



# **Pfingstexkursion 2024**

21.05.2024 – 24.05.2024

Exkursionsbericht

## Vorwort

Die jährlich vom TMB organisierte Pfingstexkursion führte in diesem Jahr eine Gruppe von 28 Studierenden und vier Betreuern vom 21. bis 24. Mai zu verschiedenen für Bauingenieure interessanten Zielen in München und der Region Innsbruck.

Die Exkursion begann früh am Morgen des 21. Mai vor dem Institutsgebäude des TMB in Karlsruhe. Das erste Ziel auf dem Weg nach München war der Neubau des Gymnasiums in Röhrmoos, bei dem insbesondere die innovative Fassadengestaltung mit einer vorgefertigten Holz-Sichtverschalung sowie die flexible Erweiterungsmöglichkeit im Fokus standen. Zudem wurden die Innenraumgestaltung, der Brandschutz, die technische Gebäudeausrüstung und der Musterraum für Schallschutzmessungen besichtigt. Nach einer Stärkung setzte die Gruppe ihre Reise nach München fort, wo am Nachmittag die Baustelle der zweiten S-Bahn-Stammstrecke besichtigt wurde. Dabei erhielten die Studierenden spannende Einblicke in einen Startschacht und Tunnel in offener Bauweise sowie in die unterirdischen Arbeiten am futuristischen Neubau des Münchner Hauptbahnhofs – einem milliardenschweren Infrastrukturprojekt.

Nach einer Übernachtung in München führte die Exkursion am nächsten Morgen weiter nach Österreich, mit dem ersten Ziel der Baustelle des Brenner Basistunnels – der nach seiner Fertigstellung in Verbindung mit bestehenden Tunneln die weltweit längste Tunnel-Eisenbahnverbindung bilden wird. Nach einer Führung durch das Besucherzentrum folgte das Highlight der Besichtigung: ein beeindruckender Einblick in die mehrere Hundert Meter tiefe Tunnelbaustelle. Am Nachmittag hatten die Studierenden die Gelegenheit, Innsbruck auf eigene Faust zu erkunden.

Am nächsten Morgen führte die Exkursion zum Pumpspeicherkraftwerk Kühltai, dem zweitgrößten seiner Art in Österreich, gelegen auf knapp 2000 m ü. NN. Während einer Führung erhielten die Studierenden anschauliche Einblicke in die Technologie des Kraftwerks sowie dessen Bedeutung für die regionale Energiestrategie und die Sicherheit der europäischen Energieversorgung. Am

Nachmittag ging es weiter zur Bergiselschanze in Innsbruck, einer der bekanntesten Skisprung-Großschanzen. Neben einer Einführung in die Geschichte des Skispringens sowie Informationen zu Bau und Architektur der Schanze erlebten die Studierenden ein besonderes Highlight: einen Live-Sprung eines ehemaligen Profi-Springers – mit Blick sowohl vom Stadion als auch direkt vom Schanzentisch aus. Anschließend tauchte die Gruppe in einer immersiven Experience in die Geschichte Tirols ein, bevor der Tag mit einem gemeinsamen Abendessen ausklang, bei dem traditionelle Tiroler Spezialitäten probiert werden konnten.

Der vierte und letzte Tag der Exkursion begann mit einer Werksführung bei Liebherr in Telfs. Die Studierenden erhielten spannende Einblicke in die Geschichte des Familienunternehmens sowie in die Produktionsprozesse von Planierraupen, Laderaupen, Rohrlegern und Teleskopladern. Auf der Rückfahrt wurde als letzter Stopp die Baustelle des Bonatzbaus in Stuttgart im Rahmen des Projekts Stuttgart 21 besichtigt. Dort erhielten die Studierenden tiefgehende Einblicke in die komplexen Bauprozesse und Herausforderungen, die mit der Umgestaltung eines historischen Gebäudes verbunden sind. Anschließend ging es zurück nach Karlsruhe, wo alle am Abend erschöpft, aber voller neuer Eindrücke und Erlebnisse wohlbehalten ankamen.

Das TMB bedankt sich herzlich bei allen Personen und Unternehmen, die mit ihrem Engagement vor Ort oder ihrer finanziellen Unterstützung diese Pfingstexkursion möglich gemacht haben.

Charlotte Horstmann

Marc Weinmann

Karlsruhe, den 26.10.2024

## Danksagung

Die Durchführung einer Exkursion in diesem Umfang und in dieser Qualität ist ohne die externe Unterstützung kaum möglich. Daher gilt unser Dank den folgenden Firmen und Einzelpersonen, die durch ihre Spenden diese Exkursion ermöglicht haben:

**Achatz GmbH**, Mannheim

**Diringer & Scheidel GmbH & Co. KG**, Mannheim

**Leonhard Weiss GmbH**, Göppingen

Ein besonderer Dank gilt den Personen, die durch ihre Mithilfe bei der Organisation im Vorfeld und/oder durch ihre Betreuung vor Ort die Exkursion zu einem Erfolg machten:

### Neubau Gymnasium Röhrmoos (alle Goldbeck GmbH):

- Quirin Kitzmann
- Niklas Berlemann
- Florian Meßner

### Stammstrecke München – VE30, Arge Tunnel Hauptbahnhof

- Domenik Spring
- Daniel Schönwiese
- Florian Mrowietz

### Brenner Basistunnel

- Manuel Schwab (BBT Tunnelwelten)
- Hans Exenberg (ARGE H41)
- Martin Schneider (BBT SE)
- Ivan Zamberlan (BBT SE)

Pumpspeicher Kühtai

- Martin Schaiter (TIWAG)

Werksführung Liebherr in Telfs

- Alexander Katrycz

S21 – Bonatzbau, Stuttgart (beide Ed. Züblin AG)

- Tobias Middendorf
- Eva Mayer

## Ziele Pfingstexkursion



### Route Pfingstexkursion 2024<sup>1</sup>

*Karlsruhe – Röhrmoos – München – Innsbruck – Telfs – Stuttgart – Karlsruhe*

---

<sup>1</sup> Quelle Karte: <https://stock.adobe.com/de/images/deutschland-osterreich-schweiz-karte-in-grau/102301187>

## Teilnehmer Pfingstexkursion



### Institutsangehörige

Dr.-Ing. Harald Schneider

Charlotte Horstmann

Marc Weinmann

Aleyna Ak

### Studierende

Sophie Anritter, Catherine Becker, Zhou Bingzhen, Andrew Black, Bruno Blattert, Franziska Böttcher, Frederic Dumont, Felix Fischer, Sebastian Häring, Jakob Humborg, Chen Xin Jin, Kim Lisa Marie Kaspar, Jan Kipper, Jonas Menke, Luisa Neuburger, Milena Ott, Chaline Peichert, Qianqian Wei, Moritz Rüschen, Viola Sommer, Giuseppe Tuzzolino, Elisabeth Wild, Thomas Winkler, Antonia Wolf, Ruochen Yang, Ranzhi Zheng, Lena Sofie Gräter, Finn Kellermann

## Inhaltsverzeichnis

### **Dienstag, 21.05.2024**

Neubau Gymnasium Röhrmoos.....	2
2. Stammstrecke München – VE30, Arge Tunnel Hauptbahnhof.....	11

### **Mittwoch, 22.05.2024**

Brennerbasistunnel.....	23
-------------------------	----

### **Donnerstag, 23.05.2024**

Besichtigung Pumpspeicherkraftwerk, Kühtai.....	33
Besichtigung Bergiselschanze, Innsbruck.....	41

### **Freitag, 24.05.2024**

Liebherr-Werk, Telfs.....	49
S21 - Bonatzbau, Stuttgart.....	57

# Baustellenbesichtigungen

## Neubau Gymnasium Röhrhoos

Von Chenxin Jin, Qianqian Wei, Ruochen Yang, Ranzhi Zheng



*Abb. 1: Eingang Gymnasium Röhrhoos<sup>1</sup>*

### Einleitung

Am 21. Mai 2024 besuchten wir das Gymnasium-Projekt in Röhrhoos, Deutschland. Der Auftrag für dieses Projekt wurde an die Goldbeck GmbH für Bau und Instandhaltung vergeben. Die Exkursion zum Bauprojekt des neuen Gymnasiums in Röhrhoos bot eine ausgezeichnete Gelegenheit, ein innovatives Bauvorhaben im Bereich der Bildungsinfrastruktur zu erkunden.

### Baustellenabläufe

Wir begannen unsere Exkursion mit der Betrachtung der Musterfassade. Diese entspricht nicht der typischen Goldbeck-Fassade, die normalerweise aus einer Blechfassade mit Kassettensystem besteht. Der Bauherr wünschte sich eine Holzfassade, daher wird eine WDVS (Wärmedämm-Verbundsystem) mit Holz-

---

<sup>1</sup> PD (2024). „Neubau Gymnasium Röhrhoos im Landkreis Dachau.“ <https://www.pd-g.de/projekte/projekt/neubau-gymnasium-roehrhoos-im-landkreis-dachau> (abgerufen am 04.06.2024).

Sichtverschalung aus Lärche und einer Vorvergrauungslasur gewählt. Zwischen den Holzverschalungen befinden sich Blechelemente, die später zur farblichen Trennung der jeweiligen Lernhäuser beitragen sollen. Die Fassade im Sockelbereich besteht aus Sichtbeton, der in ein Betonbett gesetzt wurde und dem Spritzschutz dient. Rechts befindet sich eine Pfosten-Riegel-Fassade, die aus dem eigenen Goldbeck-Werk stammt und auf der Baustelle zusammengebaut wird (siehe Abb. 2).



*Abb. 2: Musterfassade<sup>2</sup>*

Die Fassadenunterkonstruktion wird vom Nachunternehmer in den richtigen Längen geliefert. Zwischen dem Erdgeschoss und dem ersten Obergeschoss befindet sich ein Brandriegel aus Konstruktionsvollholz, der mit Fermacell eingepackt ist. Diese Konstruktion verhindert nach Vorschrift einen Brandüberschlag vom Erdgeschoss zum ersten Obergeschoss. Derselbe Schutz wird beim Übergang vom ersten Obergeschoss zum Dach wiederholt. Später wird diese Brandriegel noch mit einem auskragenden Blech verkleidet, um den Brandüberschlagschutz für die komplette Fassade zu vervollständigen.

---

<sup>2</sup> Eigene Fotoaufnahme (21.05.2024).

Falls die Geburtenrate im Landkreis steigt, kann das gesamte Gebäude später noch mit dem Goldbeck-System um eine Etage aufgestockt werden. Dafür können die gesamte Dachbegrünung und die Solaranlagen entfernt sowie die Attika abgeschraubt werden. Nach dem Hinzufügen der neuen Etage werden die entfernten und abgeschraubten Teile wieder eingesetzt.

Wir gingen weiter zu Haus 2, das einen Rücksprung in der Fassade hat, um das Design interessanter zu gestalten. Haus 1 hat eine umlaufende große Vordachkonstruktion. Die Fundamente und Entwässerungen sind bereits vorbereitet, um die Montage später zu erleichtern.

Auf der Baustelle wurde der abgetragene Boden zwischengelagert, der später für den Bau der Außenanlagen verwendet wird.

Für den Bau der Häuser werden zuerst Stützenkreuz aufgestellt. Danach wird der Sturz aufgelegt und die Füllplatte eingebaut. Außen besteht das Gebäude aus Stahlbeton und innen aus Stahlkonstruktionen. Die Flachbandleitung über den Fenstern dient dem Sonnenschutz und wird später an den Motor angeschlossen. Zwei Fenster sind an einen Motor gekoppelt (siehe Abb. 3).



*Abb. 3: Außenwand von innen<sup>3</sup>*

Die Decken sind in Rippendecken für große Spannweiten und Flurdecken geteilt. Hochfester Beton, wie C45 oder C50, kommt je nach Bauteil zum Einsatz. (siehe Abb. 4).

---

<sup>3</sup> Eigene Fotoaufnahme (21.05.2024).



*Abb. 4: Rippendecke und Flurdecke<sup>4</sup>*

Der Innenhof bringt Licht ins Gebäude und schafft einen Bezug zur Natur. Reine Alufenster umranden den Innenhof.

Horizontallasten aus dem Wind nimmt das Treppenhaus auf und leitet sie in die Fundamente. Die Deckenplatten werden miteinander vergossen, um die Lasten ins Fundament zu transportieren. Das Goldbeck-System verwendet Streifenfundamente außen und Einzelfundamente innen zur Lastenabtragung.

Eine Anekdote: Es war ursprünglich geplant, eine komplette Wandlänge mit Fenstern zu versehen. Jedoch wurde von dem Fensterbauer ein Fenster vergessen. Dank der Abweichungsmeldung im Goldbeck-Tool konnte diese Abweichung durch das Scannen eines QR-Codes an das Werk übermittelt werden, woraufhin eine Füllplatte produziert wurde.

Der Architekt plante die Flurwände zur Hälfte unter dem Stahlträger und zur Hälfte im Raum. Diese Anordnung war jedoch aus brandschutz- und schallschutztechnischen Gründen nicht umsetzbar. Daher befestigte der Schlosser einen 25 cm herausragenden Flansch, um die Trockenbauwand ordnungsgemäß anzubringen. Diese Schlosserarbeiten führten zu Mehrkosten von etwa 100.000 Euro (siehe Abb. 5).

---

<sup>4</sup> Eigene Fotoaufnahme (21.05.2024).



*Abb. 5: Brandschutzverköfferte Bauteile<sup>5</sup>*

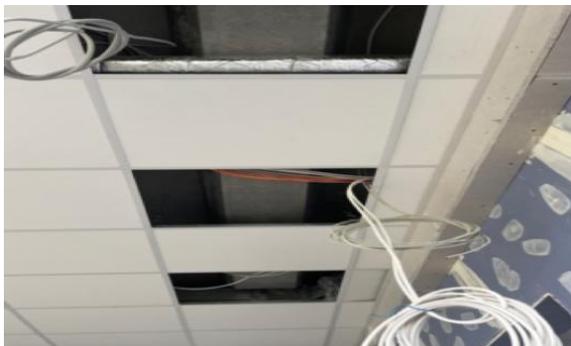
Auf dem Dach wurde Für die Bekiesung, Begrünung und Aufstellung der PV-Anlagen eine Woche benötigt. Die Dampfsperre des Daches wurde bituminös im Gießverfahren aufgebracht, um eine vollflächige Beklebung zu gewährleisten und das Hinterlaufen der Folie zu verhindern.

Das Treppenlauf wird von den Wänden im Treppenhaus entkoppelt, indem Gummimatten zwischen Treppenlauf und Wand verklebet werden. Im Untergeschoss sind die Innenwände in klassischem Ortbeton ausgeführt. Im Technikraum verlaufen die Kabel und die Lüftung an der Decke. Die Außenwände wurden mit Sandwichwänden hoher Sichtbetonqualität erstellt. Dem Feuchteschutz dient eine weiße Wanne mit Frischbetonverbundfolien und einem Schwarzantstrich.

Zum Abschluss besuchten wir den Musterraum, der als Beispielraum dient, um später Schallschuttmessungen durchführen zu können. In den Klassenräumen werden Rasterdecken installiert, die dimensionierbar sind, um die Technik oben zu warten.

---

<sup>5</sup> Eigene Fotoaufnahme (abgerufen am 21.05.2024).



*Abb. 6: Rasterdecke<sup>6</sup>*

Es gibt etwa 12 verschiedene Wandtypen für unterschiedliche Schallschutzanforderungen, die beidseitig doppelt beplankt sind. Durch diesen Musterraum konnten auch die Rohbau- und Ausbautoleranzen überprüft werden. Es stellte sich heraus, dass es keine Toleranzen für die Fenster geben darf. (siehe Abb. 7).



*Abb. 7: Musterraum<sup>7</sup>*

---

<sup>6</sup> Eigene Fotoaufnahme (21.05.2024)

<sup>7</sup> Eigene Fotoaufnahme (21.05.2024)

## **Danksagung**

Wir möchten uns herzlich beim Bauleiter Florian Meßner, für die umfassende und informative Führung auf der Baustelle des neuen Gymnasiums in Röhrmoos bedanken. Ihre detaillierten Erläuterungen zum Projekt haben uns einen tiefen Einblick in die Komplexität dieses Bauvorhabens gegeben. Ihre Erläuterungen zu dem Bauwerk waren äußerst lehrreich und haben uns wertvolle Erkenntnisse vermittelt.

Ebenso möchten wir uns bei den Lean Managern, Quirin Kitzmann und Niklas Berlemann, für die Präsentation und die Einführung in die Lean Management-Prinzipien bei Goldbeck bedanken, die uns wichtige Einblicke in moderne Baupraktiken gewährten.

Wir wissen Ihr Engagement und Ihre Zeit sehr zu schätzen und möchten uns nochmals für den freundlichen Empfang, das leckere Mittagsessen und die Möglichkeit bedanken, an dieser Exkursion teilzunehmen.

Wir freuen uns darauf, den Fortschritte dieses Projekts weiter zu verfolgen und sind gespannt auf die Fertigstellung.

## **Überblick**

Maßnahmen: Neubau des Gymnasiums Röhrmoos mit integrierten Betriebs- und Instandhaltungsleistungen.

Lage: Röhrmoos

Bauherr: Landkreis Dachau

Architekt: Architekturbüro Auer Weber

Bauunternehmen: Goldbeck GmbH, Bielefeld, verantwortlich für Planung, Bau, sowie Betrieb und Instandhaltung.

Baukosten: Investitionsvolumen ca. 60 Millionen Euro. Vertragsvolumen ca. 100 Millionen Euro.

Konstruktion: 15.000 Quadratmetern

Bauzeit: 2025 Jahre inklusive Planungs- und Bauzeit.

Ausführung: Goldbeck

Landschaftsplanung: LUSKA FREIRAUM GmbH, Dachau, verantwortlich für die Landschafts- und Freiraumplanung.

Besonderheiten des Konzepts: Integration des Münchner Studienhaus-Konzepts, das den pädagogischen Ansatz unterstützt.<sup>8</sup>

Nachhaltigkeit & Bauverfahren: Mit Goldbeck hat der Landkreis Dachau einen erfahrenen Generalübernehmer verpflichtet, der das neue Gymnasium in elementierter Bauweise realisiert. Wesentliche Bauelemente fertigt das Unternehmen in eigenen Werken vor und montiert diese anschließend passgenau auf der Baustelle. Durch modulare und standardisierte Bauelemente lassen sie sich besonders schnell, kostengünstig und nachhaltig bauen.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> PD (2024). „Neubau Gymnasium Röhrhoos im Landkreis Dachau.“ <https://www.pd-g.de/projekte/projekt/neubau-gymnasium-roehrhoos-im-landkreis-dachau> (abgerufen am 04.06.2024)

<sup>9</sup> Goldbeck (2023). „Grundsteinlegung für fünftes staatliches Gymnasium in Röhrhoos.“ <https://www.goldbeck.de/unternehmen/newsroom/news/grundsteinlegung-fuer-fuenftes-staatliches-gymnasium-in-roehrhoos> (abgerufen am 04.06.2024)

## **Stammstrecke München – VE30, Arge Tunnel Hauptbahnhof**

*Von Felix Fischer, Kim Lisa Marie Kaspar, Moritz Rüschen, Bingzhen Zhou*

Am Nachmittag unseres ersten Exkursionstages, den 21. Mai 2024, haben wir die Baustelle der zweiten S-Bahn-Stammstrecke in München besucht. Nachdem wir die obligatorische Schutzausrüstung (Sicherheitsschuhe, Helm und Weste) angezogen haben, besichtigten wir sowohl den Startschacht an der Donnersbergerbrücke als auch die unterirdischen Arbeiten am Münchner Hauptbahnhof. Im Folgenden geben wir zuerst einen groben Überblick über das Bauprojekt, bevor wir uns detaillierter der Baustellenführung widmen.

### **Verlauf der neuen S-Bahnstammstrecke**

Um die bestehende Stammstrecke zu entlasten, wird eine zweite, zehn Kilometer lange Stammstrecke zwischen Laim und Leuchtenbergring gebaut. Sie verläuft dabei annähernd parallel zur ersten Stammstrecke (vgl. Abb. 8). Der Streckenabschnitt zwischen der Donnersberger Brücke und dem Ostbahnhof verläuft unterirdisch in einem sieben Kilometer langen Tunnel. Das westliche Portal des Tunnels befindet sich kurz vor der Donnersbergerbrücke und war die erste Anlaufstelle unserer Baustellenbesichtigung. Der S-Bahn-Tunnel verfügt über drei neue unterirdische Stationen: Hauptbahnhof, Marienhof und Ostbahnhof. Die beiden Stationen Hauptbahnhof und Marienhof liegen etwa 40 Meter tief, während sich die Station Ostbahnhof in 16 Metern Tiefe befinden wird. Damit die Fahrgäste in der Lage sein werden, diese tiefgelegenen Haltestellen möglichst schnell erreichen und verlassen zu können, werden Aufzüge und Rolltreppen installiert. Die anderen U-Bahn-Stationen bzw. die Stationen der ersten Stammstrecke werden unterirdisch erreichbar sein.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> DB InfraGO AG. (20. Juni 2024). 2. Stammstrecke München. Von <https://www.2.stammstrecke-muenchen.de/start.html> abgerufen



Abb. 8: Streckenverlauf der 2. Stammstrecke<sup>1</sup>

Der Untergrund der Münchner Innenstadt ist dicht mit Versorgungsleitungen und Verkehrsinfrastruktur durchzogen. Dies umfasst beispielsweise Wasserleitungen, Stromkabel oder Abwasserkanäle. Auch die ersten Stammstrecke aus den 1970er Jahren oder die U-Bahn (vgl. Abb. 9) durchqueren tief im Erdboden ganz München. Beim Bau der 2. Stammstrecke muss der neue Tunnel daher in sicherem Abstand zu diesen bestehenden

Strukturen verlaufen. Dies hat zur Folge, dass er im Bereich der neuen Stationen eine Tiefe von etwa 35 bis 40 Metern besitzt.

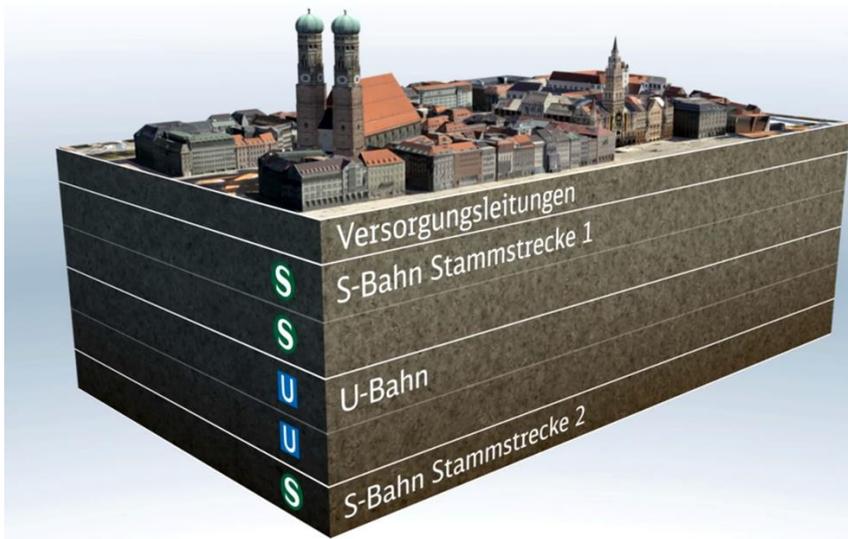


Abb. 9: Schematischer Aufbau des Münchner Untergrunds<sup>2</sup>

### Grund für den Bau der zweiten Stammstrecke

Die bestehende Stammstrecke hat ihre Leistungsgrenze erreicht. Ungefähr 30 Züge fahren pro Stunde in eine der beiden Richtungen. Sie befördern insgesamt täglich rund 840.000 Passagiere. Mithilfe der neuen Stammstrecke können Engpässe beseitigt werden und die Leistungsfähigkeit des öffentlichen Nahverkehrs in der wachsenden Region München verbessert werden. Mit der Inbetriebnahme der zweiten Stammstrecke können viele S-Bahn-Linien künftig im 15-Minuten-Takt betrieben werden. Zudem können Expresszüge das Umland im 30-Minuten-Takt mit der Münchner Innenstadt zu verbinden. Auch Regional-

---

<sup>2</sup> Deutsche Bahn AG / Fritz Stoiber Productions GmbH

S-Bahnen sollen in Zukunft direkte Verbindungen zwischen der Münchner Innenstadt und Zielen in der Metropolregion, wie Landshut, ermöglichen.<sup>1</sup>

### **Kosten der Baumaßnahme und zeitlicher Rahmen**

Der Spatenstich fand im April 2017 statt<sup>4</sup>. Die ursprünglich geschätzten Baukosten von 3,8 Milliarden Euro und die geplante Fertigstellung bis 2028 können nicht eingehalten werden. Zum jetzigen Zeitpunkt werden die Kosten auf acht Milliarden Euro geschätzt und der erste Zug wird voraussichtlich erst im Jahr 2037 fahren. Andere Schätzungen zufolge könnten die Kosten sogar mehr als 14 Milliarden Euro betragen<sup>3</sup>. Angaben aus dem Jahr 2021 zufolge steuert die Landeshauptstadt München 113,7 Millionen Euro aus dem Flughafendarlehen bei. Laut Finanzierungsvertrag zwischen Bund und Freistaat Bayern übernimmt der Bund 60 Prozent der Kosten, während der Freistaat Bayern für die verbleibenden 40 Prozent aufkommt.<sup>4</sup>

### **Bauherr**

Die DB InfraGO AG ist der Bauherr und zukünftige Eigentümer nahezu aller Anlagen der zweiten S-Bahnstammstrecke in München, ausgenommen der Stromversorgung. Diese Aufgabe übernimmt die DB Energie GmbH. Der spätere Verantwortungsbereich der DB InfraGO umfasst dabei beispielsweise die Tunnel, die Gleise oder die Stellwerkstechnik. Auch die fünf Stationen einschließlich der Bahnsteige, Fahrgastinformationen, Treppen etc. sind davon betroffen.<sup>1</sup>

---

<sup>3</sup> Kveton, P., & Wengert, J. (6. Juni 2023). *Das bayerische S-Bahn-Milliarden-Desaster. tagesschau.*

<sup>4</sup> Landeshauptstadt München. (20. Mai 2024). *muenchen.de.* Von <https://stadt.muenchen.de/infos/zweite-sbahn-stammstrecke.html> abgerufen

### **Startschacht und Tunnel in offener Bauweise**

Das Baufeld für den Startschacht und des Tunnels in offener Bauweise liegt zwischen den Gleisen, die zum Münchener Hauptbahnhof führen und dem Abstellgleis, was aufgrund des begrenzten Platzes die Bauarbeiten erheblich erschwert. Der Schacht erreicht eine Endtiefe von 22 Metern und ist zusätzlich mit 15 Meter langen Bohrpfählen in der Sohle als Fundamente ausgestattet. Um den Grundwasserfluss nicht zu unterbrechen, wurde eine Dükeranlage installiert, die das Grundwasser unter dem Trog hindurchleitet.

Der Schacht dient als Startpunkt für die Tunnelbohrmaschinen, die sich in Tübbingbauweise in Richtung Hauptbahnhof vorarbeiten. Derzeit gibt es nur einen Portalkran, der für den Abtransport von Aushub und Material genutzt wird. Ein zweiter Portalkran wird später hinzukommen, um die Versorgung mit Tübbing sicherzustellen. Derzeit wird ein Blindring erstellt, an dem sich die Tunnelbohrmaschine abstützt, bis der erste Tübbing gesetzt ist.

Die Stammstrecke besteht insgesamt aus drei Tunnelröhren: einem Rettungs- und Erkundungsstollen sowie zwei Röhren für den Bahnverkehr. Der Erkundungsstollen hat einen Durchmesser von 4,75 Metern, während die beiden Röhren für den Bahnverkehr jeweils einen Durchmesser von 7,35 Metern haben.

Die dritte Röhre wurde nachträglich eingeplant, weshalb der Startschacht nach der Fertigstellung wieder bis zur Höhe der dritten Röhre aufgefüllt wird. Diese Röhre liegt auf den beiden anderen Röhren. Um diese Anordnung zu ermöglichen, wird das Hochdruckinjektionsverfahren (HDI) angewendet. Dabei wird der Boden mit einem Wasserstrahl zerschnitten und mit einem Bindemittel vermischt, wodurch der Boden verfestigt wird. Dies erlaubt den Bau der ersten und zweiten Röhre unterhalb der dritten. Für den Bau der Tunnelinnenschale wird Faserbeton verwendet, da dieser bei einem Feuer nicht abplatzt.

Um den Aushub effizient zu transportieren, wurde eine Verladeanlage gebaut, mit der der Aushub auf Züge umgeladen werden kann. Dies spart viele LKW-

Fahrten durch die Stadt. Aufgrund der zahlreichen Maschinen gibt es zudem eine eigene Werkstatt auf der Baustelle. Außerdem wurden viele Container aufgestellt, die als Büros und Unterkünfte für die Mitarbeiter dienen.



Abb. 10: Der Startschacht<sup>5</sup>

## Hauptbahnhof

Nach der Besichtigung des Startschachtes an der Donnersbergerbrücke sind wir mit der S-Bahn (über die erste Stammstrecke) zum Münchner Hauptbahnhof gefahren. Dort soll in den nächsten Jahren ein neuer futuristischer Hauptbahnhof entstehen. Auch die zweite S-Bahn-Stammstrecke ist Teil des Bahnhofneubaus. Um nicht die bereits vorhandenen S- und U-Bahnlinsen zu kreuzen, wird die zweite S-Bahnstammstrecke in 40 Metern Tiefe gebaut (vgl.

Abb. 11). Um diese Tiefe zu erreichen, wird das Bauverfahren der Schlitzwand-Deckelbauweise verwendet. Der Schutz der sich in der Nähe befindlichen U-Bahn wird mittels Pressen sichergestellt. Im Rahmen dieses Bauverfahrens werden zunächst Schlitzwände aus Stahlbeton in den Boden eingebracht, die

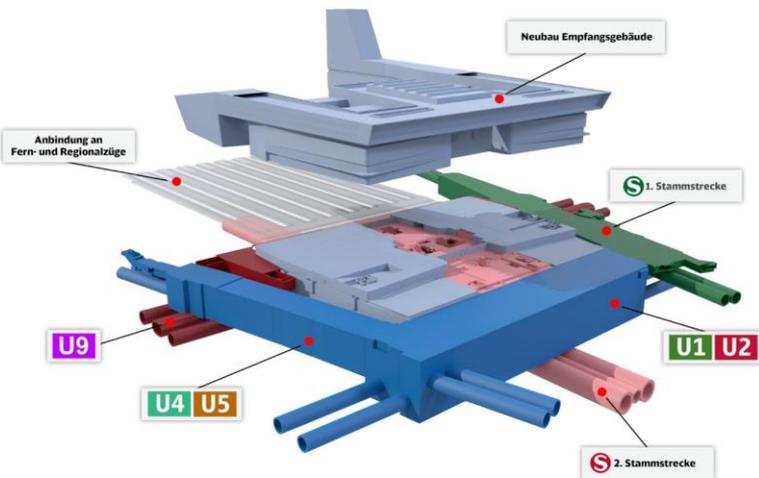
---

<sup>5</sup> Eigene Fotoaufnahme

die Baugrube zu umschließen und zudem als spätere Außenwand dienen. In einem iterativen Prozess wird anschließend die Baugrube ein paar Meter tief ausgehoben (vgl.

Abb. 13). Anschließend wird eine Betondecke über jene Baugrube gegossen. In der darunterliegenden Ebene wird jener Prozessschritt wiederholt. Wenn eine Ebene zu 70 Prozent abgeschlossen ist, wird mit den Arbeiten an der darunterliegenden Ebene begonnen. Zum Zeitpunkt der Besichtigung fanden die Aushubarbeiten in ca. 23 Metern Tiefe statt. Die zum damaligen Zeitpunkt vorhandenen Stützen der Betondecken sind nur temporär und werden zu einem späteren Zeitpunkt durch die eigentliche Wand ersetzt (vgl. Abb. 12). Der benötigte Beton wird mittels Pipeline von einer Mischanlage aus zur Baustelle gepumpt und dort verarbeitet.

Abb. 11: Aufbau des neuen Münchner Hauptbahnhofs<sup>6</sup>



---

<sup>6</sup> Deutsche Bahn AG / Fritz Stoiber Productions



Abb. 12: Temporäre Stützen<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Eigene Fotoaufnahme



Abb. 13: Aushubarbeiten<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Eigene Fotoaufnahme

### **Fazit**

Die Besichtigung der beiden Baustellen hat uns die Dimension dieses milliardenschweren Bauprojektes nähergebracht. Besonders beeindruckend waren die technischen Herausforderungen, die bewältigt werden müssen, um einen bis zu 40 Meter tiefen Tunnel mitten durch die Innenstadt Münchens bauen zu können. Die Führung hat uns zudem gezeigt, wie hoch die Komplexität derartiger Infrastrukturprojekte ist.

### **Danksagung**

Zum Schluss wollen wir uns bei Domenik Spring und Daniel Schönwiese für die beiden spannenden und aufschlussreichen Führungen bedanken! Ihre fachkundigen Erklärungen während den Führungen durch das Baufeld der neuen Stammstrecke haben uns dabei geholfen, die komplexen Abläufe dieses einzigartigen Infrastrukturprojekts zu verstehen. Wir haben uns sehr darüber gefreut, einen derartig detailreichen Blick hinter die Kulissen bekommen zu haben!

Wir sind gespannt auf die zukünftigen Entwicklungen dieser Baustelle und wünschen Herrn Spring und Herrn Schönwiese noch viel Erfolg bei diesem Bauprojekt!

## **Überblick**

<u>Bauherr:</u>	DB InfraGO AG
<u>Ausführung:</u>	ARGE Tunnel Hauptbahnhof
<u>Bauzeit:</u>	5. April 2017 bis voraussichtlich 2037
<u>Baukosten:</u>	ca. 7 Milliarden Euro
<u>Konstruktion:</u>	Tübbinge, Stahlbeton
<u>Bauverfahren:</u>	offene und geschlossene Tunnelbauweise, Deckelbauweise
<u>Quellen:</u>	Führung durch Daniel Schönwiese und Domenik Spring

## Brenner Basistunnel

Von Thomas Winkler, Jonas Menke, Viola Sommer, Luisa Neuburger

Am 22.05.2024 besuchten wir die Baustelle Brenner Basistunnel (im Folgenden



Abb. 1: Standort Ausschnitt<sup>1</sup>

BBT genannt) bei Innsbruck. Ziel der Baustelle ist die Erstellung eines Tunnelbauwerks, das von Schienenverkehr genutzt wird. Die Städte Innsbruck (Österreich) und Franzensfeste (Italien) werden so um eine weitere Verkehrsverbindung erweitert (siehe Abbildung 1). Die Reisezeit, um den östlichen Alpenkamm zu durchqueren, soll dabei von 80 auf 25 Minuten reduziert werden.

Die ersten Schritte des Projektes gehen in die 1990er Jahre zurück, in denen das „Trans-European Network-Transport“, kurz TEN-T, entwickelt wurde. 2007 begannen die Bauarbeiten des Erkundungsstollens, 2011 die der zwei Hauptröhren. Das Bauwerk soll 2032 in Betrieb gehen. Bauherr ist die „Galleria di Base del Brennero – Brenner Basistunnel BBT SE“, eine Europäische Aktiengesellschaft im Eigentum von Österreich und Italien. Die Exkursion beschränkte sich auf das Baulos H41 „Stillschlucht-Pfons“, die von den Unternehmen „Implenia Österreich GmbH“, „Implenia Schweiz AG“ und „Webuild S.p.A“, sowie „csc costruzioni sa“ realisiert wird. Die Angebotssumme

---

<sup>1</sup> BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.11

des Loses beträgt 651 Millionen Euro. Insgesamt umfassen die Projektkosten 10,5 Milliarden Euro.<sup>2</sup> (BBT SE 2022, S. 5 ff.)

### Gründe für den Brenner Basistunnel

Über 30% des gesamten Güterverkehrs, der die Alpen überquert, erfolgt über den Brennerpass<sup>2</sup>. Um im Bereich des Brenners von Österreich nach Italien zu gelangen oder umgekehrt gibt es im Moment zwei Möglichkeiten:

#### 1. Die Brennerbahn

Die Brennerbahn ist eine Eisenbahnstrecke zwischen Innsbruck und Verona. Auf dieser Strecke muss sie starke Steigungen von bis zu 26% überwinden. So liegt die Kapazität der Strecke bei 260 Zügen pro Tag. Dies ist für die Entwicklung der Güterströme des 21. Jahrhunderts jedoch lange nicht mehr ausreichend<sup>1</sup>. Der Brenner Basistunnel wird die mögliche Transportgeschwindigkeit hier deutlich erhöhen, sodass innerhalb von 2,5 Stunden die Alpen überwunden werden können und so auch die Kapazität der Strecke auf 400 Züge pro Tag erhöht wird. Abbildung 2 zeigt die Höhenprofile der Brennerbahn und des Brenner Basistunnels im Vergleich:

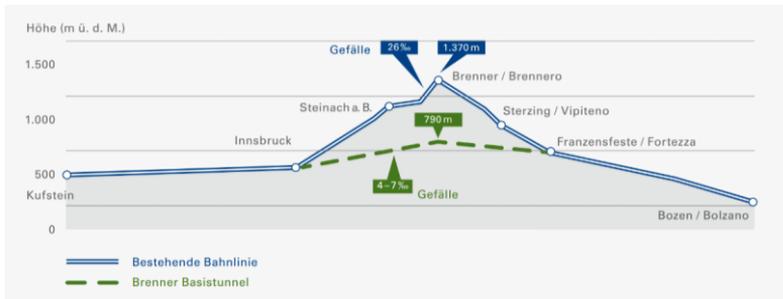


Abb. 2: Höhenprofile Brennerbahn und BBT<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.5 ff.

### 2. Die Brennerautobahn

Auf der Brennerautobahn (in Österreich die A13 in Italien die A22) kommt es bereits heute beinahe täglich zu Stau. Der Gütertransport über die Brennerautobahn hat sich seit dem Bau der Autobahn 1974 von 10 Mio. Tonnen Gütern pro Jahr auf 50 Mio. Tonnen Güter pro Jahr verfünffacht.<sup>2</sup> Zudem müssen alle Brücken der Brennerautobahn innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre saniert werden. Durch diese Sanierungsmaßnahmen wird der Verkehr hier noch weiter eingeschränkt. Eine Entlastung durch den Brenner Basistunnel ist hier daher dringend erforderlich. (Manuel Schwab, BBT Tunnelwelten, 22.05.2024)

Aufgrund der europaweit hohen Bedeutung der Nord-Süd-Verbindung über die Strecke Innsbruck/Bozen wird das Projekt des Brenner Basistunnels zu 40% bis 50% über die EU finanziert<sup>3</sup>.

### **Ausgleichsmaßnahmen zum Schutz der Umwelt**

Beim Bau des Brenner Basistunnels ist ein Eingriff in die Natur unumgänglich. Das Ziel der BBT SE ist es jedoch, mithilfe diverser Ausgleichsmaßnahmen den Bau des Tunnels so umweltfreundlich wie möglich zu gestalten. Für das nicht wiederverwertbare Ausbruchmaterial, das während des Baus anfällt, werden fünf Deponien entlang der Tunnelstrecke im Bereich der seitlichen Zufahrtstunnel angelegt. Abb. 3 zeigt die Standorte und das Volumen der einzelnen Deponien. Beim Anlegen der Deponien wird besonders darauf geachtet, diese zum Schutz der Flora und Fauna möglichst schonend in die Natur zu integrieren und die betroffenen Wald- und Landwirtschaftsflächen zu rekultivieren. Darüber hinaus werden neue Futter- und Nistplätze für heimische Tiere, darunter auch das Braune Langohr, eine der Tiroler Fledermausarten, in der Umgebung der Deponien errichtet. Zusätzlich dienen die Deponien zur

---

<sup>3</sup> Vgl. BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.47

Abschirmung von Autobahnlärm sowie zur Trennung von Wald- und Weideflächen.<sup>4</sup>

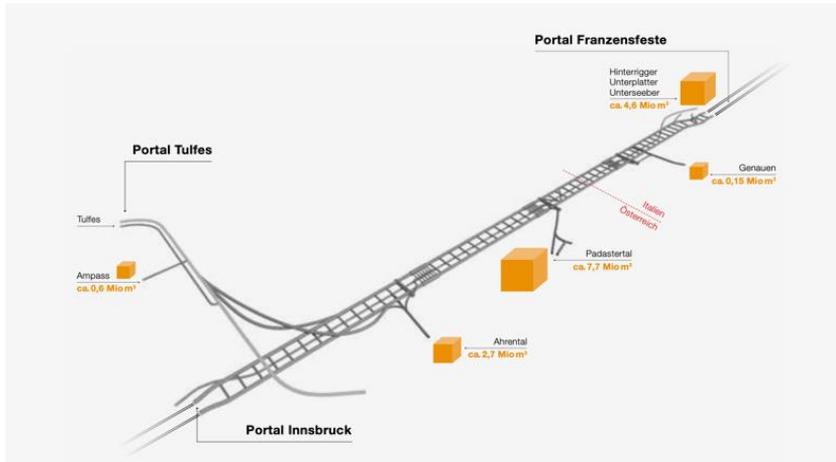


Abb. 3: Standortorte der fünf Deponien entlang des Brenner Basistunnels<sup>4</sup>

Auch für das beim Bau anfallende Tunnelwasser sind Maßnahmen vorgesehen, um dieses umweltgerecht ableiten zu können. Bevor das Tunnelwasser in die Vorfluter eingeleitet wird, wird es in Gewässerschutzanlagen gereinigt und gekühlt. Während dieses Prozesses werden kontinuierlich Messungen, beispielsweise des pH-Werts oder des Ammoniumstickstoffgehalts, durchgeführt und die einzuhaltenden Grenzwerte überwacht.<sup>4</sup>

Zu den ökologischen Ausgleichsmaßnahmen zählt vor allem die Revitalisierung des Waldmoorkomplexes Tantegetert, wie in Abb. 4 dargestellt. Hier wurde das künstlich entwässerte Moorgebiet wieder auf seinen ursprünglichen Wasserspiegel angehoben und zwei Teiche gegraben, die sich mit dem wieder steigenden Grundwasser füllen. Zusätzlich hat die BBT SE im Padastertal eine 250 m<sup>2</sup> große Orchideenwiese zum Erhalt essenzieller Biostrukturen versetzt.

<sup>4</sup> Vgl. BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.37 ff.

Um den Vorgaben des Nationalen Gewässerschutzplans gerecht zu werden, werden weitere gewässerökologische Maßnahmen durchgeführt. Dazu gehört die Ufergestaltung des Schaldererbachs, bei der der Uferbereich bei Vahrn erneuert und Erholungs- und Freizeitmöglichkeiten für die Anwohner geschaffen wurden. Die Aufweitung und Verbesserung der Strukturierung des Eisacks ist ebenfalls Teil der Maßnahmen und umfasst eine Aufweitung des Eisacks um 0,5 Hektar auf einer Länge von 200 Metern. Neben dem Erhalt der Natürlichkeit durch Baumvegetation entlang der Uferpromenade steht die Verbesserung des Eisackgerinnes zwischen der Deponie Genauen und dem Stausee Franzensfeste im Vordergrund. Um eine Verbesserung des Gerinnes zu gewährleisten, werden abschnittweise Steinbuhnen sowie Störsteine angelegt. Weitere geoökologische Maßnahmen umfassen die Umgestaltung von Gewässern zur besseren Fischpassierbarkeit sowie die Aufweitung von Flüssen und die Schaffung von Auen. Diesbezüglich geplant ist ein Rückbau der Wehrschwelen in der Sill in Innsbruck, die Umgestaltung des Navisbachs, den Bau eines Fischpasses im Gschnitzbach sowie die Aufweitung des Mündungsbereichs des Padasterbachs, des Pfitscher Bachs in den Eisack und der Sill am Portal Wolf. Diese Maßnahmen stellen lediglich einen Bruchteil aller geplanten Vorhaben zum Schutz der Umwelt dar. Weiterhin sollen beispielsweise Wasserbecken zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen konstruiert sowie Lärmschutzwälle entlang der bereits vorhandenen Eisenbahnstrecken gebaut werden.<sup>4</sup>



Abb. 4: Revitalisiertes Waldmoorkomplex Tantegert<sup>4</sup>

### Dimensionen des Brenner Basistunnels

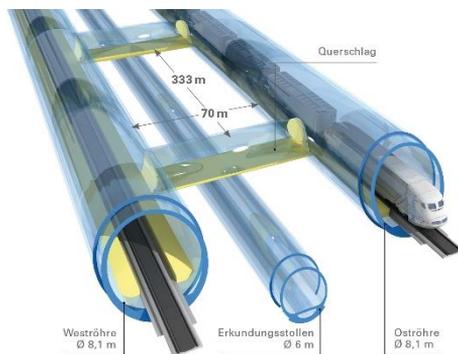


Abb. 5: Ansicht der Tunnelröhren<sup>5</sup>

Durch die Verbindung mit dem bereits 1994 fertiggestellten Inntaltunnel wird der Brenner Basistunnel zur weltweit längsten unterirdischen Eisenbahnverbindung. Die Gesamtlänge beträgt 64km, davon sind 55km dem BBT und 9km dem Inntaltunnel zuzuschreiben. Das Tunnelbauwerk besteht aus zwei Haupttunnelröhren und

<sup>5</sup> BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.14

einem Erkundungsstollen. Die Haupttunnelröhren haben einen Innendurchmesser von 8,1m und sind jeweils einspurig befahrbar. 12m zentral unter den Hauptstollen befindet sich der Erkundungsstollen mit einem Innendurchmesser von 6m. Während der Bauphase wird dieser für geologische Vorerkundungen, sowie als Service- und Logistiktunnel verwendet. Ab Inbetriebnahme des BBT wird der Stollen zu Wartungs- und Drainagezwecken genutzt. In Summe entsteht ein 230km langes Tunnelsystem mit 21,5 Millionen m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial. Neben den drei Röhren umfasst das Gesamtbauwerk vier Zufahrtstunnel (Ampass, Ahrental, Wolf bei Steinach, Mauls), drei Nothaltestellen (Innsbruck, St. Jodok, Trens) und alle 333m einen Querschlag in die benachbarte Hauptröhre. Kann ein Zug den Tunnel im Notfall nicht verlassen, hat er die Möglichkeit eine der Nothaltestellen anzusteuern. Die Querschläge bieten zudem einen Fluchtweg in die benachbarte Hauptröhre. Abb. 6 zeigt eine Skizze des Tunnelsystems:

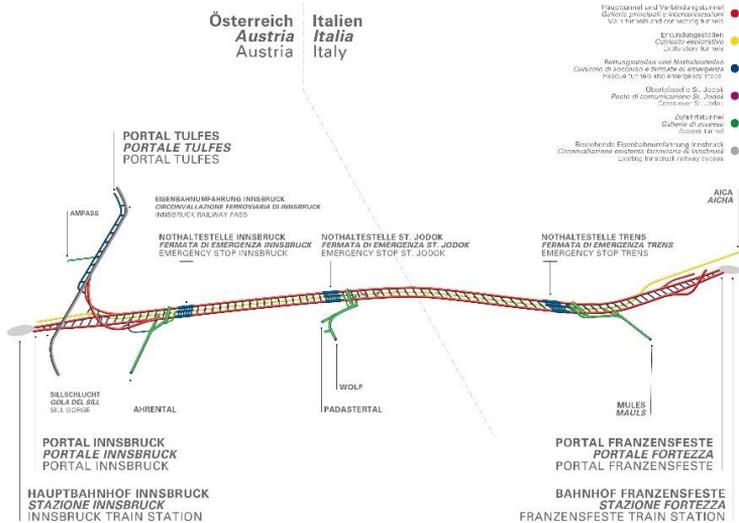


Abb. 6: Überblick Tunnelsystem<sup>6</sup>

<sup>6</sup> BBT SE (2022) „Der Brenner Basistunnel – Ein neuer Verbindungsweg durch die Alpen“, S.13

Das besichtigte Baulos H41 ist hauptsächlich zuständig für die Erstellung der Haupttunnelröhren samt Nothaltestelle und Querstollen zwischen Sillschlucht und Pfons. Von den insgesamt erforderlichen 230km Tunnelsystem fallen 22,1km auf dieses Baulos. Auf der Baustelle sind 400 gewerbliche Mitarbeitende im 2-Schichtbetrieb tätig, es wird mit einer Bauzeit von 80 Monaten gerechnet<sup>7</sup>.

Wir bedanken uns recht herzlich bei Herrn für die interessanten Einblicke in der BBT Tunnelwelten Ausstellung. Ein weiterer Dank geht an Herrn Martin Schneider von BBT Tunnelwelten und an Herrn Hans Exenberger, für die Führung durch das Baulos H41, begleitet von spannenden Informationen und beeindruckenden Eindrücken. Schließlich danken wir Herrn Ivan Zamberlan von der BBT SE für die Einblicke in die Arbeiten des Bauherrn.

---

<sup>7</sup> Implenla Deutschland GmbH (2024). „Brenner Basistunnel Los H41.“ Implenla.com, <https://implenia.com/de-de/referenzen/detail/ref/brenner-basistunnel-baulos-h41/> (abgerufen am 01.06.2024).

## **Überblick**

Bauherr: Galleria di Base del Brennero – Brenner Basistunnel BBT SE

Ausführung: Baulos H41 „Stillschlucht-Pfons“: Implenia Österreich GmbH, Implenia Schweiz AG und Webuild S.p.A, csc costruzioni sa  
Technische Leitung: Implenia Österreich (Implenia Deutschland GmbH (2024)).

Bauzeit: BBT gesamt: 2007 bis 2032; Baulos H41 „Stillschlucht-Pfons“:  
Januar 2022 bis Dezember 2028

Auftragsvolumen: BBT gesamt: 10,5 Mrd. €;  
Baulos H41 „Stillschlucht-Pfons“: 651 Mio €

Konstruktion: Länge insgesamt: 64 km;  
Länge Neubaustrecke (Innsbruck – Franzenfeste): 55km  
Länge Baulos H41 „Stillschlucht-Pfons“: 22,1 km (Implenia Deutschland GmbH (2024)).  
Röhrendurchmesser der zwei Fahrrohre: 11 m  
Röhrendurchmesser des Erkundungsstollen: 6 m

Bauverfahren: Baulos H41: 5,7km konventionelle Bauweise, 16,4km TBM-Vortrieb (Implenia Deutschland GmbH (2024)).

Quellen: Präsentation Manuel Schwab und Ivan Zamberlan  
Führung durch Martin Schneider und Hans Exenberger

## **Pumpspeicherkraftwerk Kühtai**

*Von Sophie Anritter, Lena Gräter, Milena Ott, Chaline Peichert*

### **Allgemeines**

Das Kraftwerk Kühtai ist das zweitgrößte Pumpspeicherkraftwerk Österreichs und Eigentum des Landes Tirol (Tiroler Wasserkraftwerke AG (TIWAG)). Es setzt sich aus dem Speicher Finstertal und dem Speicher Längentals zusammen.

Die einzelnen Anlagenteile sind dabei durch ein ausgedehntes Stollen- und Schachtsystem miteinander verbunden. Das Wasser für die Stromerzeugung stammt aus einem 139 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet und wird aus fünf verschiedenen Bachsystemen entnommen und durch insgesamt 16 km lange Überleitungen dem Speicher Längental zugeführt. Von dort aus wird etwa die Hälfte des Wassers über das Kraftwerk Kühtai in den Jahresspeicher Finstertal gepumpt um die Energiegewinnung im Winter zu gewährleisten. Die andere Hälfte des Wassers wird in der Unterstufe Silz über eine Fallhöhe von 1.250 m zeitlich flexibel abgearbeitet.

Die Wassermenge in den beiden Speichern bleibt trotz des Klimawandels über das Jahr in etwa gleich. Im Sommer wird weniger Wasser eingetragen durch verringerten Niederschlag und höhere Temperaturen, im Winter wird allerdings mehr Wasser eingetragen, da durch höhere Temperaturen weniger Niederschlag in Form von Schnee gespeichert wird.



*Abb. 7: Übersicht über die Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz mit dem Pumpspeicherkraftwerk Kühltai (Oberstufe) und dem Speicherkraftwerk Silz (Unterstufe).*

Bei der Besichtigung durch das Kraftwerk, welches auf knapp 2000 m ü. NN liegt, wurden wir von Herrn Martin Schaiter geführt. Dieser ist als Informations- und Prozessmanager bei TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG tätig und einer von 1400 Mitarbeitern des führenden Energiedienstleisters in Tirol.

Das Pumpspeicherkraftwerk Kühltai leistet einen großen Beitrag zur Tiroler Energiestrategie und trägt zur Sicherheit der europäischen Energieversorgung bei, indem es hilft, die Netzfrequenz von 50 Hz in Europa aufrecht zu erhalten. In Kombination mit der Erzeugung von Energie durch Wind- und Sonnenkraft, ist der Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken sehr sinnvoll. Sie regeln und decken im Gegensatz zu der Stromerzeugung durch Wind und Sonne nicht den Grundbedarf, sondern den Spitzenbedarf. Bei einem Überangebot von Strom, kann das Wasser in ein höhergelegenes Staubecken gepumpt werden und bei Engpässen wird dieses wieder abgelassen, fließt durch die Turbinen in einem Kraftwerk und erzeugt somit Energie. Der Vorteil von Pumpspeicherkraftwerken ist hierbei, dass die Energieerzeugung nicht tages- oder wetterabhängig ist.

Das konstante Niveau von 50 Hz im Netz ist wichtig, um einen Blackout durch Über- oder Unterbelastung zu vermeiden.

### **Die Kraftwerksgruppe Sellrain- Silz**

Die Kraftwerksgruppe in Sellrain- Silz wurde in nur viereinhalb Jahren Bauzeit von 1977 bis 1981 errichtet. Zu dieser Zeit wurde dabei mehrfach bautechnisches Neuland beschritten. Der Finstertal-Staudamm existierte in seiner heutigen Größe noch nicht und für den Bau des Schachtes im Kraftwerk Kühtai kamen Verfahren zum Einsatz, die bis dato einzigartig waren. Das Kraftwerk in Silz hat eine Pelletonturbine, die 500 Umdrehungen/Min schafft. Diese Turbine ist hier sinnvoll, da das Wasser eine große Fallhöhe hat, aber wenig Wasserdurchfluss vorhanden ist. So kann in Silz 780MW Strom erzeugt werden.

### **Der Speicher Längental**

Der Speicher Längental ist mit 1901 m ü. NN der tiefst gelegene Speicher. Er dient als sogenannter Zwischenspeicher und hat ein Fassungsvermögen von 3 Mio. m<sup>3</sup> Wasser. Das darin befindliche Wasser wird je nach energetischen Erfordernissen durch die zwei Francisturbinen in das fast 1.300 m tiefer gelegene Kraftwerk Silz geleitet oder im Kraftwerk Kühtai in den Speicher Finstertal gepumpt. Im Turbinenbetrieb werden 80 m<sup>3</sup> / sek und im Pumpbetrieb 66 m<sup>3</sup> / sek Wasser bewegt. Dabei können 289MW Strom erzeugt werden. Die Umstellung der Turbinen in die jeweils andere Richtung dauert dabei nur wenige Minuten. Die Francisturbinen erweisen sich hierfür als sehr geeignet, da sie eine gute Effizienz bei einer mittleren Fallhöhe des Wassers und einem mittleren Durchfluss haben.



*Abb. 8: Blick auf den Längental-Speicher<sup>1</sup>*

### **Der Speicher Finstertal**

Der Speicher Finstertal liegt wie zu Beginn genannt circa 400 m höher als der Speicher Längental auf 2322m ü. NN. Der Untergrund des Speichers ist eine in der Eiszeit geformte Felsmulde, in der sich zwei Seen befanden. Nach der Errichtung der Talsperre wurden die beiden Seen zu einem großen Speicher zusammengefasst. Er besitzt ein Speichervolumen von 60 Millionen m<sup>3</sup> und zählt mit seinen fast 800 MW Werksleistung zu den leistungsstärksten Spitzenlastkraftwerken in den Ostalpen. Der Damm des Speichers Finstertal ist 149 m hoch und fast 400 m breit. Für die Schüttung des Dammes wurden 4,4 Mio. m<sup>3</sup> Steinbruchmaterial verwendet, die aus dem späteren Speicherraum gewonnen wurden. Der Damm ist ein Erdschuttdamm und wird durch eine 70 cm starke Asphaltbetonschicht von innen abgedichtet. Dies ist sinnvoll, da der Asphaltbeton Bentonit beinhaltet und sich dadurch über die Zeit mit dem sich

---

<sup>1</sup> Eigene Fotoaufnahme

bewegenden Gestein mitbewegen kann. Die Asphaltbetonschicht ändert nicht die Wasserqualität.

### Der Speicher Kühtai

Zurzeit befindet sich ein zusätzlicher Speichersee im Bau, wie in Abb. 9: Lage des zukünftigen Speichers *Kühtai* zu sehen ist. Er wird ein nutzbares Volumen von 31 Millionen m<sup>3</sup> Wasser haben und auf circa 2.000 m ü. NN. Höhe liegen. Zusätzlich wird auch ein zweites Pumpspeicherkraftwerk gebaut, welches dann das Wasser vom Speicher Kühtai zum Speicher Finstertal pumpen kann.

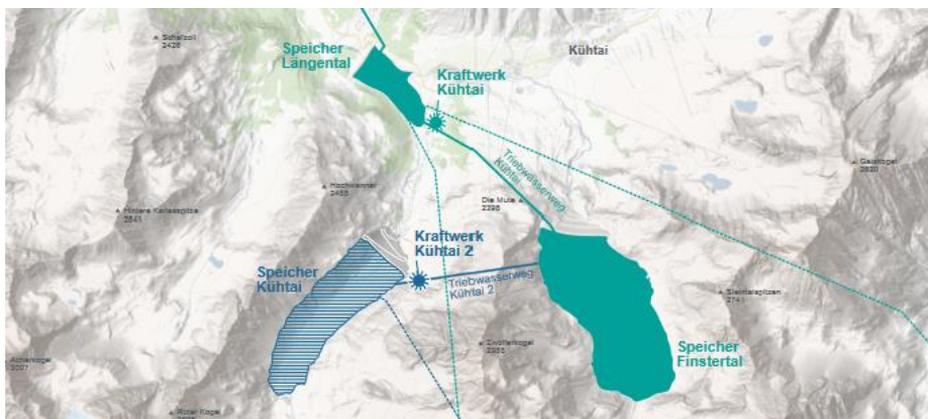


Abb. 9: Lage des zukünftigen Speichers *Kühtai*

### **Das Kraftwerk Kühtai**

Durch einen Beteiligungsstollen wird das anfallende Wasser aus dem mittleren Ötztal und dem Stubaital in den Speicher geleitet.

Das Kraftwerk Kühtai am Ufer der Längental-Speichers bildet die Oberstufe der Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz und ist bereits seit über 50 Jahren im Betrieb.

Es ist als Schachtkraftwerk bis zu einer Tiefe von 80m ausgeführt, wodurch das Wasser aus dem Längental-Speicher über eine Tiefe von 48 m dem Kraftwerk zugeführt werden kann.

Die beiden Maschinensätze (Abb. 10: *Turbine*) des Kraftwerks befinden sich am Boden des zylinderförmigen Schachtes mit einem Durchmesser von 30 m. Das Gewicht des Rotors beträgt 218 t und das Gesamtgewicht je Generator 525 t. Für eine Umstellung des Kraftwerks zwischen Pump- und Turbinenbetrieb sind nur 3 bis 4 Minuten erforderlich.

Aufgrund des im Boden gebauten Schachtkraftwerks kann sich eine Wartung der Geräte im Kraftwerk als Herausforderung darstellen.

Daher befindet sich am oberen Ende des Schachtes ein Dach, welches man öffnen kann. Um Reparaturen durchzuführen kann somit ein Portalkran die schweren Teile aus dem Schacht heben beziehungsweise herablassen.



Abb. 10: Turbine<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Eigene Fotoaufnahme

### **Danksagung**

Wir möchten uns herzlich bei Herrn Martin Schaiter für die interessante, informative und aufschlussreiche Führung durch das Pumpspeicherkraftwerk Kühtai bedanken. Durch ihre Expertise und die anschaulichen Erklärungen haben Sie uns ein besseres Verständnis für die Funktionsweise und die Bedeutung dieser Technologie vermittelt. Vielen Dank für Ihre Zeit.

Unser Dank gilt außerdem der TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG, die uns diese Besichtigung ermöglicht hat.

### **Quellen**

- TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG (o.J.). „Saubere Energie für Tirol – Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz“, S. 4-25
- Kühtai - Pumpspeicherkraftwerk | AFRY
- Präsentation der TIWAG
- Führung durch Martin Schaiter
- <https://www.tiwag.at/unternehmen/unsere-kraftwerke/kraftwerk/kraftwerksgruppe-sellrain-silz/>

## Bergiselschanze (Innsbruck)

Von Catherine Becker, Elisabeth Wild, Jan Kipper, Sebastian Häring

Am dritten Exkursionstag, Donnerstag, dem 23.05.2024, hatten wir die Möglichkeit, im Rahmen einer Sportführung die Ski-Großschanze „Bergiselschanze“ kennenzulernen. Unsere Führung startete neben einer historischen Einordnung des Skispringens und Informationen zur Schanze mit einem Live-Sprung durch den ehemaligen Profi-Springer Martin Nagiller. In seiner sowie der Begleitung eines weiteren ehemaligen Profis, Thomas Hofer, durften wir mit dem Schrägaufzug zum Schanzenbauwerk hinauffahren und dieses begehen, während die beiden Skispringer uns mehr Informationen zur Schanze und ihrer Sportart vermittelten.



Abb. 12: Schanzenrutsch und Stadion von oben<sup>2</sup>

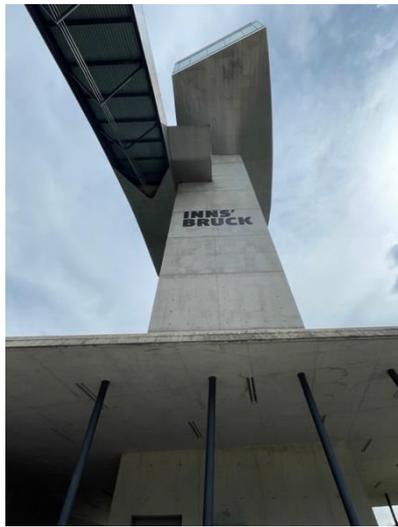


Abb. 11: Schanzenzentrum<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Eigene Fotoaufnahme

<sup>2</sup> Eigene Fotoaufnahme

## Wintersportart Skispringen

Der Ursprung des Skifahrens reicht nachweislich mehrere tausend Jahre zurück. Der Begriff Ski bedeutet so viel wie „gespaltenes Holz“ und stammt aus Norwegen. Ursprünglich als Fortbewegungsmittel der norwegischen Armee genutzt, entwickelte sich das Skifahren über die Jahre zur Freizeitbeschäftigung der norwegischen Bevölkerung. Daraufhin breitete sich die Aktivität in ganz Europa sowie Nordamerika aus und erfreute sich zunehmend großer Beliebtheit.<sup>3,4</sup>

Auch die ersten Aufzeichnungen zum Skispringen stammen aus Norwegen und gehen auf das 18. Jahrhundert zurück. Der erste gemessene Sprung von 9,50 m über einen Schneehügel erfolgte 1809<sup>5</sup>. 41 Jahre später wurde durch den Norweger Sondre Norheim, der auch als erster eine Skibindung verwendete, ein Weltrekord von 30,50 m aufgestellt, der 33 Jahre nicht gebrochen wurde. 1879 wurde schließlich die erste Schanze im heutigen Oslo in Betrieb genommen. Vier Jahre später entdeckte man die bis heute typische Telemark-Landung<sup>3,6</sup>. Die Sprungtechnik entwickelte sich seither stetig weiter und es konnten immer größere Sprungweiten erzielt werden.

Bereits seit 1924 ist das Skispringen als olympische Disziplin anerkannt, einheitliche bauliche Richtlinien für die Schanzen existieren allerdings erst seit 1936. Diese sollen neben einem reglementierten Rahmen vor allem die Sicherheit erhöhen und erlaubten zunächst nur Sprünge bis maximal 80 m Weite. Neben der Technik, die vor allem unter Berücksichtigung aerodynamischer

---

<sup>3</sup> <https://www.checkyeti.com/blog/de/skifahren-geschichte> (27.05.2024)

<sup>4</sup> Führung durch Thomas Hofer und Martin Nagiller

<sup>5</sup> <https://rekord-institut.at/skisprung-weltrekord/> (27.05.2024)

<sup>6</sup> <https://www.skispringen.com> (27.05.2024)

Effekte immer ausgefeilter wurde, entwickelte sich ebenso das Design der Schanzen bis heute kontinuierlich weiter<sup>6,7</sup>.

Nach wie vor ist das Skispringen eine beliebte Sportart. Mit den neuen Schanzen und der heutigen Skisprungtechnik bewegen sich die Weiten der besten Springer auf der Großschanze, zu denen auch die Bergiselschanze zählt, deutlich über 100 Meter. Der dortige offizielle, bei einem Wettkampf erzielte Schanzenrekord im Winter beträgt derzeit 138 Meter<sup>7</sup>.

Seit 1953 ist es durch Matten möglich die Sportart auch im Sommer auszuführen. Da Skispringen nach wie vor zu den Wintersportarten zählt und somit auch sämtliche Wettkämpfe im Winter stattfinden, bietet das Springen in der warmen Jahreszeit zusätzliche Trainingsmöglichkeiten<sup>4</sup>.

Im Sommer wie auch im Winter wird das gleiche Material benutzt: Anzug, Skischuhe, und Ski (Abb. 13Abb. 13). Das Sprungmaterial ist reglementiert, um faire Bedingungen zu schaffen. Konkret bedeutet dies für den Anzug, dass dieser mit einem sehr geringen Toleranzbereich an allen Bereichen des Körpers anliegend sein muss<sup>6</sup>. Die zulässige Länge der Ski richtet sich nach der Größe und dem Gewicht der Springer. Je größer der Sportler oder die Sportlerin, desto

---

<sup>7</sup> <https://www.skisprungschanzen.com/DE/Schanzen/AUT-Österreich/Tirol/Innsbruck/0049-Bergisel/> (27.05.2024)

längere Ski sind zulässig, wobei zusätzlich ein zugehöriges Mindestkörpergewicht eingehalten werden muss<sup>4</sup>.

Neben dem richtigen Material sind die Richtige Haltung während des Fluges und

Abb. 13: Schuhe, Ski, Helm und Handschuhe<sup>3</sup>



der Absprung wesentliche Faktoren.

Letzterer sollte fest und im richtigen Winkel geschehen. Die Vorbereitung auf den Absprung, das Aufstehen aus der Hocke, sollte ca. 6-7 m vor Ende des Schanzentisches erfolgen, wobei der richtige Zeitpunkt des Absprunghes bei Geschwindigkeiten von 110-120 km/h auch bei erfahrenen Springern viel Intuition benötigt. Da die Thermik und Dynamik eine große Rolle während des Fluges spielen, wird die Anlaufänge während eines Wettbewerbs abhängig vom Wetter angepasst, um gerechte Bedingungen zu gewährleisten<sup>4, 8</sup>.

---

<sup>8</sup> Von Tkarcher – Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18112509> (26.06.2024)

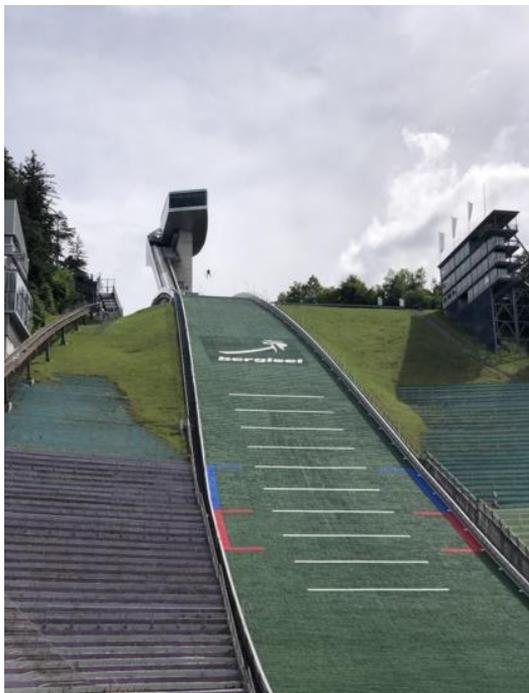


Abb. 14: Landezone und Weitenmarkierungen<sup>9</sup>

Der größte Kraftaufwand wird für das Abfedern bei der Landung benötigt. Als Orientierung für diese besitzt die Sprungschanze in der Landezone mehrere Bereiche, die bestimmte Weiten anzeigen (Abb. 14).

Der blaue Bereich ist der steilste mit etwa  $34^\circ$  Neigung. Dieser ist am leichtesten für die Landung. Im tiefergelegenen roten Bereich fällt die Neigung auf etwa  $32^\circ$  ab. Dort befindet sich zudem der K-Punkt (Konstruktionspunkt). Ab diesem Punkt wird das Gefälle des Aufsprunghanges flacher (Abb. 15). Er ist der Bezugspunkt für die Berechnung der Weitenpunkte.

---

<sup>9</sup> Eigene Fotoaufnahme

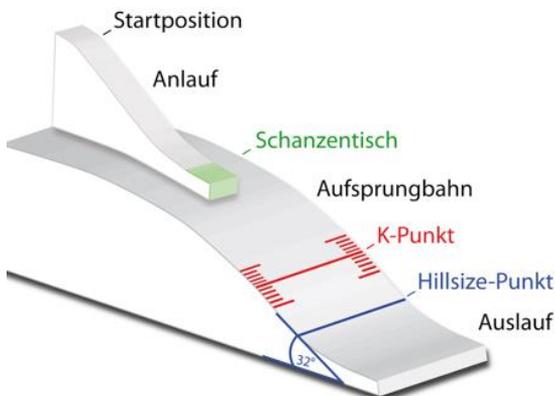


Abb. 15: Schematischer Aufbau eines Schanzentisches mit K-Punkt<sup>8</sup>

Der K-Punkt der Bergiselschanze liegt bei 120 m<sup>10</sup>. Für jeden Meter ausgehend vom K-Punkt, erhält der Springer plus oder minus 1,8 Punkte. Die weißen Linien liegen jeweils 5 m auseinander.

Neben Punkten für die Weite, gehen auch Haltungsnoten in die Bewertung eines Sprunges ein<sup>4,6</sup>.

### Großschanze “Bergiselschanze”

Die Bergiselschanze ist nicht nur einer der vier Austragungsorte der jährlichen Vierschanzentournee seit ihrer ersten Auflage am 3. Januar 1953, sondern war auch bereits zweimal Schauplatz der Olympischen Winterspiele (1964 und 1976)<sup>4,11</sup>.

Das erste Bergisel-Springen fand am 23. Januar 1927 auf der Naturschanze statt. Bereits im darauffolgenden Jahr wurde die erste bauliche Erweiterung, ein hölzerner Sprungturm mit einem Anlauf von 100 Metern, errichtet. Beim Zuschlag für die Spiele 1964 wurde die bis dahin noch private Schanze von der Stadt Innsbruck gekauft und ausgebaut. Seit 1989 ist die Schanze für 40 Jahre

---

<sup>10</sup><https://www.innsbruck.info/sehenswuerdigkeiten/aussichtsplattformen/detail/infrastruktur/bergisel-sprungschanze-stadion-innsbruck.html> (22.06.2024)

<sup>11</sup> Besucherflyer Bergiselschanze

an den österreichischen Skiverband vermietet, der sie aktuell betreibt und 2001/2002 die aktuelle und insgesamt sechste Version der Schanze am Bergisel baute [4]. Durch den preisgekrönten Entwurf der Architektin Zaha Hadid, bei dem erstmals auch ein Restaurant und eine Aussichtsterrasse in den Turm integriert sind, wurde die Schanze in Kombination mit ihrer Lage über Innsbruck zu einem Wahrzeichen der Stadt<sup>4,10</sup>.

Dieser Umbau ermöglicht erstmalig auch das sogenannte Mattenskispringen auf der Bergiselschanze, also das Springen im Sommer. Die zugehörige Sommerspur besteht aus mit Wasser benetzten Kunststoffnoppen (Abb. 16) und gelandet wird auf Kunststoffmatten, die ebenfalls befeuchtet werden. Im Winter hingegen gleitet der Ski in einer Eis-Spur, die durch ein Kühlsystem bis zu einer Außentemperatur von +15 °C einsetzbar ist.<sup>4</sup>



Abb. 16: Sommerspur mit Noppen<sup>12</sup>

Insgesamt gibt es 34 verschiedene Startpositionen für den Anlauf. Diese unterscheiden sich durch die Höhe der Ausgangsposition. Fünf Höhenstufen bedeuten eine Geschwindigkeitszunahme von ca. 1 km/h. Durch diese Geschwindigkeitszunahme erhöht sich die Sprunglänge um sechs bis zehn Meter. Abhängig von den Wetterbedingungen setzen die Schiedsrichter die Startposition fest, um somit einen fairen und sicheren Wettkampf zu gewährleisten.<sup>4</sup>

Aufgrund ihres Alters müssen einige Teile der Anlage inzwischen saniert werden. Zuletzt im Jahr 2024 die Aufzugsanlage und die Stützenfundamente, wobei im

---

<sup>12</sup> Eigene Fotoaufnahme

<sup>13</sup> Eigene Fotoaufnahme

gleichen Zuge auch die Matten für das Sommerspringen ausgetauscht wurden.<sup>4,14</sup>

Neben den diversen Wettkämpfen im Skispringen fanden auch andere Großveranstaltungen, wie beispielsweise eine Messe des Papsts Johannes Paul II im Sommer 1988 vor 60.000 Gläubigen oder Liveübertragungen von Fußballmeisterschaften an der Schanze statt.<sup>4</sup>

### **Das Bauwerk**

Die Schanze lässt sich grundlegend in drei Elemente gliedern: den Turm, den Turmkopf und die Anlauframpe.<sup>16</sup>

Der Fuß des Bauwerks, von dem man den Turm betreten kann, ist entweder über 455 Stufen oder alternativ bequemer über einen Schrägaufzug in ca. zwei Minuten Fahrtzeit zu erreichen. Dieser kann bis zu 350 Personen pro Stunde befördern.<sup>13</sup>

Der Schanzenturm wurde auf einer 16 mal 20 Meter großen Fundamentplatte gegründet. Es gibt insgesamt drei Untergeschosse, welche für Technik sowie als Lager und Personalräume genutzt werden. Darüber befindet sich das offene Eingangsgeschoss, von dem zwei Aufzüge den 7 mal 7 Meter großen Turmschaft bis auf 43,5 m hinaufführen. Zusätzlich gibt es aus Brandschutzgründen ein Fluchttreppenhaus.

Auf den Schaft aufgesetzt thront der stählerne Turmkopf (oben Abb. 17). Dieser besteht ebenfalls aus drei Geschossen. Neben dem Panoramarestaurant „Bergisel Sky“ und einer Aussichtsplattform, enthält der Kopf auch eine Rettungsebene. Die Ebenen kragen bis zu 12 m über den Turmschaft hinaus.<sup>13,15</sup> Das für den Sport wichtigste Element ist jedoch die Anlauframpe. Der ursprüngliche Entwurf sah einen Durchlaufräger über vier

---

<sup>14</sup> <https://www.bergisel.info/at/> (30.05.2024)

<sup>15</sup> Eigene Fotoaufnahme

<sup>16</sup> <https://www.baunetzwissen.de/elektro/objekte/sonderbauten/skisprungszchanze-bergisel-in-innsbruck-a-70362> (22.06.2024)

Felder mit drei Stützen vor. Das heutige Bauwerk weicht jedoch davon ab. Es wurde komplett stützenfrei mit einer schiefen Länge von 68,5 m und bis 35° Neigung als Stahlfachwerk-Trog mit Seilunterspannung (Fischbauch) ausgeführt (Abb. 17). Das zur Schanze gehörende Stadion hat eine Zuschauerkapazität von ca. 28.000 Menschen.<sup>13</sup>



*Abb. 17: Stahlunterkonstruktion der Anlauframpe und auskragender Panoramabereich<sup>17</sup>*

Ein herzlicher Dank für die spannende und lehrreiche Führung gilt den beiden ehemaligen Skispringern Martin Nagiller und Thomas Hofer, sowie unseren Organisatoren Charlotte Horstmann und Marc Weinmann.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Eigene Fotoaufnahme

## **Überblick**

Bauherr: Österreichischer Skiverband (ÖSV) mit zusätzlicher Finanzierung durch den Österreichischen Staat, das Land Tirol und die Stadt Innsbruck<sup>13</sup>

Architektin: Zaha Hadid<sup>10</sup>

Ausführung: Malojer Baumanagement<sup>4</sup>

Bauzeit: Juni 2001 bis September 2002<sup>10</sup>

Auftragsvolumen: 15,4 Millionen Euro<sup>10</sup>

## Werksführung Liebherr in Telfs

Von Antonia Wolf, Bruno Blattert, Franziska Böttcher, Jakob Humborg



Abb. 18: Liebherr-Werk Telfs<sup>1</sup>

### Allgemeine Informationen

Liebherr ist ein in dritter Generation geführtes Familienunternehmen, welches weltweit vertreten ist. Das Unternehmen wurde 1949 mit der Erfindung des Turmdrehkrans von Dr. Hans Liebherr gegründet.<sup>1</sup> Mittlerweile erwirtschaftet Liebherr mit über 53 Tsd. Mitarbeitern in 40 Produktionsstätten einen Umsatz von über 14 Mrd. € mit 13 Produktionssegmenten.<sup>2</sup> Liebherr generiert den

---

<sup>1</sup> <https://www.liebherr.com/de/deu/%C3%BCber-liebherr/liebherr-weltweit/%C3%B6sterreich/telfs/telfs.html>

<sup>2</sup> <https://www.liebherr.com/de/deu/%C3%BCber-liebherr/unternehmensprofil/zahlen-fakten/zahlen-und-fakten.html>

größten Umsatz mit Erdbewegungsmaschinen, gefolgt von Kränen, dem Aero-Space. Zukünftiger Sektor mit steigender Tendenz ist die Mining Industrie.<sup>3</sup>

### **Standortvorstellung**

Der Standort Telfs in Österreich beschäftigt ca. 1000 Mitarbeiter und begann 1976 mit der Fertigung und Entwicklung von Planierraupen. Über die Jahre wurde die Produktion mit Laderaupen, Rohrlegern und Teleskopladern erweitert. Die Maschinen werden zur Erdbewegung, in der Industrie/Landwirtschaft, zur Öl- oder Gas-Gewinnung und im Mining eingesetzt. Das Werk in Telfs nutzt einen der größten Schweißroboter der Welt zur Fertigung einzelner Bauteile.

### **Forschung und Entwicklung**

Neben Einblicken in die Produktionsprozesse wurden Informationen über den Bereich Forschung und Entwicklung sowie über die neue Herangehensweise von Liebherr vermittelt, mit der das Unternehmen neue und verbesserte Produkte an den Markt bringen möchte.

Gemäß dem Vortrag von Herrn Katrycz soll das primäre Ziel von Liebherr sein, Lösungen für aktuelle Herausforderungen zu entwickeln, die weit über das derzeitige Spektrum von Baugeräten und Kühlschränken hinausgeht. Daraus abgeleitet lautet der Leitsatz der Firma“ Ziele zu erreichen, die bisher noch

---

<sup>3</sup><https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/baumaschinen/erdbewegung/laderaupen/ueb ersicht.html>

unvorstellbar waren“.<sup>4</sup> Früher lag der Fokus darauf, wie Produkte funktionieren sollen. Heute soll die Frage in den Vordergrund rücken, was erreicht werden soll.

Hierbei stehen folgende Leitfragen und Themen im Vordergrund:

- Aus welchen Ressourcen und mit welchem Verfahren soll zukünftig Primärenergie erzeugt werden?
- Wie sollen Bauwerke und Infrastruktur entstehen?
- Woher kommen die dafür benötigten Rohstoffe und Energie ?
- Transition als Kernthema
- Mobilität und Transportwesen
- Wie viel Sensorik wird in Zukunft nötig sein?
- Sind andere Arten von Verkehrsleittechniken möglich und werden sie notwendig?
- Austausch von Hydraulik gegen Elektronik (bis zu welchem Grad nötig und möglich?)
- Rüstungsindustrie als neuer Sektor für Liebherr
- Zusammenarbeit mit Flugzeugherstellern für den Technologietransfer
- Rohstoffbezug aus dem All
- Wie smart müssen Produkte sein?
- Rohstoffversorgung, Recycling
- Wie kommen Güter von A nach B?
- Warenumsatz von Häfen, Schifffahrt, etc.<sup>4</sup>

Liebherr hat eine Roadmap bis 2030 entwickelt. Maschinen sollen 30% wasserstoffbetrieben sein und 50% der Maschinen elektrisch betrieben werden.

### **Werksführung**

Bei der Werksführung im Liebherr Werk in Telfs konnten detaillierte und ausführliche Einblicke in die Produktionsprozesse gewonnen werden. Die Führung orientierte sich an den einzelnen Stationen der Fertigung, wodurch ein

---

<sup>4</sup> Gastvortrag von Herrn Alexander Katrycz im Liebherrwerk Telfs vom 24.05.2024

umfassender Überblick gegeben wurde. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Stationen zusammengefasst vorgestellt.



*Abb. 19: Werksführung<sup>5</sup>*

### **Lager und Zuschnitt**

Die Führung begann im Lagerbereich, in den Rohmaterialien, vor allem Bleche/Platten mit einer Stärke von bis zu 400 mm und einzelne Bauteile gelagert und vollautomatisch für die Produktion kommissioniert werden. In dem gleichen Hallenabschnitt werden die Materialien zugeschnitten. Bis zu einer Stärke von 25 mm erfolgt dies mit einem CO<sub>2</sub>-Laser, der eine Arbeitstemperatur

---

<sup>5</sup> Eigene Fotoaufnahme

von bis zu 1000° C erreicht. Darüber werden die Plattenwerkstoffe mit einem konventionellen Plasmaschneider zugeschnitten.

### Biegen/Abkanten

Anschließend werden die zugeschnittenen Bleche abgekantet. Das heißt, die Bleche werden mithilfe von CNC-Maschinen in die gewünschte Form gebogen.

### Schweißnaht Vorbereitung

Hier werden z.B. V-Profile mithilfe von CNC-Fräsen vorbereitet. Dies stellt einen wichtigen Schritt für die Vorbereitung der Schweißnähte dar, um eine stabile und dauerhafte Schweißnaht sicherzustellen.

### Vormontage

Zur Schweißvorbereitung gehört ebenfalls die Vormontage, bei der einzelne Bauteile bereits vor dem Schweißen zusammengeführt werden.

### Schweißen/Roboterschweißen

In der Haupthalle findet das Schweißen statt. Liebherr setzt hier auf vollautomatische Schweißroboter, welche eine gleichbleibend hohe Qualität und Geschwindigkeit sicherstellen. Lediglich bei ca. 5% aller Bauteile müssen die Schweißnähte von Hand ausgeführt werden. Hinzu kommt, dass vor dem Schweißvorgang der gesamte Durchgang simuliert wird, um Fehler zu

vermeiden und Anpassungen vor dem tatsächlichen Schweißen durchzuführen. Dies trägt erheblich zur Senkung der Fehlerquote bei Schweißnähten bei.

### Schweißnähte Prüfen

Anschließend werden die Schweißnähte auf ihre Qualität geprüft. Bei diesem Prozessschritt werden unter anderem der Querschnitt, der Wärmeeintrag und die Verschmelzungszone betrachtet.

### Stahlbau

Der Stahlbau umfasst Bohren, Fräsen und Drehen, um die Anschlüsse und Verbindungen der Bauteile herzustellen. Bei der mechanischen Bearbeitung werden einzelne Bauteile verbunden.

### Lackieren

Das Lackieren der einzelnen Bauteile erfolgt in 29 Arbeitsschritten über ca. 16 Stunden. Die Oberflächen werden so vor Korrosion und Verschleiß geschützt und erhalten ihre für Liebherr typische gelbe Farbe.

Montage

Die letzte Station war die Montage, bei der die Bauteile zum Endprodukt zusammengesetzt werden. Bei der Montage durchläuft das Produkt folgende Schritte:

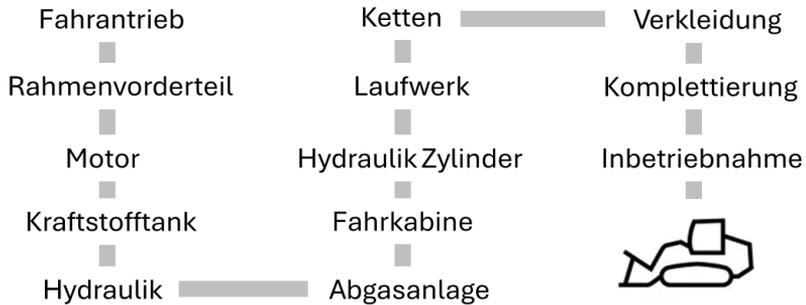


Abb. 20: Laderaupe<sup>3</sup>



Abb. 21: Liebherr Dozer<sup>6</sup>

Neben den Produktionsschritten konnten während der Werksführung weitere Einblicke gewonnen werden. Hier sind die natürliche Kühlung der Produktionshallen in der Nacht sowie die Luftreinigung mit Wärmerückgewinnung zu nennen. Zudem konnten Lean-Methoden in der Praxis beobachtet werden. Liebherr setzt hier vor allem auf die 5S-Methode und Supply Chain Management.

### **Danksagung**

Wir danken Herr Alexander Katritz für die informative und beeindruckende Werksführung und die detaillierten Einblicke in die Produktionsprozesse im Liebherr-Werk Telfs. Ebenfalls bedanken wir uns auch für das großartige Mittagessen.

---

<sup>6</sup> *Eigene Fotoaufnahme*

## **S21 – Bonatzbau, Stuttgart**

*Von Andrew Black, Finn Kellermann, Frederic Dumont, Giuseppe Tuzzolino*

Am 24.05.2024 besuchte unsere TMB Exkursionsgruppe als letzten Stopp der Exkursion die Baustelle des Bonatzbaus in Stuttgart, der im Rahmen des Projekts Stuttgart 21 umgebaut wird. Der Bonatzbau, ein historisch bedeutendes Gebäude, wurde ursprünglich von Paul Bonatz entworfen und 1914 erbaut. Ziel des Umbaus ist es, den Bonatzbau als Haupteingangshalle des neuen Durchgangsbahnhofs zu nutzen. Der Umbau stellt eine komplexe Herausforderung dar, da sowohl denkmalgeschützte als auch moderne bauliche Anforderungen berücksichtigt werden müssen.

Der Bonatzbau wurde ursprünglich von 1914 bis 1918 erbaut. Die Form und der 55 m hohe Turm waren bereits damals besonders. Als Folge des zweiten Weltkriegs musste das Bahnhofsgebäude neu aufgebaut werden, die Form des Gebäudes wurde dabei erhalten. In den 70 er Jahren wurde das Gebäude erweitert und ein Anschluss an das S-Bahn Netz geschaffen. In Zukunft soll der Bonatzbau den Eingang zum unterirdischen Stuttgarter Bahnhof, der den bisherigen Kopfbahnhof in einen Durchgangsbahnhof umwandeln soll, bilden.

Die historische Bedeutung des Gebäudes sowie seine Lage in einem urbanen Umfeld erfordern besondere Maßnahmen in Bezug auf Denkmalschutz und Bauverfahren. Um dem Denkmalschutz gerecht zu werden, bleibt die Außenfassade erhalten und wird saniert. Der Bonatzbau soll zukünftig als multifunktionales Gebäude mit Hotel, Meetingräumen, Polizeistation und weiteren Einrichtungen genutzt werden.

Der Bauherr des Projekts ist die Deutsche Bahn AG. Die aktuellen Planungen werden von verschiedenen Architektur- und Ingenieurbüros durchgeführt.

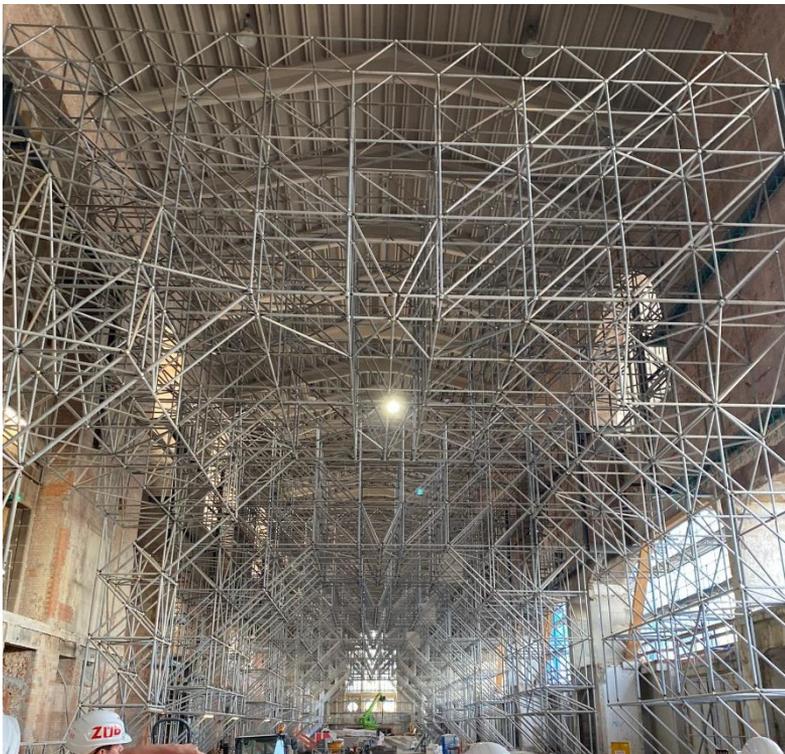
Die Bauarbeiten werden von der Firma Züblin mit einem Team von 25 Ingenieuren ausgeführt. Die Rohbaukosten wurden ursprünglich auf 115 Millionen Euro geschätzt, sind jedoch mittlerweile auf 150 Millionen Euro gestiegen. Die Gesamtkosten für den Umbau des Bonatzbaus belaufen sich auf

250 Millionen Euro, finanziert durch die Deutsche Bahn AG und öffentliche Mittel. Wie die Baukosten übersteigt auch die Bauzeit das vorgesehene Maß. Die ursprüngliche geplante Fertigstellung im Jahr 2025 nach fünf Jahren Bauzeit kann voraussichtlich nicht erreicht werden. Eine genau Bestimmung der Bauzeitverlängerung ist schwierig.

### **Bauliche und technische Details**

Der Bonatzbau soll in einer Haus in Haus Lösung umgebaut werden, sodass die Fassade erhalten und das Gebäudeinnere zweistöckig und lichtdurchflutet umgebaut wird. Um das zu ermöglichen, wurde die tragende Struktur des Gebäudes durch umfangreiche Aussteifungsmaßnahmen in Form eines stützenden Gerüsts (Abb. **22**) und den Einsatz von Hochdruckinjektionskörpern stabilisiert.

Die Aussteifung des Gebäudes wurde durch den Bau eines oberen Riegels und seitlicher Stiele erreicht, bevor die tragenden Wände und Decken abgebrochen wurden. Industriekletterer wurden eingesetzt, um an schwer zugänglichen Stellen zu arbeiten und die Sicherheit der Arbeiter nicht zu gefährden.



*Abb. 22: Aussteifungsgerüst im Bonatzbau<sup>1</sup>*

Aufgrund des nicht sehr leistungsstarken Betons (C25/30) musste an einigen Stellen mithilfe Injektionen aus Zementsuspensionen in den schluffigen Boden die Tragfähigkeit der Fundamente erhöht und gewährleistet werden. Teilweise musste durch die bestehenden Fundamente injiziert werden, was den Aufwand

---

<sup>1</sup> Eigene Fotoaufnahme

deutlich steigerte. Der Rücklauf der Injektionen musste täglich in großen Mengen entsorgt werden, was zusätzliche logistische Herausforderungen darstellte. Die denkmalgeschützte Fassade wird sorgsam restauriert dabei werden nicht intakte Ziegelsteine durch neue ersetzt und vernagelt.

Um den Anschluss an die unterirdisch gelegenen S-Bahn-Strecken und den Bahnsteigen des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofs zu schaffen wird der Bonatzbau mehrstöckig unterkellert. Bereits bei der Führung war ein Blick durch die Schächte für Lifte und Technik nach unten möglich.



*Abb. 23: Baugrube für das Versorgungsgebäude<sup>2</sup>*

Neben dem Bahnhofsgebäude wurde eine weitere Baugrube geöffnet. Hier entsteht ein Versorgungsgebäude für den gesamten Bahnhof. Das Versorgungsgebäude liegt komplett unterirdisch und wird nach Abschluss der Arbeiten über eine Rampe für den Lieferverkehr erreichbar sein. Während des Besuchs befand sich das Gebäude noch in der Rohbauphase man konnte gut

---

<sup>2</sup> Eigene Fotoaufnahme

die hellblaue Frischbetonverbundfolie (Abb. 23) erkennen, die das Gebäude gegen eindringende Feucht abdichten soll.

Die Arbeiten umfassen auch den Umbau des alten InterCity-Hotels, der abschnittsweise durchgeführt wurde. Hierbei wurden temporäre Aussteifungen und Stahlrahmen eingesetzt, um die Stabilität während des Abbruchs der Zwischendecken zu gewährleisten. Anstehende Windlasten werden über den Rahmen abgefangen und über die Wände in den Boden geleitet. Die inneren Gebäudeteile werden abgebrochen und durch moderne Strukturen ersetzt.

### Logistische Herausforderungen

Aufgrund der innerstädtischen Lage und geringen freien Fläche werden Baustoffe möglichst nach dem Just in time Prinzip geliefert und verarbeitet. Damit dies auch innerhalb des Bonatzbaus funktioniert und große Transporter und Maschinen in die Halle kommen können wurde die Hauptöffnung im Turm auf eine Höhe von 4,50 m erweitert (Abb. 24).



Abb. 24: Aufgeweiteter Eingang zum Bonatzbau<sup>3</sup>

Der Bauablauf erfordert eine enge Zusammenarbeit und Koordination zwischen verschiedenen Gewerken und Planern. Die Baustelle ist klar strukturiert, um

---

<sup>3</sup> Eigene Fotoaufnahme

Sicherheit und Effizienz zu gewährleisten. Temporäre Abdichtungen und Schutz Einrichtungen wurden installiert, um die Baustelle gegen Umwelteinflüsse zu schützen und die Sicherheit der Arbeiter zu gewährleisten.

### **Herausforderung**

Der Baufortschritt wird durch die parallele Arbeit an verschiedenen Bereichen der Baustelle erreicht. Der Aushub für das Untergeschoss, der Bau von Aufzugsschächten und die Installation von Versorgungsleitungen erfolgen zeitgleich. Alle tätigen Gewerke auf der Baustelle auf der Baustelle abzustimmen ist ein großer Aufwand und kann bei Verzögerungen leicht zu Komplikationen führen. Beim Bonatzbau erfolgt der Umbau deshalb in insgesamt 50 Bauphasen. Um den Zeitplan möglichst gut einzuhalten und aufzuholen wird im Moment im Zwei-Schicht Betrieb gearbeitet.

Bei den Arbeiten am Bonatzbau und Stuttgart 21 (besonders während der Arbeiten im Untergeschoss) muss berücksichtigt werden, dass während der gesamten Bauphase der S-Bahn Betrieb unter dem Hauptbahnhof nicht eingeschränkt wird.

Ein weiterer Grund für die Verzögerung der Baumaßnahme ist die unzureichende Grundlagenermittlung, die während des Bauablaufs nachträgliche Planungen erforderlich machte. Zudem führte die Beauftragung mehrerer Statiker zu teilweise widersprüchlichen Plänen und Empfehlungen, was die Planungsphase zusätzlich verlängerte und erschwerte.

### **Dank**

Der Besuch der Baustelle des Bonatzbaus im Rahmen des Projekts Stuttgart 21 bot tiefgehende Einblicke in die komplexen Bauprozesse und Herausforderungen, die mit der Umgestaltung eines historischen Gebäudes verbunden sind. Solche großen beeindruckenden Projekte wie der Bonatzbau, aber auch andere Projekte, die wir während der Exkursion besichtigen konnten, wären ohne den Bund und große Unternehmen wie die Bahn nicht möglich. Besonderer Dank gilt Tobias Middendorf und Eva Mayer für die detaillierte

Führung und die Beantwortung aller Fragen. Durch die Beiden ist es uns möglich ein tieferes Verständnis für die Herausforderungen aber auch Möglichkeiten des Bauens im Bestand zu entwickeln, was auch in der Zukunft ein wichtiges Thema sein wird.

Alle Informationen und Details in diesem Bericht stammen aus der Führung durch den Bonatzbau von Tobias Middendorf und Eva Mayer. Zusätzlich wurden die verwendeten Bilder von uns selbstständig, während der Führung geschossen.

### **Überblick**

<u>Bauherr:</u>	DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
<u>Architekt:</u>	Paul Bonatz
<u>Ausführung:</u>	ZÜBLIN
<u>Bauzeit:</u>	2020-2025 (nicht erreichbar)
<u>Auftragsvolumen:</u>	250 Mio. € (115 Mio. € Rohbau)
<u>Quellen:</u>	Präsentation ZÜBLIN Führung durch Tobias Middendorf und Eva Mayer