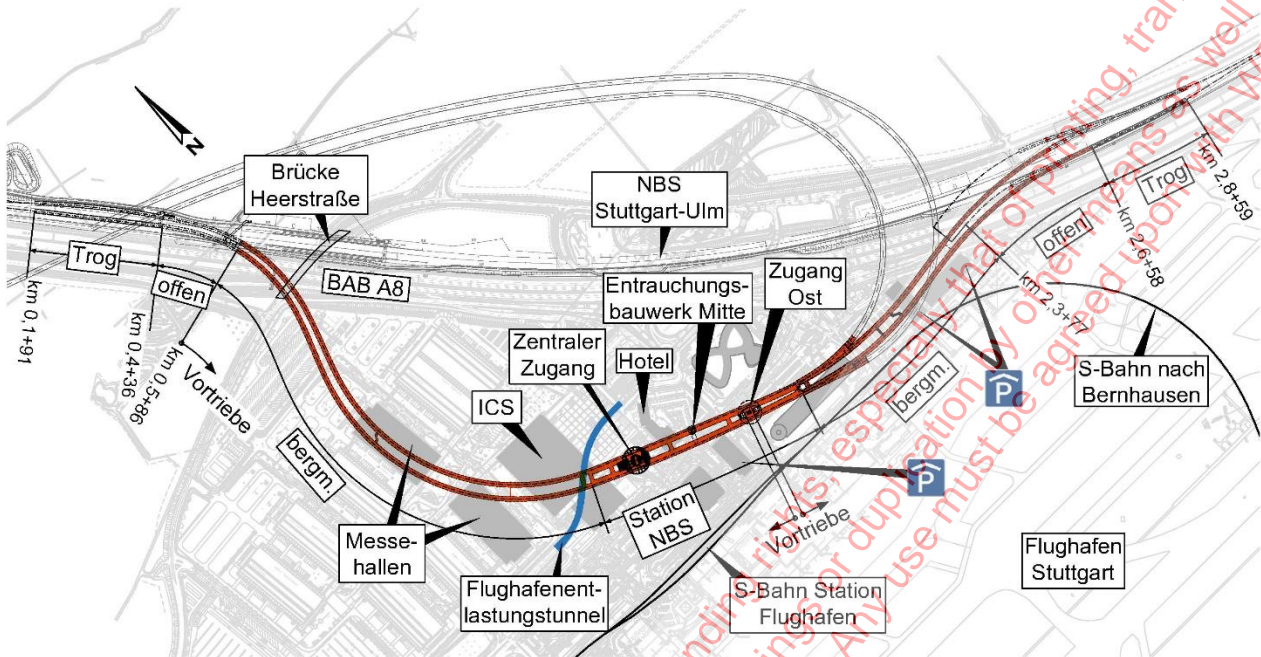


Bild 1: Flughafenanschluss, Lageplan

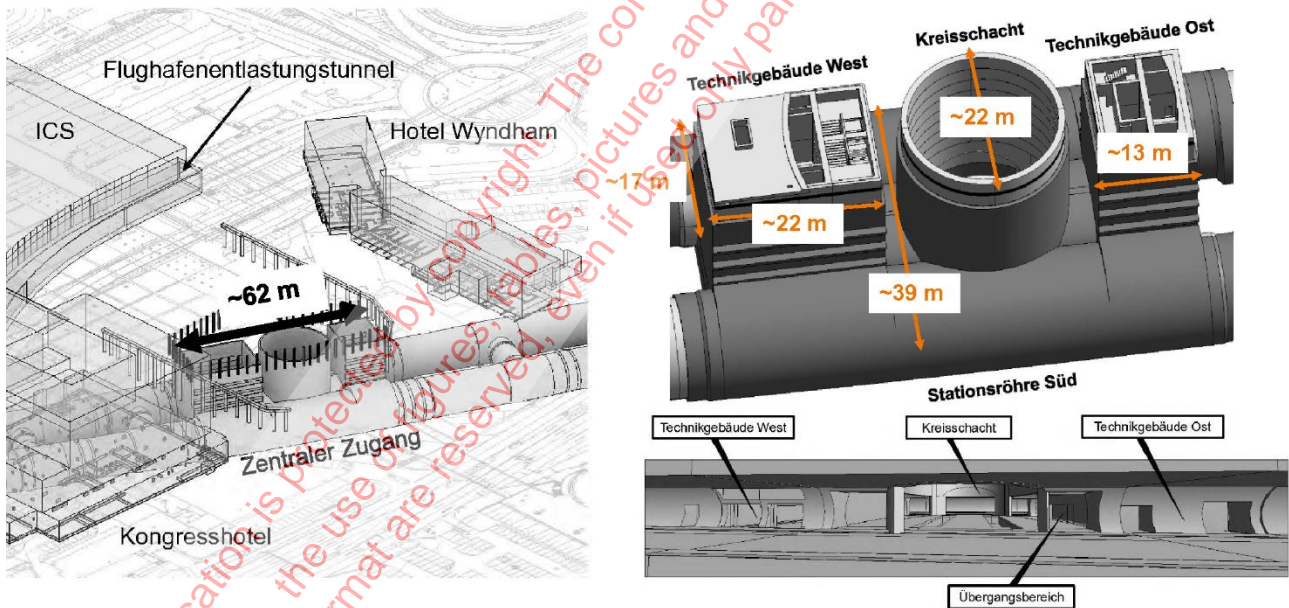


Bild 2: Zentraler Zugang, 3D-Planung

Die Station NBS befindet sich nördlich der bestehenden S-Bahn Station Flughafen. In der unmittelbaren Umgebung der zentralen Zugangsanlage befinden sich mehrere Gebäude und der Flughafenentlastungstunnel. Im Einzelnen befinden sich das Internationale Kongresszentrum (ICS) und die 3 Hotels Hotel Wyndham, Mövenpick Hotel Stuttgart Messe & Congress und das Mövenpick Hotel Stuttgart Airport im Einflussbereich der zentralen Zugangsanlage (Bilder 1 und 2).

2. Baugrund und Untergrundverhältnisse

Die etwa 435 m lange Station NBS liegt ca. 30 m unter der Geländeoberfläche in der überwiegend aus Tonschluffsteinen bestehenden Schicht des Hettangium 1 (Schwarzjura). Am westlichen Ende schneidet die Station mit der Sohle das Rät an. Unterhalb des Räts stehen die Reduktionszone des Knollenmergels und der unverwitterte Knollenmergel an (Bild 3). Oberhalb der überwiegend aus Tonschluffsteinen bestehenden Schicht des Hettangium 1 liegt eine Wechsellagerung aus Kalksandsteinen und Tonschluffsteinen, die dem Hettangium 2 zuzuordnen ist. Im Bereich der Station NBS steht in dieser Schicht das Grundwasser an (HW2). Das Grundwasser wird bauzeitlich abgesenkt. Über der Wechsellagerung liegen Deckschichten aus Verwitterungston, Filderlehm und Auffüllungen (Bild 3).

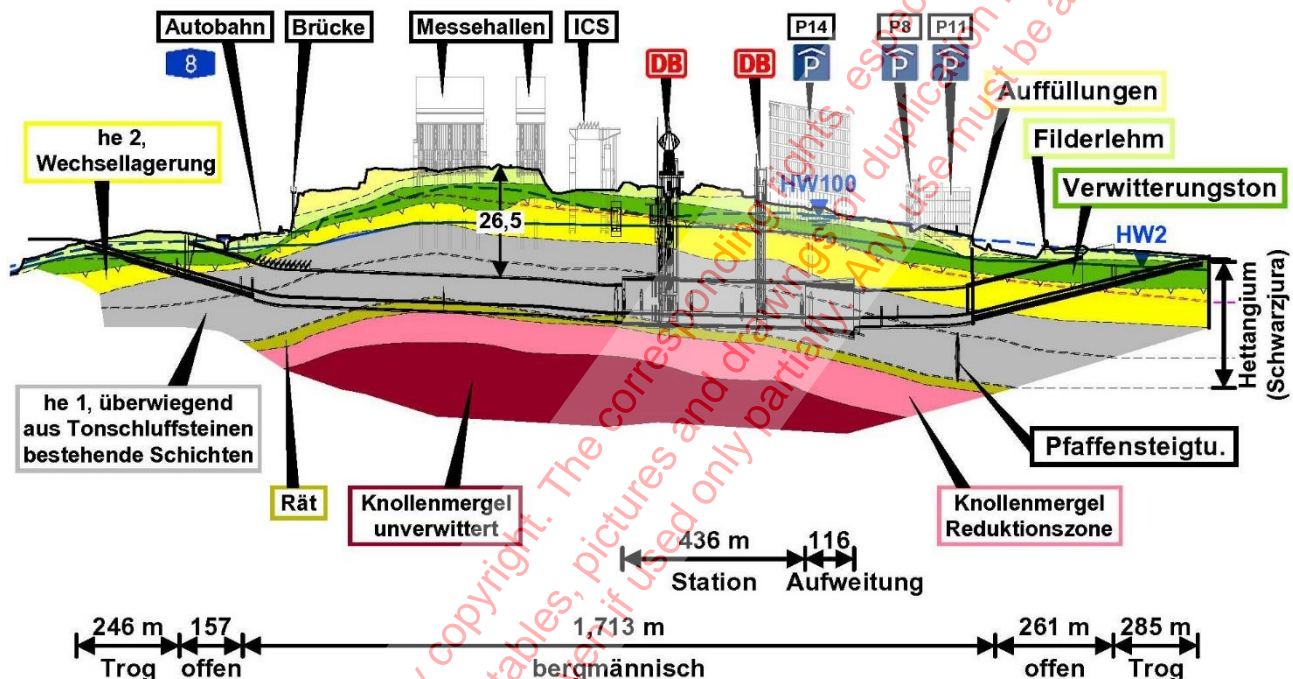


Bild 3: Längsschnitt, Nordröhre

Bild 4 zeigt ein Foto einer Ortsbrust in der Wechsellagerung, aufgenommen während des Vortriebs der Zulaufstrecke Ost. Die hellen und orangefarbenen Schichten sind Kalk-/Sandsteine, die dunkelgrauen Schichten sind Tonschluffsteine. Man erkennt die weit durchgehenden, näherungsweise horizontalen Schichtfugen, die in den dunkelgrauen Tonschluffsteinen einen wesentlich geringeren Abstand voneinander haben als in den Kalk-/Sandsteinen. Weiterhin sind insbesondere in den Kalksandsteinen näherungsweise vertikale Klüfte zu erkennen, die allerdings meist an den Schichtfugen absetzen. Die engständige Schichtung der Tonsteine lässt bereits ein transversal isotropes Verformungsverhalten vermuten.

Erste Erfahrungen mit den Tonschluffsteinen des Hettangium, konnten bereits im Jahr 1979 gesammelt werden. Damals wurde im Rahmen einer vorgezogenen Baumaßnahme für den Hasenbergstunnel ein Erkundungsschacht mit Stollen hergestellt (Witke 2014). Weitere Erfahrungen wurden bei der Herstellung der Baugruben für die S-Bahn Haltestelle Flughafen und der S-Bahn Messgrube Flughafen gesammelt (Bilder 1 und 5).



Bild 4: Ortsbrust in den Angulatenschichten (Hettangium 2), Wechsellagerung

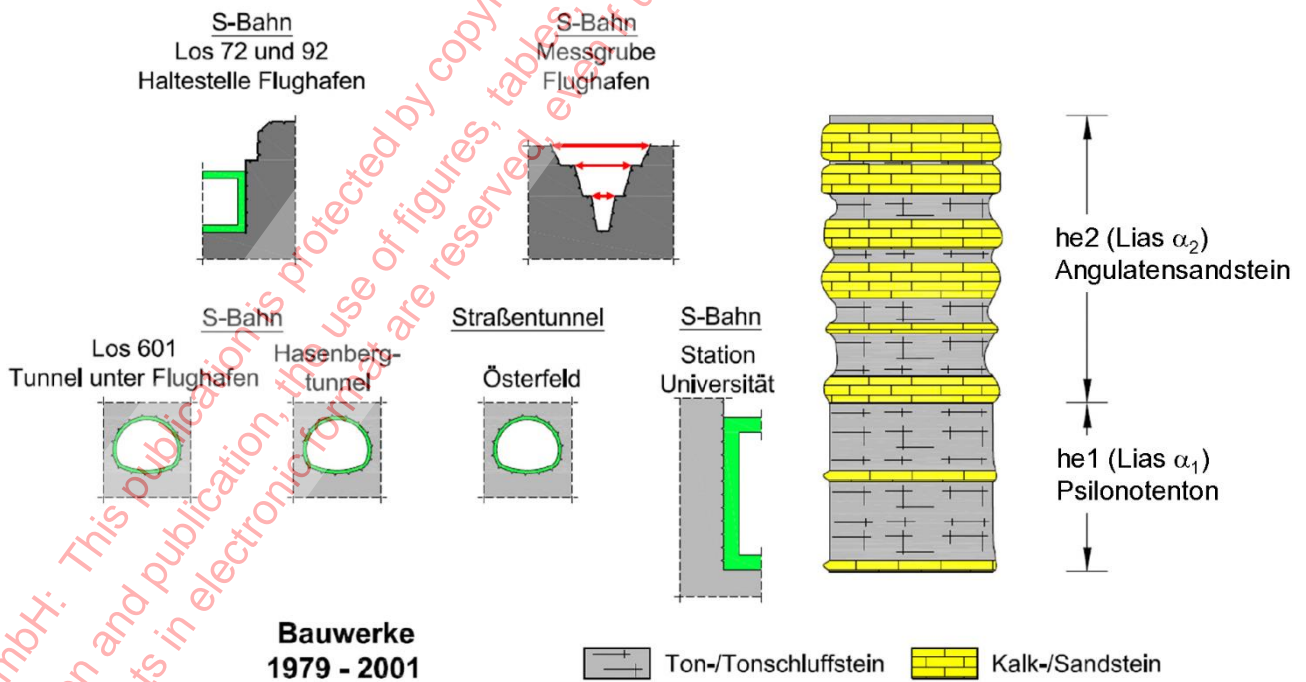


Bild 5: Projekte (WBI) im Hettangium (Schwarzjura)

Diese Baugruben lagen allerdings in der Wechsellagerung (Hettangium 2). In der überwiegend aus Tonschluffsteinen bestehenden Schicht des Hettangium 1 liegen die S-Bahn Haltestelle Universität, der S-Bahn-Tunnel nach Bernhausen, der unter dem Flughafen Stuttgart verläuft, der Hasenbergstunnel und der Straßentunnel Österfeld (Bilder 1 und 5). Weiterhin durchfährt der Fildertunnel der Neubaustrecke Stuttgart – Ulm am südlichen Ende sowohl die Tonschluffsteine als auch die Wechsellagerung des Hettangium.

Alle genannten Baumaßnahmen wurden von einem Messprogramm begleitet, dessen Ergebnisse mit Hilfe von FE-Berechnungen mit dem Programm FEST03 unter Berücksichtigung des transversal isotropen Verformungsverhaltens und unter Berücksichtigung der begrenzten Festigkeiten auf den Trennflächen interpretiert wurden (Wittke 2014). Das Ergebnis ist eine gute Kenntnis des Baugrunds. Diese Kenntnisse sind - neben den Ergebnissen aus dem Erkundungsprogramm für den Flughafentunnel - in die Ermittlung der Kennwerte für die vom Flughafentunnel durchörterten Schichten eingeflossen. Die als charakteristisch angesehenen Kennwerte für das transversal isotrope Verformungsverhalten des Felses und die Scherparameter auf den Klüften (K) und den Schichtfugen (S) sind in Bild 6 zusammengestellt. Danach ist der Elastizitätsmodul senkrecht zu den Schichtfugen etwa halb so groß wie der Elastizitätsmodul parallel zur Schichtung. Das Absetzen der Klüfte auf den Schichtfugen wird durch eine Kohäsion auf den Klüften berücksichtigt.

Eine Besonderheit im Hettangium sind die horizontalen Zusatzspannungen, die zusätzlich zu den Horizontalspannungen wirken, die sich aus der Vertikalspannung und der Querkontraktion bei behinderter Seitendehnung ergeben. Ursache für diese Zusatzspannungen ist die Tatsache, dass die Schwäbische Alb vor langer Zeit bis nach Stuttgart reichte (Bild 7).

Im Zuge der Sedimentation des Deckgebirges wurde der ursprünglich als Ton abgelagerte Tonstein zunächst konsolidiert und dann verfestigt. Dabei nahm die Querkontraktion sukzessive ab. Bei der anschließenden Abtragung des Deckgebirges wirkte daher eine geringere Querkontraktionszahl als bei der Sedimentation. Eine geringe Querkontraktion führt aber bei behinderter Querdehnung zu geringeren Horizontalspannungen als eine große Querkontraktion. Deshalb sind die während der Sedimentation eingetragenen Horizontalspannungen größer als die Abnahme der Horizontalspannungen während der Erosion, und es verbleiben zusätzliche Horizontalspannungen in den Tonschluffsteinen, die bei der Bemessung von Bauwerken berücksichtigt werden müssen.

Erfahrungen haben gezeigt, dass nicht nur die Festigkeit und die Verformbarkeit des Gesteins bzw. des Felses sondern auch die zusätzlichen Horizontalspannungen vom Wassergehalt abhängen. Zusätzlich werden die horizontalen Zusatzspannungen durch die vorhandene Topographie und die vorhandene Bebauung (z. B. vorhandene oder ehemalige Baugruben in den Schichten, wie z. B. die Baugrube für die S-Bahn-Station Stuttgart Flughafen) beeinflusst.

Anhand der Wassergehalte aus den Bohrkernen für den Flughafentunnel und auf der Basis von Erfahrungen, wurden für den Flughafentunnel und die Station NBS zusätzliche

Horizontalspannungen zwischen 0 und 1 MN/m² mit einem charakteristischen Wert von 0,5 MN/m² prognostiziert (Bild 8).

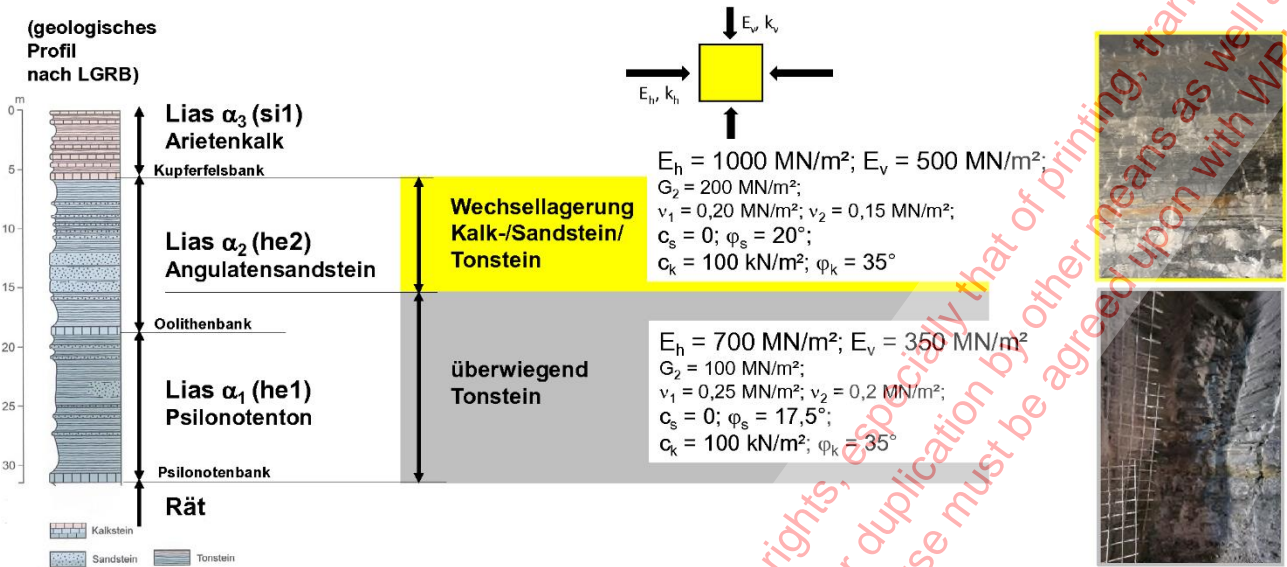


Bild 6: Ausgewählte felsmechanische Kennwerte, Hettangium

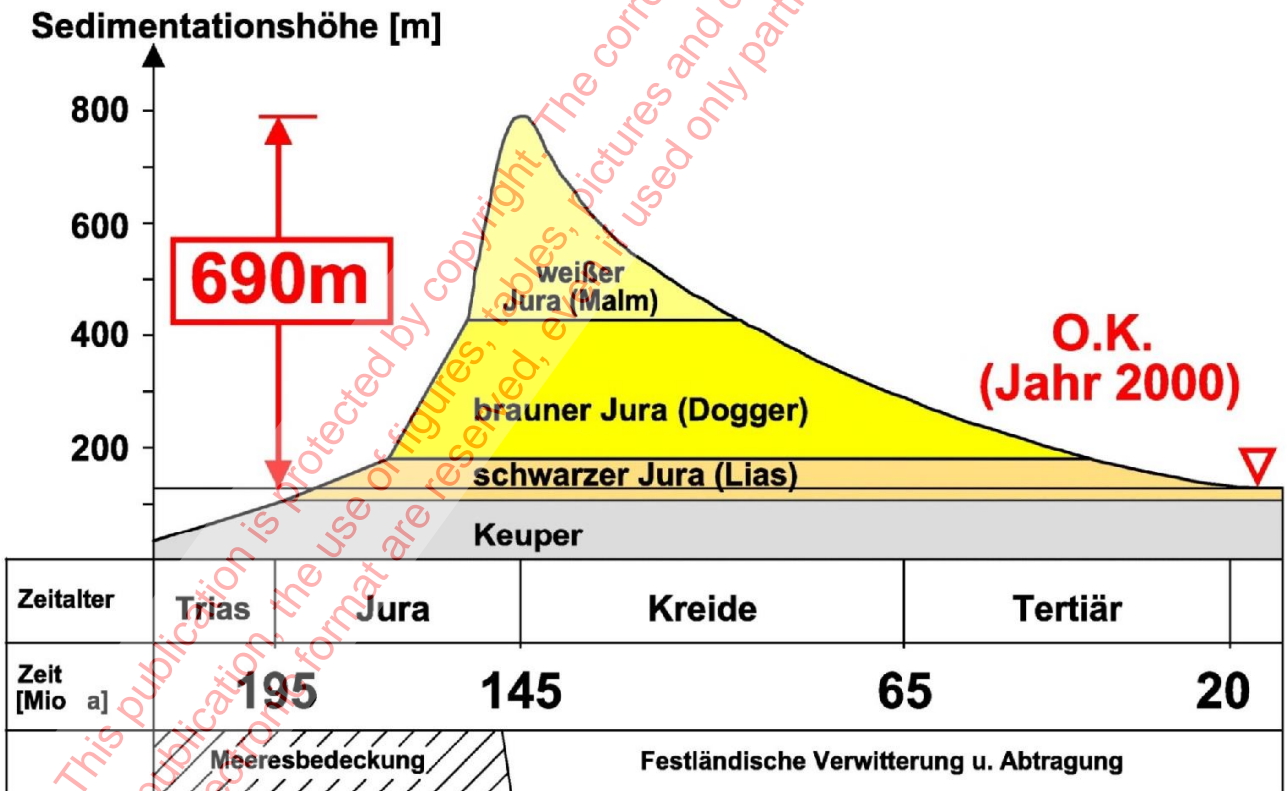


Bild 7: Überlagerung im Raum Stuttgart

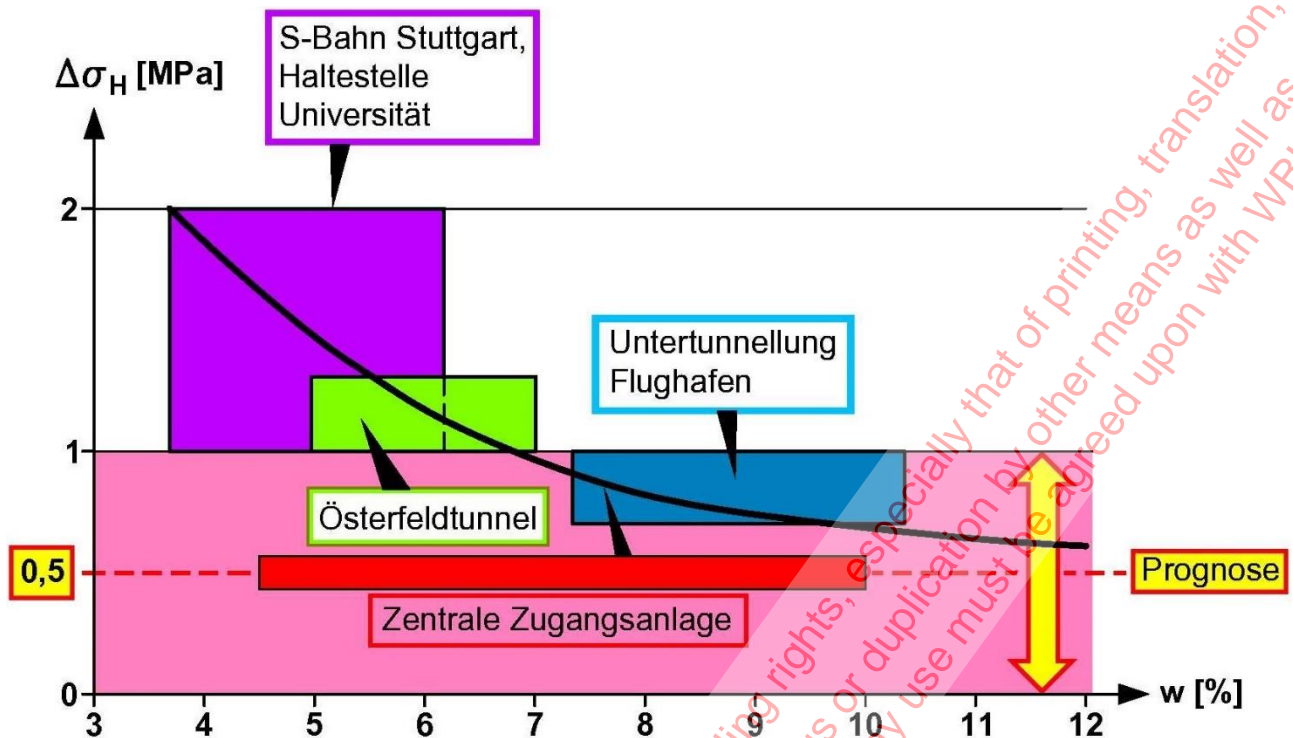
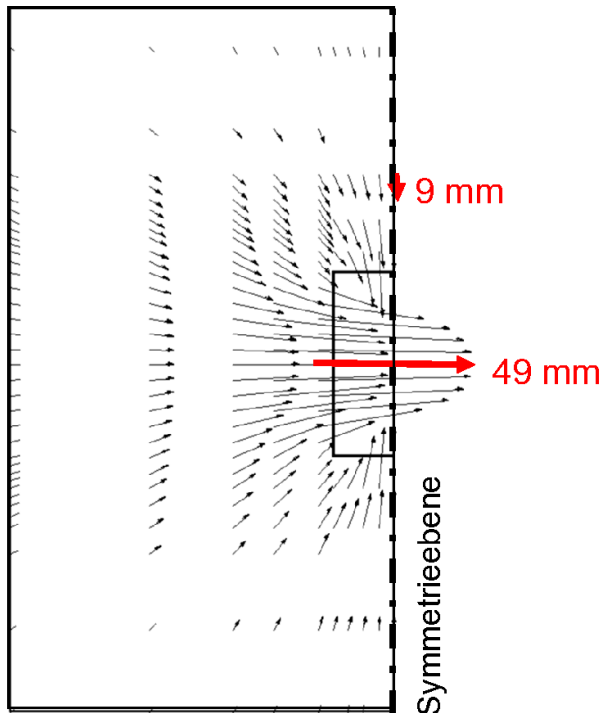


Bild 8: Horizontalspannungen vs. natürlicher Wassergehalt.

3. Bauwerk und Lastabtragung

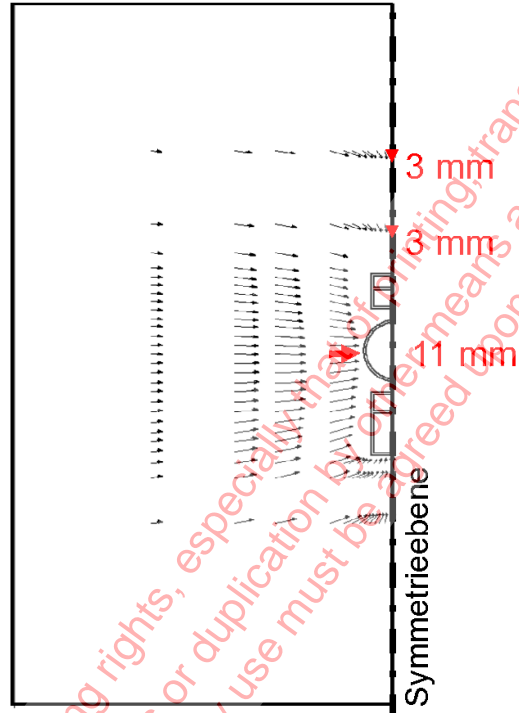
Aufgrund der Nähe der Hotels, des Flughafenentlastungstunnels und des Internationalen Kongresszentrums zur zentralen Zugangsanlage mussten die baubedingten Verschiebungen geringgehalten werden. Bei der Herstellung einer einzigen großen Baugrube, die die Schächte für die Technikgebäude, den kreiszylindrischen Schacht und die daran angrenzenden Stationsröhren umfasst hätte, wären sehr große horizontale Verschiebungen in den Gründungsebenen der angrenzenden Bebauung zu erwarten gewesen, und Schäden infolge von Zerrungen hätten nicht ausgeschlossen werden können (Bild 9, links).

Deshalb wurde eine deutlich aufwendigere Bauweise gewählt, bei der zunächst die beiden quaderförmigen Schächte für die Technikgebäude abgeteuft wurden. Beim Abteufen wurden in dem längeren Technikgebäude West Steifen eingebaut. Anschließend wurden die den Gebirgsdruck abtragenden Außen- und Zwischenwände der Technikgebäude hergestellt, bevor der kreiszylindrische Schacht abgeteuft wurde. Gleichzeitig wurden die Stationsröhren von Westen nach Osten an den Schächten vorbei vorgetrieben (Bilder 2 und 10). Nach dem Einbau der Stahlbetoninnenschalen in den Stationsröhren und eines großen Teils der Stahlbetonauskleidung des kreiszylindrischen Schachts werden die Übergangsbereiche aufgefahren. Das gewählte Bauverfahren führt im Vergleich zu einer einzigen großen Baugrube zu einer deutlichen Reduzierung der horizontalen Verschiebungen (Bild 9). Allerdings stellt es sehr hohe Anforderungen an die statische Berechnung, die Planung, den Baubetrieb und die Bauausführung.



große Baugrube

Noch ohne Vortrieb Stationsröhren



Gewählte Lösung

Inklusive Vortrieb Stationsröhren enthalten

Bild 9: Horizontalverschiebungen in der Gründungsebene der Bebauung, $\Delta\sigma_h = 1 \text{ MN/m}^2$



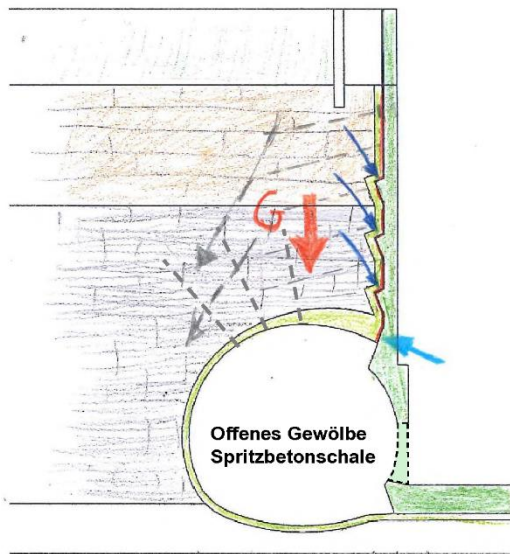
Bild 10: Zentraler Zugang, unterirdische Verschnidungen

Bild 11 zeigt beispielhaft die Lastabtragungsanteile beim Vortrieb der Stationsröhren neben den Technikgebäuden. Das Gewölbe der Spritzbetonschale der Stationsröhren ist auf der dem Technikgebäude zugewandten Seite nicht geschlossen.

Für die Abtragung des Gewichts G des Deckgebirges werden die folgenden Komponenten berücksichtigt:

Ein Teil der Vertikallast wird über Gewölbewirkung in den seitlich neben den Stationsröhren verbleibendem Fels eingeleitet. Die Gewölbewirkung wird durch gegen die Horizontale geneigte Anker, die bereits beim Abteufen der Schächte eingebracht wurden, und durch radi-

ale Anker beim Vortrieb der Stationsröhren verstärkt. Die Anker durchröhren die Trennflächen des Felses und ermöglichen das Abtragen einer größeren Schubkraft auf den Trennflächen (grau in Bild 11).



- Abtragung Vertikallast G über:
- Normalkraft in die Stahlbetonauskleidung Technikgebäude
→ Formgebung!
- Schubdorne
→ kraftschlüssiger Verbund
- Gewölbewirkung im Fels „neben“ den Stationsröhren
→ Ankerung beim Abteufen der Baugruben und beim Vortrieb
- Rest: Über Anschlussbewehrung und Zugbewehrung an den untersten Schubdorn aufhängen



Bild 11: Lastabtragung beim Vortrieb Stationsröhren

Ein weiterer Teil der Auflast wird direkt über die eigens dafür hergestellten Schubdorne in die Stahlbetonauskleidung der Technikgebäude eingeleitet (dunkelblau in Bild 11). Voraussetzung hierfür ist - neben einer entsprechenden Formgebung ein kraftschlüssiger Verbund zwischen der Spritzbetonschale- und der Stahlbetonauskleidung der Technikgebäude, der durch entsprechende Injektionen erreicht wurde. Außerdem wurde für die Stahlbetoninnen- auskleidung der Technikgebäude im Bereich des Anschlusses der Stationsröhren eine Formgebung gewählt, die es ermöglicht, dass trotz der Abdichtung ein Teil des in die Spritzbetonschale eingeleiteten Gewichts des Deckgebirges über Normalkraft in die Stahlbeton- auskleidung eingeleitet werden kann (hellblau in Bild 11). Der verbleibende Anteil des Gewichts des Deckgebirges muss über eine Anschlussbewehrung in die Spritzbetonschale des Technikgebäudes und über eine Zugbewehrung in den untersten Schubdorn eingeleitet werden (rot in Bild 11). Wie auf dem unteren Foto in Bild 11 zu erkennen ist, war hierfür ein für eine Spritzbetonschale sehr hoher Bewehrungsgehalt erforderlich. Ohne die Berücksichtigung der übrigen Lastanteile wäre ein Nachweis praktisch nicht möglich.

Für die Nachweisführung wurden umfangreiche dreidimensionale FE-Berechnungen mit dem Programm FEST03 durchgeführt (Wittke 2014). Dabei wurde - wie erwähnt - das Spannungs-Verformungsverhalten des Felses einschließlich der Festigkeit aber auch die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Untergrund wirklichkeitsnah erfasst. Einen Ausschnitt aus dem dabei verwendeten FE-Netz ist in Bild 12 dargestellt.

Es wurden sämtliche Bauzustände berücksichtigt. Dafür wurden insgesamt 99 Rechenschritte betrachtet. Ausgewählte Bauzustände bzw. Rechenschritte zeigt das Bild 13.

367.477 Knoten
229.526 Elemente

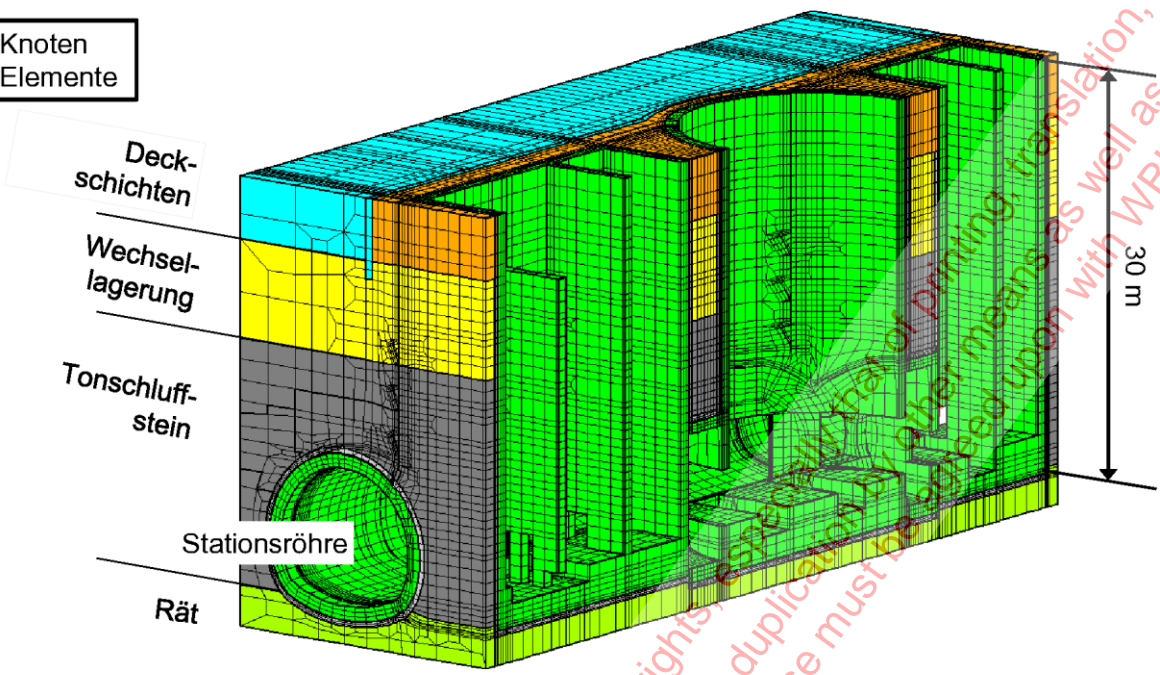


Bild 12: FE-Netz, Detail, letzter (99.) Rechenschritt

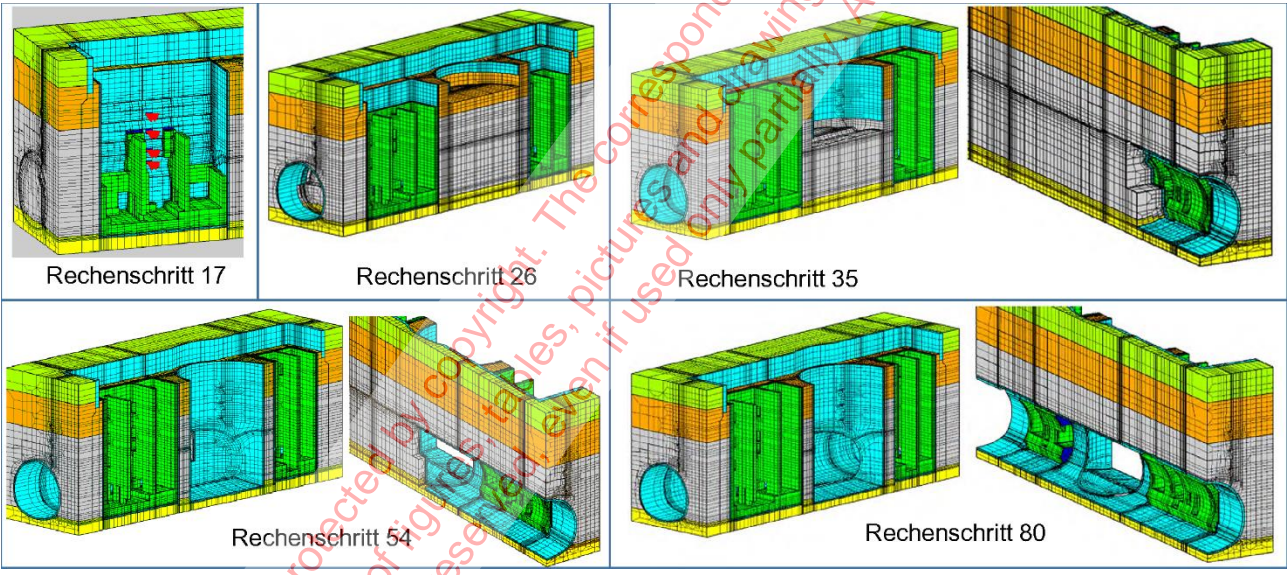
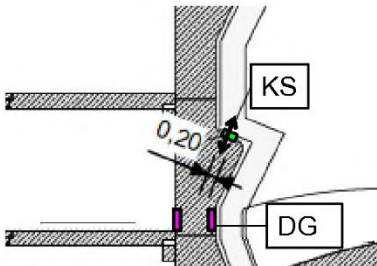
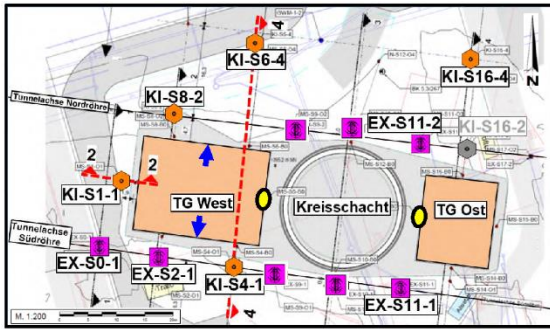


Bild 13: Ausgewählte Bauzustände

4. Messprogramm

Zusätzlich zu den Nachweisen wurde ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt (Bild 14). Neben Verschiebungsmessungen mit Hilfe von Reflektoren wurden kombinierte Messstellen zur Messung von Horizontalverschiebungen im Baugrund und Extensometer zur Messung von Vertikalverschiebungen oberhalb der Stationen eingebaut. Außerdem wurden die Kräfte in den Steifen beim Abteufen der Baugrube des TG West, die Tangentialspannungen in den Spritzbetonstirnwänden der Technikgebäude, die Kontaktspannungen im Bereich der Schubdorne und die Dehnungen in der Stahlbetonauskleidung der Technikgebäude gemessen. Mit Hilfe von Grundwassermessstellen wurde und wird die Absenkung des Grundwassers während der Bauausführung überwacht.



- Kombinierte Messstellen
- Extensometer
- Messung der Steifenkräfte
 - Verschiebungsmessungen mit Reflektoren
- Tangentialspannungen in der Spritzbetonschale
- Kontaktspannungsgeber zwischen Stahlbeton- und Spritzbetonauskleidung im Bereich der Schubdorne
- Dehnungsgeber in den Stahlbetonauskleidungen der Technikgebäude oberhalb des Anschlusses der Stationsröhren
- Grundwassermessstellen

Bild 14: Zentrale Zugangsanlage, Messeinrichtungen

5. Interpretation der Messergebnisse

Die Messergebnisse wurden baubegleitend ausgewertet und mit den Prognosen verglichen. Bild 15 zeigt beispielhaft den Vergleich zwischen den gemessenen (rot) und den berechneten Horizontalverschiebungen (blau) im Baugrund in einem Schnitt durch das Technikgebäude West. Dargestellt sind die Ergebnisse, die für charakteristische Kennwerte und horizontale Zusatzspannungen $\Delta\sigma_h = 0,5 \text{ MN/m}^2$ berechnet wurden (vgl. Bilder 15, 6 und 8). Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung.

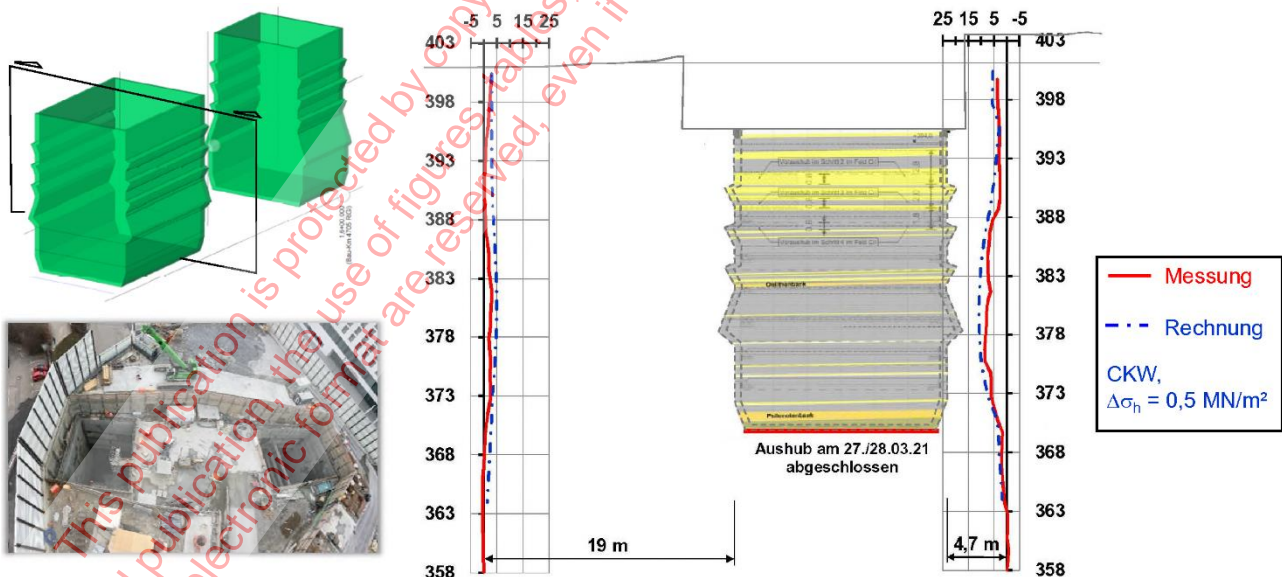


Bild 15: Aushub Baugrube Technikgebäude, Horizontalverschiebungen, Vergleich Rechnung - Messung

Bild 16 zeigt darüber hinaus die berechneten und gemessenen Tangentialspannungen in der Stirnwand des Technikgebäudes West über die Zeit. Auf der Zeitskala ist zusätzlich der

Zeitraum, in dem der Kreiszyylinder abgeteuft wurde, in Gelb und der Zeitraum, in dem die Stationsröhren neben dem Technikgebäude West vorgetrieben wurden, in Grau gekennzeichnet.

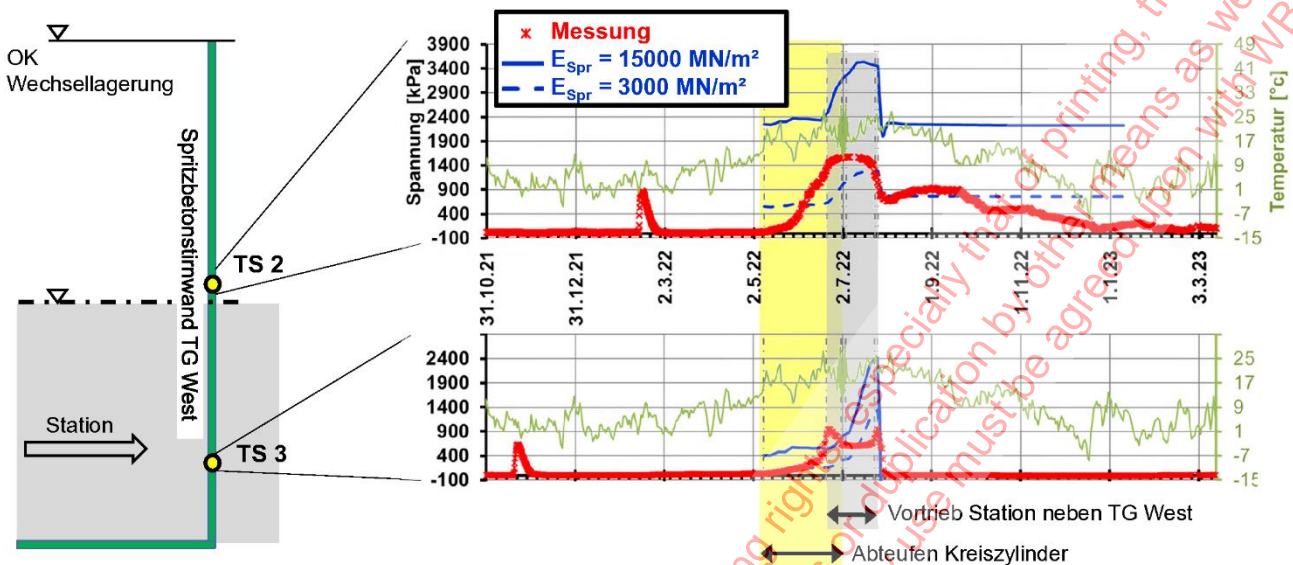


Bild 16: Tangentialspannungen Spritzbeton TG West, Vergleich Rechnung - Messung

Es ist zu erkennen, dass die gemessenen Tangentialspannungen oberhalb des Anschlusses der Stationsröhren (TS 2) mit zunehmendem Abteufen des Kreiszyinders ansteigen. Beim Vortrieb der Stationsröhren neben der Stirnwand des Technikgebäudes nehmen die Tangentialspannungen jedoch deutlich ab. Außerdem hat die Temperatur (grün) einen Einfluss auf die Messergebnisse.

Ein Vergleich der Messergebnisse mit den Prognosen für charakteristische Kennwerte und Horizontalspannungen zeigt, dass die Berechnungen die Spannungen in der Spritzbetonstirnwand grundsätzlich richtig beschreiben. Allerdings sind die berechneten Ausgangsspannungen insbesondere bei Annahme eines Elastizitätsmoduls des Spritzbetons von $E = 15000 \text{ MN/m}^2$ zu groß. Diese Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass der Spritzbeton beim Abteufen des Technikgebäudes zunächst sehr jung ist und daher sowohl eine geringere Dehnsteifigkeit als auch ein ausgeprägtes Kriechverhalten aufweist. Der in der Berechnung angenommene Elastizitätsmodul für die Spritzbetonstirnwand ist daher für diesen Bauzustand zu groß. Für die späteren Bauzustände des Abteufens des Kreiszyinders und den Vortrieb der Stationsröhren beschreibt der Elastizitätsmodul von $E = 15000 \text{ MN/m}^2$ die Verhältnisse allerdings offensichtlich zutreffend.

Der Vollständigkeit halber sind in Bild 16 unten auch die Ergebnisse des Messgebers TS 3 über die Zeit dargestellt. Auch hier geben die Berechnungen das Tragverhalten grundsätzlich richtig wieder.

Auch die Interpretation der übrigen Messergebnisse zeigt, dass es möglich ist, das Spannungs- und Dehnungsverhalten auch bei komplizierten Bauwerken zutreffend zu erfassen. Dies setzt allerdings eine gute Kenntnis des Baugrunds und eine wirklichkeitsgenaue Modellierung des Bauwerks, des Bauablaufs und der Wechselwirkung zwischen Untergrund

und Bauwerk voraus. Im vorliegenden Fall konnte durch die Rückrechnung der Messergebnisse die Gültigkeit der charakteristischen Kennwerte und der Horizontalspannungen nachgewiesen werden.

6. Optimierungen

Da mit Hilfe der baubegleitenden Interpretation der Messergebnisse horizontale Zusatzspannungen von 1 MN/M^2 ausgeschlossen werden konnten, konnte auf den ursprünglich vorgesehenen Einbau des Stahlbetonzylinders vor dem Vortrieb der Stationsröhren verzichtet werden. Außerdem war es möglich, die Baugrube in den Deckschichten vor dem Einbau der Innenschalen zu verfüllen, weil untere Kennwerte ohne horizontale Zusatzspannungen im Baugrund ebenfalls ausgeschlossen werden konnten. Die Gründung des Empfangsgebäudes konnte durch den Einsatz von Bohrpfählen anstelle einer Vielzahl von Mikropfählen und den Verzicht auf die ursprünglich vorgesehene Vorspannung der Bodenplatte des Empfangsgebäudes wesentlich vereinfacht werden (Bild 17).

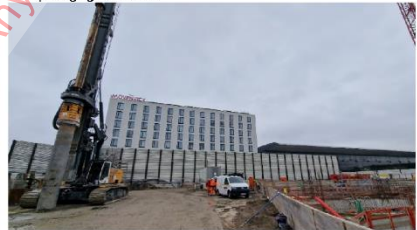
Einbau des Stahlbetonzylinders nach dem Vortrieb der Stationsröhren
6.06.2023



Vorzeitige Verfüllung der Baugrube in den Deckschichten (vor Einbau Innenschale Stationsröhren)
8.11.2022



Gründung Empfangsgebäude: Bohrpfähle statt Mikropfähle, keine Vorspannung der Bodenplatte des Empfangsgebäudes



Paralleler Bau Empfangsgebäude und Innenschalen Stationsröhren



Bild 17: Optimierungen aufgrund zuverlässiger Prognose

Die zuverlässige Prognose und die wirklichkeitsnahe Erfassung der Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk ermöglichte außerdem den Nachweis, dass der Bau des Empfangsgebäudes und die Herstellung der Innenschalen in den Stationsröhren parallel zueinander erfolgen können (Bild 17).

Das sehr anspruchsvolle Bauwerk der zentralen Zugangsanlage erfordert sowohl in statischer und planerischer Hinsicht als auch in der Ausführung qualitativ hochwertige Arbeit. Darüber hinaus ist eine sehr gute Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten Voraussetzung für einen erfolgreichen Projektverlauf.

Literatur

Wittke, M.; Wittke-Gattermann, P.; Tegelkamp, M.; Berghorn, R.; Hillebrenner, A.: Flughafentunnel - Hohlraumbau in vorbelasteten Tonsteinen des Lias α , Taschenbuch für den Tunnelbau 2022, Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2021.

Wittke, W.: Rock Mechanics based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM), Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2014. ISBN-Nr.: 978-3-433-03079-0.

© WBI GmbH: This publication is protected by copyright. The corresponding rights, especially that of printing, translation, presentation and publication, the use of figures, tables, pictures and drawings or duplication by other means as well as saving the documents in electronic format are reserved, even if used only partially. Any use must be agreed upon with WBI GmbH.