

# **Große Geotechnik Exkursion 2018 nach Österreich**

des Institutes für Geotechnik der  
Universität Stuttgart

## **Exkursionsbericht**

vom 14.-17.11.2018

Allgäu, Tirol, Steiermark

Rainer Worbes M. Eng.





# Große Geotechnik Exkursion des IGS

vom 14. – 17.11.2018  
ins Allgäu – Tirol – Steiermark

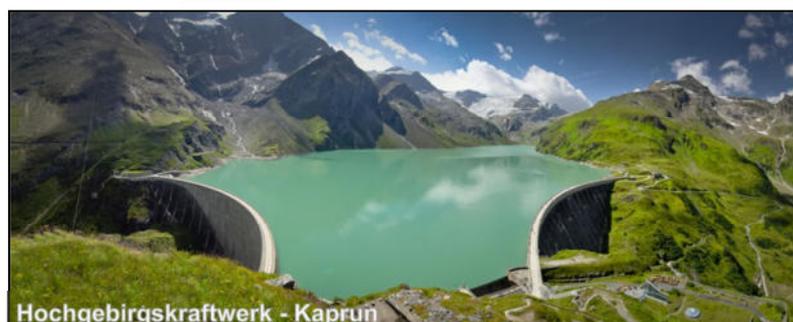






Abbildung Cover und Back-Cover:

Lattenbach bei Pians

Foto: Rainer Worbes

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann

Universität Stuttgart • Institut für Geotechnik • Pfaffenwaldring 35 • 70569 Stuttgart

Tel.: +49 (0)711 685 62436 • Fax: +49 (0)711 685 62439

Ansprechpartner: M. Eng. Rainer Worbes • [rainer.worbes@igs.uni-stuttgart.de](mailto:rainer.worbes@igs.uni-stuttgart.de)

Alle in diesem Exkursionsbericht enthaltenen Angaben wurden von den Berichterstattern und Berichterstatterinnen nach bestem Wissen erstellt.

Inhaltliche Fehler oder fehlende Kennzeichnung von Zitaten können nicht vollständig ausgeschlossen werden. Deshalb erfolgen die nachstehend getroffenen Angaben und mitgeteilten Daten ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie sowohl der Autoren als auch der Exkursionsleitung.





## Teilnehmerliste

### Große Geotechnik Exkursion - Allgäu, Tirol, Steiermark (14. – 17.11.2018)

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann

Teilnehmer:

- |     |                           |  |
|-----|---------------------------|--|
| 1.  | Bauknecht, Julian         | Elektro- und Informationstechnik           |
| 2.  | Bockius, Philip           | Bauingenieurwesen                          |
| 3.  | Bottek, Micha             | Bauingenieurwesen                          |
| 4.  | Brodscholl, Regina        | Bauingenieurwesen                          |
| 5.  | Cancar, Vincent           | Verkehrsingenieurwesen                     |
| 6.  | Christl, Stefanie         | Bauingenieurwesen                          |
| 7.  | Durek, Sebastian          | Bauingenieurwesen                          |
| 8.  | Ehnle, Maximilian         | Bauingenieurwesen                          |
| 9.  | Geisert, Pascal           | Bauingenieurwesen                          |
| 10. | Glaser, David             | Verkehrsingenieurwesen                     |
| 11. | Gold, Carolin             | Bauingenieurwesen                          |
| 12. | Gramlich, Nils            | Bauingenieurwesen                          |
| 13. | Hahn, Leonie              | Verkehrsingenieurwesen                     |
| 14. | Hofferer, Adrian          | Bauingenieurwesen                          |
| 15. | Keim, Leon                | Bauingenieurwesen                          |
| 16. | Kotter, Fabian            | Bauingenieurwesen                          |
| 17. | Krauß, Lisa-Marie         | Bauingenieurwesen                          |
| 18. | Kugler, Till              | Bauingenieurwesen                          |
| 19. | Kunz, Maximilian          | Bauingenieurwesen                          |
| 20. | Müller, Paul              | Bauingenieurwesen                          |
| 21. | Nanou, Eleftheria         | Bauingenieurwesen                          |
| 22. | Rall, Niklas              | Bauingenieurwesen                          |
| 23. | Reinken, Johannes         | Bauingenieurwesen                          |
| 24. | Resch, Constanze          | Bauingenieurwesen                          |
| 25. | Rostan, Daniel            | Bauingenieurwesen                          |
| 26. | Rühle, Nicolas            | Bauingenieurwesen                          |
| 27. | Saur, Friederike          | Bauingenieurwesen                          |
| 28. | Scheffbuch, Moritz        | Verkehrsingenieurwesen                     |
| 29. | Seidler Marques, Henrique | Bauingenieurwesen                          |
| 30. | Sippel, Christian         | Bauingenieurwesen                          |
| 31. | Söder, Sophie             | Bauingenieurwesen                          |
| 32. | Tenbruck, Jonas           | Bauingenieurwesen                          |
| 33. | Thorwart, Anna            | Bauingenieurwesen                          |
| 34. | Trautmann, Sebastian      | Immobilientechnik und Immobilienwirtschaft |
| 35. | Vochazer, Fabian          | Bauingenieurwesen                          |
| 36. | Weise, Delia              | Bauingenieurwesen                          |
| 37. | Yarahmadi, Sarah          | Bauingenieurwesen                          |
| 38. | Zimmermann, Cedric        | Bauingenieurwesen                          |
| 39. | Zwisler, Berenike         | Bauingenieurwesen                          |

Mitarbeiter:

- |         |                   |                         |
|---------|-------------------|-------------------------|
| M. Eng. | Worbes, Rainer    | Institut für Geotechnik |
| M. Sc.  | Mittlmeier, Felix | Institut für Geotechnik |





## Inhaltsverzeichnis

Teilnehmerliste .....	5
Inhaltsverzeichnis .....	7
Danksagung .....	9
Organisatoren und Sponsoren.....	9
Einleitung .....	13
1. Werksbesichtigung - BAUER-Werk Schrobenhausen-Aresing (14.11.2018):.....	15
2. Talsperrensanierung Foggensee bei Roßhaupten (14.11.2018).....	19
3. Erweiterung WKA Kirchbichl (15.11.2018).....	23
4. Neubau Terfener Innbrücke an der A12 (15.11.2018) .....	29
5. Wildbachsperrren – Lattenbach bei Pians (15.11.2018).....	33
6. Semmering-Basistunnel (16.11.2018) .....	37
7. Hochgebirgskraftwerk – Kaprun (17.11.2018) .....	43
Quellen.....	49





## Danksagung

Die Studenten und Mitarbeiter des Institutes für Geotechnik der Universität Stuttgart danken sehr herzlich allen Sponsoren und Unterstützern dafür, dass sie die Exkursion erst möglich gemacht haben. Dank der Unterstützung durch die beteiligten Firmen und Institute konnten die Studierenden viele interessante Einblicke in den Bereich Geotechnik und alpines Bauen sowie in aktuelle Großprojekte gewinnen. Insbesondere geht ein Dank an Professor Dr. Robert Hofmann vom Arbeitsbereich für Geotechnik und Tunnelbau der Universität Innsbruck, der einen ganz wesentlichen Beitrag zur Organisation der Exkursion geleistet hat.



Abbildung 0-1: Gruppenbild vor einem Seilkran der Fa. Bauer bei der Werksbesichtigung in Aresing

## Unterstützer und Sponsoren

Universität Innsbruck – Arbeitsbereich für Geotechnik und Tunnelbau



Tiroler Wasserkraft AG





Verbund AG



Bauer Spezialtiefbau



Bauer Maschinen



ÖBB-Personenverkehr AG



ÖBB-Infrastruktur AG



Dienststelle - Wildbach- und Lawinenverbauung



Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus  
(früher Ministerium für ein lebenswertes Österreich)

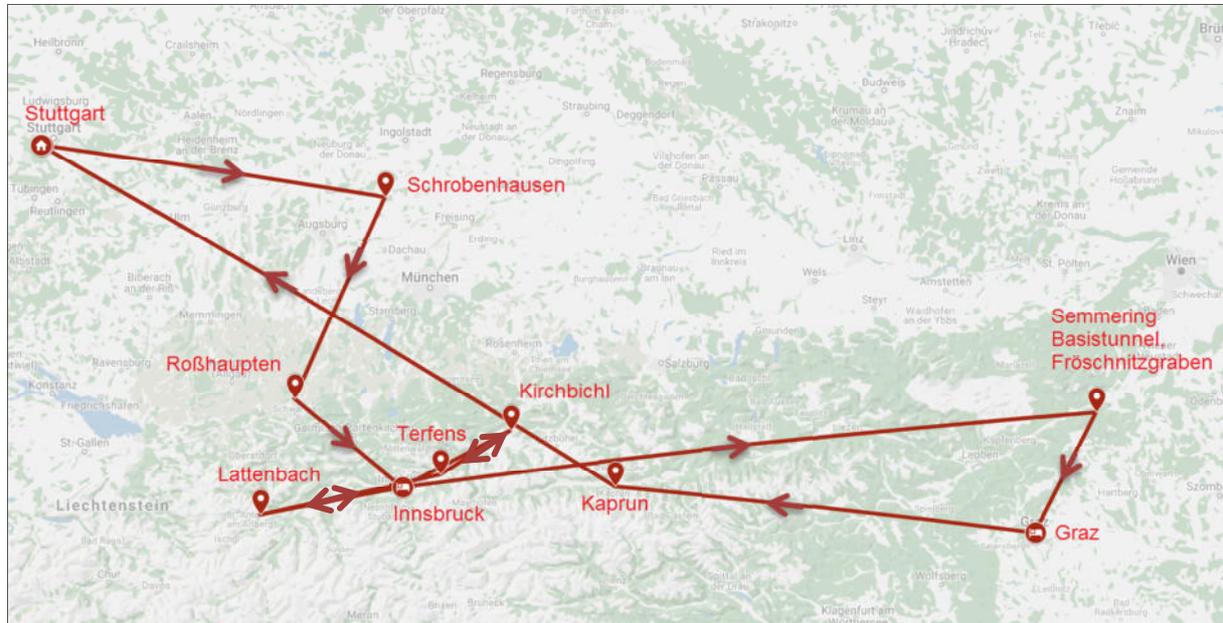


ASFINAG – Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs-AG





## Reiseroute und Verlauf:



**Abbildung 0-2:** Schematische Darstellung der Reiseroute durch Deutschland und Österreich mit den jeweiligen Exkursionszielen

### Mittwoch 14.11.2018

- 07:45 Uhr: Treffpunkt am Institut für Geotechnik (IGS)
- 08:00 Uhr: Abfahrt mit dem Bus in Stuttgart
- 10:45 Uhr: **Werksbesichtigung BAUER-Werk, Schrobenhausen-Aresing**
- 13:15 Uhr: Fahrt nach Roßhaupten bei Füssen
- 15:45 Uhr: **Talsperrensanierung Roßhaupten (Allgäu)**
- 18:00 Uhr: Fahrt nach Innsbruck
- 20:00 Uhr: Ankunft in Innsbruck

### Donnerstag 15.11.2018

- 07:30 Uhr: Abfahrt mit dem Bus nach Kirchbichl
- 08:30 Uhr: **Erweiterung WKA Kirchbichl (Tirol)**
- 10:30 Uhr: Fahrt nach Terfens



- 11:00 Uhr: **Neubau Terfener Innbrücke - Autobahn A20 (Tirol)**
- 12:00 Uhr Fahrt nach Pians
- 13:00 Uhr **Wildbachsperrern – Lattenbach bei Pians (Tirol)**
- 16:00 Uhr Fahrt nach Innsbruck
- 20:00 Uhr Gemeinsamer Abend in Innsbruck mit Ausflug in die Innsbrucker Innenstadt

### Freitag 16.11.2018

- 08:00 Uhr: Abfahrt mit dem Bus
- 14:00 Uhr: **Besichtigung Semmering-Basistunnel (Steiermark)**
- 16:30 Uhr: Fahrt nach Graz
- 18:15 Uhr Ankunft in Graz
- 20.00 Uhr Gemeinsames Abend mit Ausflug in die Grazer Altstadt

### Samstag 17.11.2018

- 08:00 Uhr: Abfahrt mit dem Bus nach Kaprun
- 12:30 Uhr: **Besichtigung Hochgebirgskraftwerk – Kaprun (Salzburg)**
- 17:30 Uhr: Rückfahrt mit dem Bus nach Stuttgart
- 23:00 Uhr: Ankunft in Stuttgart



## Einleitung

Das Institut für Geotechnik der Universität Stuttgart (IGS) veranstaltet jedes Jahr Anfang November eine viertägige Geotechnik-Exkursion nach Deutschland und in das benachbarte Ausland. Das Ziel der diesjährigen Exkursion war Österreich und dabei insbesondere der Alpenraum mit den Zielen Allgäu, Tirol und Steiermark. Dabei wurden neben Baumaschinenherstellern und Großbaustellen mit geotechnischem Schwerpunkt auch Wasserkraftanlagen sowie Projekte zu Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgefahren besucht. Die Exkursion soll den Teilnehmern neben dem Studium einen möglichst praxisnahen Einblick in die Aufgabenfelder- und Themenbereiche der Geotechnik und das Bauen im alpinen Raum ermöglichen. Teilnehmer der Exkursion waren insbesondere Studierende der Fachrichtung Bauingenieurwesen, aber auch Verkehrsingenieurwesen, Immobilientechnik und Immobilienwirtschaft sowie Elektro- und Informationstechnik. Über jedes der besuchten Ziele wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein Bericht verfasst, welche im Folgenden nach chronologischem Ablauf der Reiseroute zusammengestellt sind.



**Abbildung 0-3:** Blick auf die Schneebedeckten Berge bei Pians bei außergewöhnlich sonnigem und mildem Herbstwetter während der Exkursionstage



# 1. Werksbesichtigung - BAUER-Werk Schrobenhausen-Aresing (14.11.2018):

*Von Micha Bottek, Maximilian Ehnle, Fabian Kotter, Sebastian Trautmann und Berenike Zwisler*

Der erste Halt der diesjährigen großen Geotechnik Exkursion 2018 führte uns nach Schrobenhausen-Aresing, auf das Werksgelände der Bauer AG, einem Unternehmen, welches weltweit führend bei der Herstellung von komplexen Baugruben, Gründungen und der Produktion der dafür benötigten Geräte des Spezialtiefbaus ist. Das Unternehmen, welches sich später zu der Bauer-Gruppe entwickelte, wurde im Jahr 1790 als eine Kupferschmiede in Schrobenhausen gegründet, wuchs stetig weiter und brachte bereits im Jahr 1976 sein erstes Großdrehbohrgerät, die Bauer BG 7, auf den Markt. Aktuell ist der Konzern mit rund 11.000 Mitarbeitern und seinen 110 Tochterfirmen in rund 70 Ländern vertreten und erwirtschaftete im Jahr 2017 einen Konzernumsatz von knapp 1,8 Milliarden Euro.



In Aresing erwarb die Bauer AG ein altes Fabrikgelände und errichtete dort im Jahr 2003 ein Werk zu Entwicklung und Endmontage von Großmaschinen, welches ein Jahr später bezogen werden konnte. Da sich das Zentrallager weiterhin am Stammpfad in Schrobenhausen befindet, wird im Werk Aresing mit der „Just-in-Time“-Methode gefertigt. Um mit vier bis sechs Wochen eine relativ kurze Lieferzeit der Geräte garantieren zu können, werden immer ein bis zwei Geräte eines Typus zu etwa 80 Prozent vorgefertigt und auf dem Maschinenstellplatz gelagert. Erst nach Bestellung durch den Kunden, werden die Geräte final konfiguriert und die Arbeiten an den bis zu zwei Millionen Euro teuren Maschine abgeschlossen. Ein Alleinstellungsmerkmal der Firma Bauer ist unter anderem die neu entwickelte Windentechnik. Hier wird ein Seil mit nur einer Wicklungslage auf der Trommel aufgewickelt, was die Lebensdauer des Seils deutlich erhöht. Für die Aus- und Weiterbildung der Geräteführer können Unternehmen ihre Mitarbeiter auf das eigens dafür von der Firma Bauer angelegte Übungsgelände nach Aresing schicken. Hier können verschiedene Szenarien wie das Abteufen einer Bohrung oder Gerätefahrten auf weichem Untergrund trainiert und ein Belastungstest bis zum Erreichen des Kippunktes der Maschine durchgeführt werden, um ein Gefühl für die Maschine im Grenzbereich zu erlangen.

Nach einer kurzen Begrüßung und Sicherheitseinsweisung durch die Mitarbeiter Herr Erwin Baier und Herr Johannes Utschig, begann die Führung über das Werksgelände. Da in Aresing nur die einzelnen vorgefertigten Bauteile in einer Art Endmontage zusammengesetzt werden und sich die Führung am



**Abbildung 1-1:** Lagerplatz der vormontierten Bohrgeräte für die kundenspezifische Ausrüstung und Endmontage



weiteren Herstellungsprozess orientiert, war unser erster Stopp die Logistik- und Lackierabteilung kurz „LoLa“. In der Lackierabteilung werden einzelne, bis zu zwei Tonnen schwere, Bauteile noch überwiegend von Hand lackiert, da täglich eine Vielzahl unterschiedlicher Geometrien lackiert werden muss und somit eine robotergesteuerte Lackierung nicht rentabel ist. Da dem Umweltaspekt eine immer größere Bedeutung zugeschrieben wird, wurde komplett auf eine Lackierung mit Wasserlacken umgestellt, zudem wird an neuen Methoden geforscht, um noch weniger Lack pro Bauteil zu verbrauchen. Nach einer Trocknungszeit von 18 Stunden und einer Qualitätskontrolle sind die Gerätebauteile für den nächsten Schritt bereit.

Unseren nächsten Zwischenstopp legten wir in der Montagehalle 5 ein, hier bauen die Mitarbeiter die Getriebe und Vibratoren für die Baumaschinen in Eigenregie zusammen. Etwa 25 Prozent der Einzelteile werden von Bauer selbst hergestellt, der Rest wird von Zulieferfirmen aus ganz Europa zugekauft. Da in den hydraulischen Bauteilen kein Schmutz oder Dreck sein darf, welcher beim späteren Betrieb zu Schäden führen kann, wurde dieser Produktionsschritt in eine eigene Halle ausgelagert, welche mit einer eigenen Reinigungsmaschine für die jeweiligen Komponenten ausgestattet ist. Somit kann die Sauberkeit der Einzelteile gewährleistet werden.

Danach wurden wir zum werkseigenen Testgelände geführt. Hier wird jede einzelne bestellte und fertig zusammengebaute Maschine mehrere Tage auf Herz und Nieren geprüft. Aufgrund der ausführlichen und zeitintensiven Ausführung und Dokumentation der Tests, ist dies ein sehr teurer Vorgang, welcher aber für die Auslieferung eines qualitativ hochwertigen Produkts von der Bauer AG so gewünscht wird.

Unseren vierten Halt der Werksführung legten wir in der Montagehalle 2 ein. In dieser Halle werden die Bohrgeräte BG15 bis BG24, verschiedene Rüttler und Prototypen montiert. Eine Maschine wird dabei immer von zwei Arbeitern von Anfang bis Ende begleitet und zusammengesetzt. Dabei werden die Arbeiten ohne Schichtbetrieb ausgeführt. Da das Zweierteam die Baumaschine von Beginn an beim Zusammenbau begleitet hat, übernehmen diese beiden Mitarbeiter oft die Einweisung der neuen Geräteführer. Weil etwa 80 Prozent der Geräte in Länder außerhalb der EU geliefert werden, sind somit weite Dienstreisen nach Asien und



Abbildung 1-2: Führung auf dem Werksgelände



Abbildung 1-3: Bauer MC 96 Seilbagger für die Spätere Konfiguration als Schlitzwandgreifer



Amerika für die Mitarbeiter üblich.



**Abbildung 1-4:** Schlitzwandfräsen –Fertigung mit gelagerter Schlauchaufwicklung

In der letzten besichtigten Halle befindet sich die Endmontage der verschiedenen Typen der Schlitzwandgreifer bzw. -fräsen und der Mobilkraneinheit für die Seilbaggermodelle.



**Abbildung 1-5:** Bohrergerät mit geöffneten Revisionsklappen für Motor und Hydraulik während der Montage

Für den letzten Arbeitsschritt vor dem Verladen, kommt die fertige Maschine in die sogenannte Finishing-Halle. Dort werden mögliche Schadstellen am Lack aus dem Fertigungsprozess ausgebessert und das Baugerät geputzt und für den Versand vorbereitet.



## 2. Talsperrensanierung Foggensee bei Roßhaupten (14.11.2018)

Von Sebastian Durek, Leonie Hahn, Nicolas Rühle, Henrique Seidler Marques und Jonas Tenbruck

Nach der Werksbesichtigung bei Bauer Spezialtiefbau ging es nun weiter nach Roßhaupten. Dort wurden wir von Bauleiter Herrn Andreas Twrzniak über die Baustelle geführt und später gab es von Herrn Wolfgang Harttig im Baucontainer noch einen kurzen Vortrag über weitere Details der Maßnahme.

In Roßhaupten nahe Füssen im Allgäu ist die Firma Bauer Spezialtiefbau GmbH mit der Sanierung der bereits in den 50er Jahren erbauten Talsperre nördlich des Foggensees beauftragt. Aufgrund von Undichtigkeiten der Kerndichtung muss eine neue Dammbabdichtung hergestellt werden. Der bisherige Damm wurde zwischen 1950 und 1954 als Steinschüttdamm mit einer innenliegenden Lehmkerndichtung hergestellt. Der 240 m lange Damm mit einer Höhe von 110 m misst am Fuße eine Breite von 130 m bei einer Kronenbreite von lediglich 11 m. Die beengten Platzverhältnisse auf dem Damm erschweren die Bauarbeiten beim Herstellen der vorgesehenen Schlitzwand.

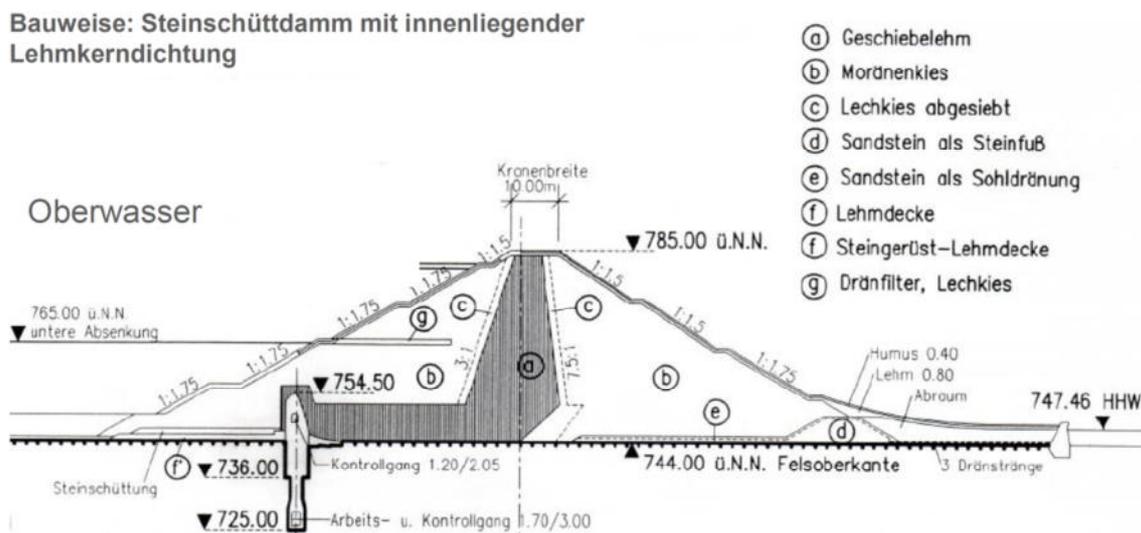


Abbildung 2-1: Querschnitt der Talsperre Roßhaupten [1]

Als erste Maßnahme nach dem Errichten der Baustelleneinrichtung wurde der Bereich mit den größten Undichtigkeiten mittels Injektionen vorläufig abgedichtet. Die schmale Kronenbreite des Damms von nur 11 m erforderte weitere Vorkehrungsmaßnahmen, um ein sicheres Arbeiten der schweren Maschinen auf der begrenzten Aufstandsfläche zu ermöglichen. Da die Maschinen immer mit sehr geringem Abstand zu den ausgehobenen Schlitzwänden arbeiten, wurde eine Bodenverbesserungsmaßnahme in Form einer rund 550 mm dicken und 8 m tiefen Mixed-in-Place\*-Wand als Leitwand durchgeführt. Bei plötzlichem Suspensionsabfall werden die für die Schlitzwände erforderlichen Aushübe so zusätzlich gestützt und vom Einsturz gehindert und die Baumaschinen erhalten eine sichere Aufstandsfläche.



Die Schlitzwand selbst wird in einzelnen Lamellen hergestellt. Bis April 2019 sollen alle 77 Lamellen hergestellt werden. Die tiefsten davon liegen in der Dammmitte und messen eine Tiefe von etwa 75 m. Im Durchschnitt sind die Lamellen etwa 65 m tief. Die Lamellen sind drei Meter lang und 80 cm breit. Die Schlitzwandlamellen werden nicht kontinuierlich nebeneinander, sondern im Pligerschrittverfahren mit einem Abstand von 10 m ausgeführt. Dies hat folgende zwei Gründe: Zum einen muss sichergestellt werden, dass die



**Abbildung 2-2:** Ansicht Staustufe Roßhaupten mit Abgesenktem Stausee vor den Sanierungsmaßnahmen [2]

Schlitzwand an den Fugen dicht ist. Was bedeutet, dass sich die Lamellen überschneiden müssen. Es wäre daher nicht möglich, direkt neben einer frisch betonierten Lamelle zu graben. Erst später, wenn die erste Lamelle erhärtet ist, kann dort eine weitere Lamelle hergestellt werden. Die Schlitzwandfräse muss dann einen Teil der benachbarten Lamellen abfräsen. Der zweite Grund für das abschnittsweise Herstellen der Lamellen ergibt sich aus der Standsicherheit der Schlitzte. Die einzelnen Schlitzwandlamellen werden hier in zwei Schritten hergestellt. Die ersten 40 m des Dammkörpers werden mithilfe eines Schlitzwandgreifers ausgehoben, für die restlichen 20 m bis 35 m kommt eine zusätzliche Schlitzwandfräse zum Einsatz. Zusätzlich gibt es ein drittes Gerät, welches dann die Lamelle direkt ausbetoniert. Die Schlitzwandfräse ist aufgrund des kontinuierlichen Materialabtransportes bei großen Schlitztiefen deutlich wirtschaftlicher, da die Hebe- und Absenkvorgänge, welche bei Schlitzwandgreifern erhebliche Zeit in Anspruch nehmen können, entfallen. Haben sich die Geräte einmal über die Dammlänge nach vorne gearbeitet, beginnen die Arbeiten wieder versetzt von vorn. Durch das versetzte Arbeiten der Maschinen kann ein möglichst kontinuierlicher Arbeitsprozess der einzelnen Maschinen erreicht werden, weil jede der drei Maschinen aufeinanderfolgend an den jeweiligen Lamellen eingesetzt werden kann.

Die Arbeiten auf der Baustelle werden von einer rund 60 Mann starken Belegschaft im 3-Schicht-Betrieb, rund um die Uhr 7 Tage die Woche ausgeführt. Jeder Arbeiter durchläuft zwei Wochen lang die Tagschicht, darauffolgend eine Woche lang die Nachtschicht und hat dann eine Woche lang frei. Gleiches gilt auch für die Spätschicht.

Es werden rund 1400 m<sup>3</sup> Bentonitsuspension auf der Baustelle vorgehalten, die durch 3000 m Rohr-



**Abbildung 2-3:** Gleichzeitiger Einsatz von Schlitzwandgreifer und Schlitzwandfräse [3]

leitung über das Gelände gepumpt werden. Im Kreislauf für die Stützflüssigkeit befinden sich etwa 350 m<sup>3</sup> Suspension. Diese wird der Schlitzwandfräse kontinuierlich zugeführt und die verbrauchte mit Bohrklein gemischte Suspension wieder zur Separieranlage abgeführt. In der Separieranlage werden sowohl die Grobanteile mittels Sieben, als auch die Feinanteile mittels Zentrifugen von der Bentonitsuspension getrennt, sodass diese wieder dem Kreislauf zugeführt werden kann. So wird versucht, möglichst ressourcenschonend zu arbeiten, um zum einen die Kosten für die teure Entsorgung der verunreinigten Suspension gering zu halten und die Umwelt nicht übermäßig zu belasten.



**Abbildung 2-4:** Schlitzwandgreifer auf der Dammkrone während der Herstellung der Schlitzwand

Der Beton, der in den Schlitzwänden verbaut ist, genau wie die Suspension in einem mobilen Mischwerk vor Ort auf der Baustelle hergestellt. Dies ist der ländlichen Lage der Baustelle geschuldet und da es im näheren Umkreis keine ausreichende Infrastruktur gibt, um den Betonbedarf der Baustelle von 17.000 m<sup>3</sup> Transportbeton ausreichend zu decken. Um Verzögerungen im Bauablauf durch einen eventuellen Ausfall der Betonmischanlage zu vermeiden, wird die täglich eingebaute Betonmenge von 20 m<sup>3</sup> jeweils zusätzlich vorgehalten. Der in der Kerndichtung verbaute Beton enthält einen sehr hohen Anteil toniger Bestandteile bei einem verhältnismäßig geringen Anteil an Zement. Der Beton muss für den Zweck der Abdichtung keine hohe Festigkeit aufweisen, sondern in erster Linie eine gute Abdichtwirkung erzielen. Außerdem sollte dieser eine höhere zulässige Verformbarkeit aufweisen, da sich die Talsperre unter wechselnden Betriebsbelastungen, wie Be- und Entlastung beim Ablassen des Stausees geringfügig verformt. Die Dichtigkeit wird unter realen Bedingungen mit  $k_f = 10^{-8}$  m/s bis  $10^{-10}$  m/s angegeben, was baupraktisch wasserundurchlässig ist. Die vom Bauherrn geforderte Dichtigkeit wird kontinuierlich an 14 Feuchtigkeitsmessstellen kontrolliert.



### Mixed-in-Place-Verfahren (MIP)

Das Mixed-in-Place-Verfahren ist ein Bodenmischverfahren, bei dem die Festigkeit des anstehenden Bodens in-situ verbessert wird. Zum Einsatz kommt es hauptsächlich bei Dichtwänden, Baugrubensicherungen oder zur Untergrundverbesserung.



**Abbildung 2-5:** Separieranlage für die Stützsuspension mit zusätzlichem Mischwerk

Die Firma BAUER Spezialtiefbau GmbH entwickelte dieses Verfahren und ließ es 1992 patentieren. Beim MIP-Verfahren wird der anstehende Boden an Ort und Stelle mit einer Bindemittelsuspension verfestigt. Mittels drei Einzelschnecken wird das Bindemittel mit dem Boden vermischt und der Baugrund homogenisiert. Da als Zuschlagstoff der anstehende Boden verwendet wird, reichen in der Regel relativ geringe Bindemittelmengen, meist in Form von Zement aus, um diesen sogenannten Erdbeton herzustellen. Die Bindemittelsuspension soll hierbei lediglich die natürlichen Porenräume ausfüllen und die einzelnen Bodenkörner des Korngerüstes an der Oberfläche binden. Im Gegensatz zur Verwendung von Normalbeton entstehen beim MIP-Verfahren keine großen Aushubmengen für das Herstellen von Schlitzen und nur geringe Transportaufwendungen für das benötigte Bindemittel.



### 3. Erweiterung WKA Kirchbichl (15.11.2018)

*Von Pascal Geisert, Eliftheria Nanou, Daniel Rostan, Fabian Vochazer und Cedric Zimmermann*

#### **Einführung und Ziel der Baumaßnahme**

Im Rahmen der vom Institut für Geotechnik organisierten großen Geotechnik-Exkursion 2018 besuchten wir am 15.11.2018 die Gemeinde Kirchbichl, nahe Kufstein in Österreich. Vor Ort trafen wir Herrn Michael Holzmann, der die Sanierung des von 1939 bis 1941 gebauten Kraftwerks an der Innschleife für die Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) betreut. Das gesamte Projekt erstreckt sich über die Gebiete der Gemeinden Angath, Kirchbichl und Langkampfen. Im Rahmen der Umbauarbeiten sollen bis zum Jahr 2020 ein zweites Krafthaus, eine Fischwanderhilfe und ein neues Dotierkraftwerk errichtet werden, außerdem wird der Triebwasserweg saniert. Die Baumaßnahme ist mit Gesamtkosten von insgesamt mit 110 Millionen Euro veranschlagt.

Zu den essentiellen Projektzielen zählen:

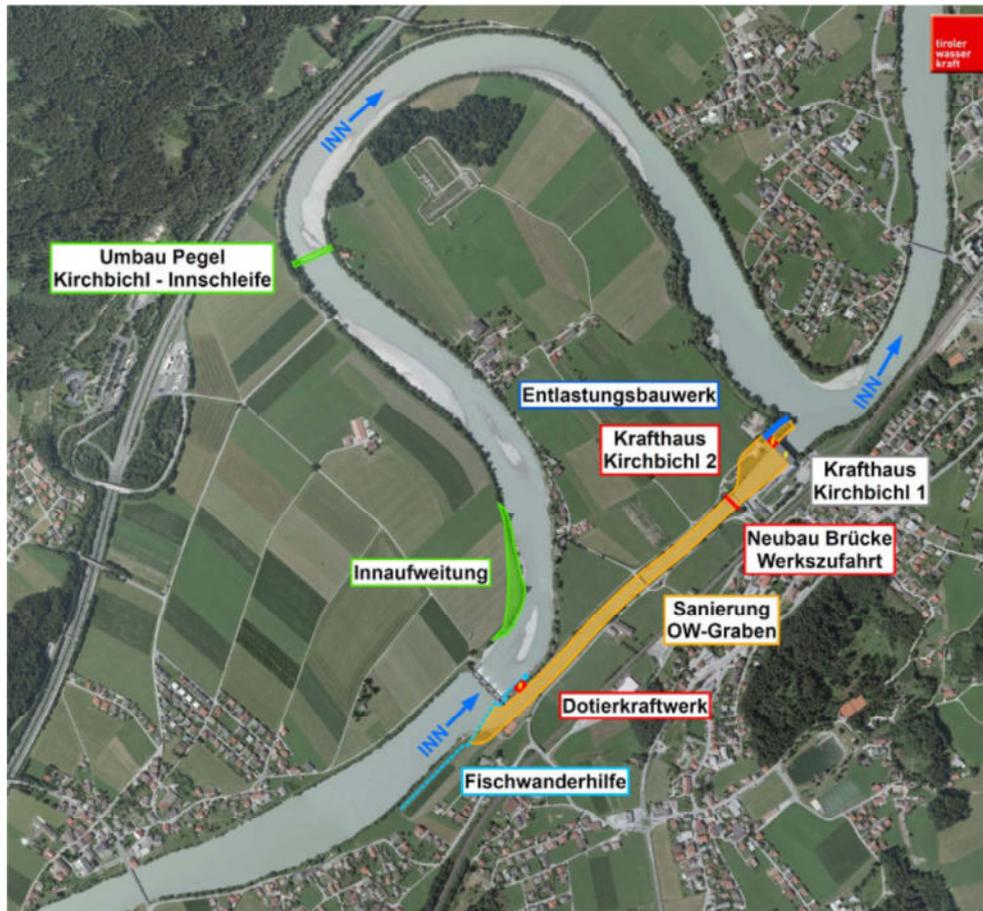
- Das Wiederherstellen eines angemessenen ökologischen Zustands.
- Das Einrichten einer ökologischen Fischwanderhilfe im Bereich des Stauwehrs zur Vernetzung der Lebensräume.
- Die Wiederherstellung der Hochwassersicherheit (Die n-1 Regel, bei welcher die Hochwassersicherheit auch bei Ausfall eines Wehrfeldes gewährleistet werden muss war nicht mehr erfüllt).
- Repowering des Kraftwerkes durch Erhöhung des Ausbaugrades mit einer zusätzlichen Turbine.

#### **Bauablauf und Bauabschnitte**

Die Arbeiten laufen derzeit nach Plan und man geht davon aus, die Wasserkraftanlage im vorgegebenen Zeitraum fertigstellen zu können. Zur Genehmigung eingereicht wurde das Projekt erstmals im Jahr 2013. Aufgrund des langwierigen Genehmigungsverfahrens konnten die Bauarbeiten aber erst im Jahr 2017 begonnen werden. Die Fischwanderhilfe und das Dotierkraftwerk werden voraussichtlich Ende 2018 in Betrieb genommen. Die Fertigstellung des Gesamtprojektes ist für August 2020 vorgesehen. Das Gesamtprojekt wurde in 4 Bauabschnitte unterteilt. Die Baustellenerschließung erfolgt durch eine direkte Anbindung an die nahegelegene Autobahn wodurch kein Bauverkehr durch die angrenzenden Wohngebiete geleitet werden muss und somit Lärm und Schmutz weitgehend vermieden werden.

Bauabschnitt 1 (BA 1):

Bauabschnitt 1 umfasst die Absenkung der Pegelschwelle des Inns sowie eine lokale Aufweitung des Inns. Durch Absenkung der Pegelschwelle (eine Sohlschwelle im Inn) wird die Fischdurchgängigkeit verbessert. Diese Sohlschwelle wirkt zur Stabilisierung der Flusssohle. Unterhalb des Wehrs wird zudem der Inn ausgeweitet, was zur Erhöhung der Abflusskapazität führt.

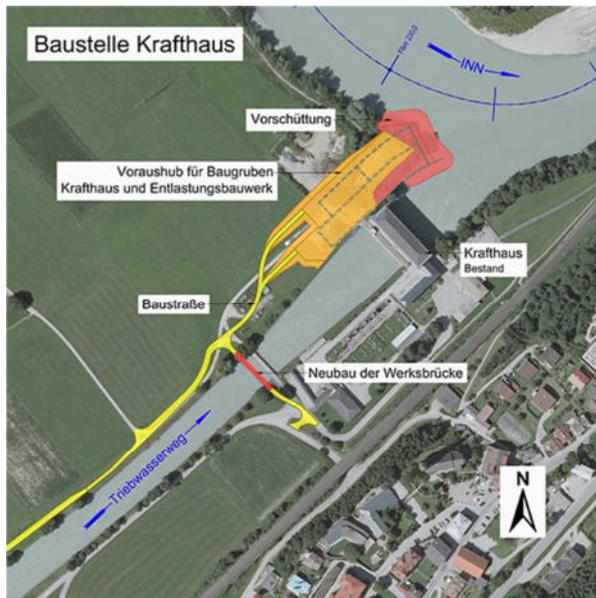


**Abbildung 3-1:** Satellitenbild der Innschleife bei Kirchbichl mit Darstellung der Baumaßnahme [4]

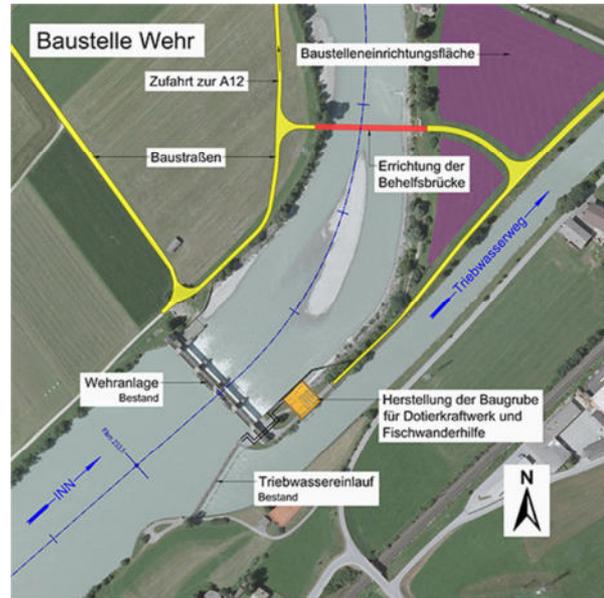
Bauabschnitt 2 (BA 2):

Bauabschnitt 2 setzt sich aus dem Neubauten des Dotierkraftwerks und der Fischwanderhilfe zusammen. Infolge geänderter Umweltauflagen ergibt sich die Forderung, dass das Flussbett des Inns zu keinem Zeitpunkt mehr komplett trockengelegt werden darf. Um dieses Wasser nicht ohne Energieerzeugung zu verlieren, wird das neue Dotierkraftwerk mit einem Durchfluss von  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  errichtet. Dieses dient zusätzlich als Lockströmung für die Fischwanderhilfe, da die Fische, die von der Strömung des Kraffhauses angelockt werden ansonsten große Probleme hätten den Eingang der Fischaufstiegshilfe neben dem Dotierkraftwerk zu finden. Mit der Fischaufstiegshilfe wird die gewässerökologisch wichtige Durchgängigkeit gewährleistet. Der Bemessungsfisch hat an dieser Stelle des Inns eine Länge von einem Meter und sichert durch die anhand dieser Größe vorgenommene Dimensionierung der

Fischaufstiegshilfe, dass diese von allen flussaufwärts lebenden Fischarten problemlos passiert werden kann. Die Fischwanderhilfe ist hierbei wie eine Art abgetrepptes Labyrinth mit größeren und kleineren Becken aufgebaut, wobei die größeren Becken den Fischen zur Erholung des für kraftzehrenden, ca. 1,5-stündigen Aufstieges dienen. Der Höhenunterschied der einzelnen Becken beträgt 13 cm.



**Abbildung 3-2:** Baustellenplan Ausschnitt Wehranlage und Dotierkraftwerk [5]



**Abbildung 3-3:** Baustellenplan Ausschnitt Wehranlage und Dotierkraftwerk [5]

Die 20 m x 20 m große Baugrube wird mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand mit tiefliegender Düsenstrahl-Sohle, Stahlsteifen und Gurtung realisiert. Hierfür wurde der Inn temporär herausgedrängt und somit die Mittelinsel zwischen Inn und Triebwasserweg vergrößert, wobei zwei Seiten der Baugrubensicherung direkt am fließenden Gewässer standen. Die anderen beiden Seiten wurden lediglich mit dem Grundwasser beaufschlagt. Zusätzliche bauliche Herausforderung war eine zeitliche Einschränkung durch die Hochwasserperioden des Inns während der Schneeschmelze. Die Baugrube konnte deshalb nur in der Niedrigwasserperiode hergestellt werden, da sonst die Pegelstände zu hoch sind.



**Abbildung 3-4:** Fischaufstiegshilfe aus Stahlbeton im Bereich des Dotierkraftwerkes



**Abbildung 3-5:** Bestehende Wehranlage mit Teil der Fischaufstiegshilfe im Vordergrund



**Abbildung 3-6:** Trockengelegter Oberwasserkanal mit Betonabdichtung mit Zufahrtsbrücke im Vordergrund (links)

**Abbildung 3-7:** Trockengelegter Oberwasserkanal vom Krafthaus aus mit abgelagerten Sedimenten im Vordergrund (oben)

### Bauabschnitt 3 (BA 3):

Bauabschnitt 3 umfasst die Sanierung des bestehenden Oberwasserkanals mit einer neuen Betonauskleidung. Aufgrund ihres Alters und der zu stark geneigten Böschungen wurde diese Baumaßnahme notwendig.

### Bauabschnitt 4 (BA 4):

Bauabschnitt 4 umfasst den Neubau des Krafthauses Kirchbichl II, sowie ein Entlastungsbauwerk direkt daneben. Im neuen Krafthaus wird eine zusätzliche Turbine zur Stromerzeugung installiert. Somit erhöht sich der Durchfluss von den bestehenden 284 m<sup>3</sup>/s auf insgesamt 484 m<sup>3</sup>/s. Man erreicht damit eine Leistung von insgesamt knapp 38 MW. Zusätzlich wird neben dem Krafthaus Kirchbichl II ein Entlastungsbauwerk errichtet. Dieses dient dem Hochwasserschutz, als zusätzliches Wehrfeld (Feld 5) bei Ausfall eines Wehrfeldes am Hauptwehr (Felder 1 bis 4) und erfüllt damit die n-1 Regel.

### Resümee

Durch die umfangreichen Sanierungs-, Umbau- und Neubaumaßnahmen wird das gesamte Kraftwerk Kirchbichl nicht nur technologisch, sondern auch ökologisch auf den aktuellen Stand gebracht, wodurch ein Weiterbetrieb für die kommenden 90 Jahre gesichert werden soll. Mit der Erweiterung werden ca. 34 Mio. Kilowattstunden (kWh) pro Jahr mehr an erneuerbarer Energie erzeugt, womit dann eine jährliche Gesamtmenge von 165 Mio. kWh an sauberer, CO<sub>2</sub> freier Energie in das Tiroler Stromnetz eingespeist werden.



**Abbildung 3-8:** Baugrube für die Erweiterung des Krafthauses und des zusätzlichen Entlastungswehres





## 4. Neubau Terfener Innbrücke an der A12 (15.11.2018)

*Von Caroline Gold, Adrian Hofferer, Christian Sippel und Sarah Yarahmadi*

Die Innbrücke bei Terfens liegt an der Inntalautobahn A12 in Tirol und wird täglich von ca. 60.000 Fahrzeugen passiert. Auf der alten Brücke waren bisher zwei Spuren pro Richtungsfahrbahn vorhanden.

Die neue Innbrücke soll jeweils vier Fahrspuren plus Standstreifen pro Richtungsfahrbahn aufweisen und wird als 3-feldrige Spannbetonbrücke mit Hohlkastenquerschnitt ausgeführt. Sie hat eine Gesamtlänge von 235 m, wobei die beiden Randfelder eine Spannweite jeweils eine Länge von 70 m und das mittlere Feld eine Länge von 95 m hat. Die Gesamtkosten der Brücke betragen ca. 40 Mio. € bei einer erwarteten Lebensdauer von 100 Jahren. Initiiert wurde der Bau von der ASFINAG AG, der österreichischen Autobahn- und Schnellstraßenfinanzierungsgesellschaft, welche auch das Österreichische Fernstraßennetz betreibt. Projektleiter ist Herr Thomas Angerer, für die örtliche Bauaufsicht ist Herr Matthias Zagrajsek verantwortlich.



**Abbildung 4-1:** Gründungsarbeiten der neuen Inntalbrücke mit provisorischer Behelfsbrücke als Stahlkonstruktion im rechten Hintergrund

Die Bauarbeiten begannen im November 2017, mit der Errichtung einer Hilfsbrücke auf der südlichen Seite der A12 mit einem Gesamtgewicht von etwa 1.000 Tonnen. Diese sollte temporär den Verkehr in eine Fahrtrichtung aufnehmen, dass eine Hälfte der bestehenden Brücke für die andere Richtungsfahrbahn verwendet werden kann. Des Weiteren wurde mit Gründungsarbeiten für die Widerlager und Stützpfiler begonnen, welche hauptsächlich im Flussbett des Inns durchgeführt werden mussten. Für diese Arbeiten ist ein niedriger Pegelstand des Inns erforderlich, wodurch der Zeitraum für die Arbeiten von Anfang November bis

Ende April eingegrenzt wurde, sodass hierdurch ein gewisser Zeitdruck auf der Baustelle herrschte.

Zum Zeitpunkt unseres Besuchs am 15.11.2018, also ca. ein Jahr nach Baubeginn, waren bereits die südseitige Hilfsbrücke errichtet und eine der alten Fahrbahnbrücken zur Hälfte abgerissen worden (Abbildungen 4-1 und 4-2). Für den Abbruch wurde in der ersten Niedrigwasserperiode im Winter 2017 die östliche Seite des Inns mit einem Fangedamm abgetrennt und temporär verfüllt, damit die erste Hälfte des alten Brückentragwerks abgerissen werden konnte. Für die Zerkleinerung des Abbruchmaterials aus dem Stahlbetonoberbaus wurden mobile Brechanlagen, die das Abbruchmaterial vor Ort zerkleinerten und so transportfähig machten, installiert. Dies alles erfolgte stets unter fortlaufender Aufrechterhaltung der Befahrbarkeit der A12 in beide Fahrrichtungen. Zusätzlich waren für die Baustellenfahrzeuge An- und Abfahrtsrampen sowie separate Fahrspuren erbaut worden. Um gefährliche Einfädelungsmanöver von Baustellenfahrzeugen auf die Autobahn zu vermeiden, wurde ein nahegelegener Rastplatz als Erschließungsmöglichkeit mit direktem Zugang zur Autobahn eingerichtet. Durch diese Maßnahme wurde die Belastung durch Baustellenverkehr für die anliegenden Gemeinden minimiert. Ein zusätzliches Problem stellte eine anliegende Trasse der Österreichischen Bundesbahn ÖBB auf der Ostseite dar, die den Arbeitsraum der Baustelle deutlich einschränkte. Durch die Miteinbindung des Rastplatzes konnte eine Gleissperre auf der Trasse verhindert werden, da nicht in deren Verlauf eingegriffen werden musste.



**Abbildung 4-2:** Abbruch der alten Innbrücke, welche als Stahlbeton-Verbundkonstruktion ausgeführt wurde mit halbseitiger Flussschüttung bis zur Mittelsinsel und dem Inn im Hintergrund

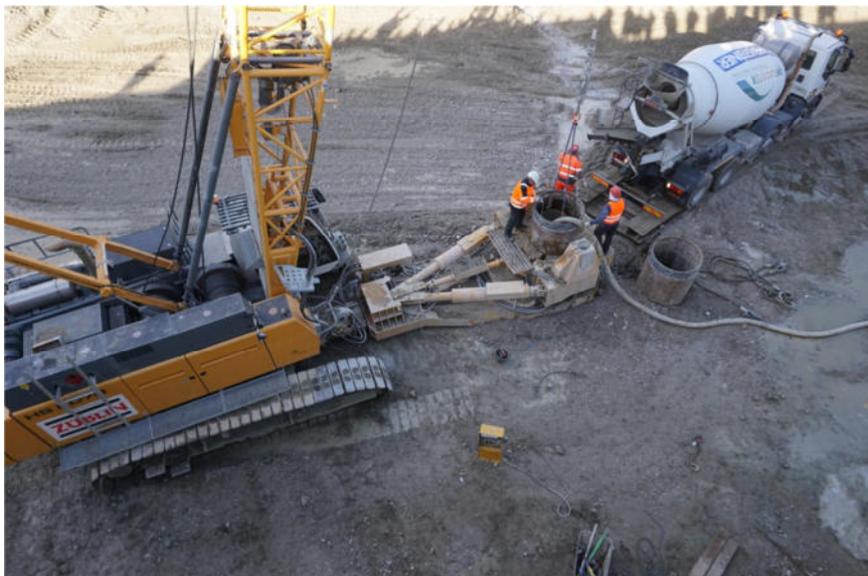
Neben den bisher genannten Arbeiten wurden während unseres Besuchs zusätzlich Bohrpfahlarbeiten für die Gründung ausgeführt. Die 26 Bohrpfähle mit einem Durchmesser von je 1,2 m und einer Länge von je 27 m werden in einem Abstand von jeweils 2,2 m (Achsabstand) hergestellt. Im Anschluss wird auf ihnen eine Fundamentplatte angebracht, die später 2 m unter der Flusssohle liegt. Diese Vorgaben stammen von der zuständigen örtlichen Wasserbehörde. Als Rücksicherungsmaßnahme gegen Auskolkung wird zusätzlich ein Spundwandkasten um die Platte errichtet und eine Düsenstrahlvermörtelung durchgeführt.



**Abbildung 4-3:** Baufeld mit Abbruch der Widerlager im Hintergrund

Auf den Fundamentplatten werden die einzelnen Brückenpfeiler errichtet, wobei an jedem Ende der Brückenelemente ein Pfeiler angeordnet wird. Die Pfeiler sind mit der späteren Brücke monolithisch verbunden, wodurch im Übergangsbereich keine Lager erforderlich sind und eine einfache Wartung der Brücke gewährleistet werden kann. Für deren Errichtung werden im Inn zeitweise Arbeitsplattformen für Baustellenfahrzeuge und -einrichtung aufgeschüttet. Die Pfeiler und das Fundament sind so bemessen, dass sie einem hundert-jährigen Hochwasser (Kategorie  $HQ_{100}$ ) standhalten können. Das Brückentragwerk für die erste Fahrbahnhälfte wird im Freivorbau errichtet und soll Ende 2018 fertiggestellt werden. Mit dem Abbruch der zweiten Hälfte der ersten Fahrbahnbrücke wird im Januar 2019 begonnen und das restliche Brückentragwerk wird analog zu bisheriger Beschreibung erbaut. Im Oktober 2019 wird letztendlich die erste Fahrbahnbrücke mit vier Fahrspuren für den Verkehr freigegeben.

Ab diesem Zeitpunkt wird der gesamte Verkehr in beide Fahrtrichtungen über die neu gebau-



**Abbildung 4-4:** Seilbagger beim Betonieren der Ortbetonpfähle mit gleichzeitigen Ziehen der Stahlverrohrung mittels Verrohrungsmaschine



te Brücke mit zwei Spuren in jede Richtung abgewickelt, sodass die Hilfsbrücke überflüssig wird und wieder zurückgebaut werden kann. Ab 2020 erfolgt der Bau des zweiten Brückentragwerks für die andere Fahrtrichtung mit ebenfalls vier Spuren, der analog erfolgen wird. Bis Mai 2021 werden alle Bauarbeiten inklusive abschließender Entwässerungsarbeiten und dem Rückbau der Zufahrtsrampen abgeschlossen sein, sodass die gesamte Brücke für den Verkehr mit vier Fahrspuren in jede Richtung freigegeben werden kann.

## 5. Wildbachsperrren – Lattenbach bei Pians (15.11.2018)

*Von Philip Bochius, Vincent Cancar, David Glaser, Niklas Rall und Moritz Scheffbuch*

Am Nachmittag des zweiten Tags der Exkursion haben wir den Lattenbach in den Gemeinden Pians und Grins in Tirol besichtigt. Dort laufen aktuell Planungen und erste Vorbereitungen für die Sanierung von insgesamt 31 Wildbachsperrren, wovon 31 als Konsolidierungs- und zwei als Bogensperren ausgeführt wurden. Die Wildbachsperrren im Verlauf des Lattenbachs sind nach schweren Hochwassern 1999 und 2005, sowie den seit 2012 etwa zweijährig auftretenden Murenkatastrophen zu großen Teilen zerstört worden, weshalb der Lattenbach in Fachkreisen auch teilweise als „Friedhof der Sperrenbauwerke“, bezeichnet wird.

Der Lattenbach in Grins hat ein Wassereinzugsgebiet von 5,37 km<sup>2</sup>. Die geführte Wassermenge bei Starkregenereignissen erreichte Spitzwerte von über 200 m<sup>3</sup>/s. Bemessen wird der Verbau auf einen Spitzabfluss von 255 m<sup>3</sup>/s. Der Bach liegt in einer geologischen Störungszone im Stanzertal. Im Norden liegen die Kalkalpen, im Süden der Silvrettakristallin. Seit Beginn der Aufzeichnungen (1910) kommt es im Schnitt alle 2,6 Jahre zu einem Murgang. Muren bestehen im Gegensatz zu Hochwassern mit Geschiebetrieb zu 40 bis 70 % aus Festanteilen. Sie entstehen beispielsweise, wenn seitliche Steilhänge bei hohen Niederschlägen ins Bachbett abrutschen. Im Lattenbach erreichen die Murgänge eine Fließgeschwindigkeit von 8 bis 10 m/s und in der Spitze eine Abflusshöhe von 5 m. Diese Werte werden mit einem System aus Radar und Laserscannern gemessen.

Um die Auswirkungen der Murgänge und Hochwasser einzuschränken, wurde ab 1908 mit dem Verbau des Lattenbachs begonnen. Ursprünglich waren im gesamten Lauf 102 Konsolidierungssperren oberhalb von Grins geplant.

Aus finanziellen Gründen wurden zwischen 1958 und 1967 nur 27 Wildbachsperrren errichtet. Über die Jahre konnte beobachtet werden, dass im verbauten Bereich die Gefahr von Murgängen geringer ist, als im restlichen Lauf. Später wurden im Bereich unterhalb von Grins noch vier weitere Konsolidierungssperren sowie zwei Bogensperren errichtet.

Beim bislang mengenmäßig größten Ereignis wurden 100.000 m<sup>3</sup> Material im Vorfluter Sanna abgelagert. Die Problematik bei der Ablagerung im Vorfluter ist, dass dadurch der Vorfluter aufgestaut wird



**Abbildung 5-1:** Beschädigte Wildbachsperrren mit aufgeschütteter Baustraße



**Abbildung 5-2:** Deutliche Schäden an Wildbachverbauten aus Stahlbeton durch Murengänge



**Abbildung 5-3:** Blick auf das Einzugsgebiet des Wildbaches mit Stahlbetonverbau im Vordergrund

und es zu Überschwemmungen im Talbereich kommen kann. Ein Abfangen des Geschiebes im oberen Bachlauf mit Deponierung ist aufgrund der beengten Platzverhältnisse und der Steilheit der angrenzenden Hänge nicht möglich. Deshalb soll mit zukünftigen Wildbachsperrern versucht werden, insbesondere Feingeschiebe bis zum Vorfluter durchzulassen und primär Grobgeschiebe und Wildholz mit den Sperrern zurückgehalten werden.

Die Sperrern im Lattenbach wurden durch Hochwasser- und Murenkatastrophen in den vergangenen Jahrzehnten beschädigt und zu großen Teilen zerstört. Um langfristig den Ortskern und die Infrastruktur von Pians vor Überflutungen und Überschotterung zu sichern, sind im Zeitraum 2018 bis 2025 die Sanierung der Sperrern und die hydraulische Verbesserung des Mündungsbereichs geplant. Die Gesamtkosten des Projekts belaufen sich auf etwa 6,8 Mio. €.

Zuständig für die Planung und Ausführung des Projekts ist die Dienststelle Wildbach- und Lawinerverbauung des Bundesministeriums Nachhaltigkeit und Tourismus, früher Ministerium für ein lebenswertes Österreich. Diese ist zuständig für den Schutz gegen Naturgefahren, wie Hochwasser, Muren, Lawinen und Steinschlag. Das Jahresbudget für das obere Inntal liegt bei ca. 10 Mio. €. Die Finanzierung erfolgt durch Bund, Länder und Gemeinden. Die Dienststelle ist in sieben Sektionen unterteilt. Eine davon ist die Sektion Tirol. In Tirol sind nur 12,0 % der Fläche für Siedlungen geeignet, im Tiroler Oberland sind es sogar nur 7,0 bis 8,0 %. Deshalb ist es besonders wichtig, diese Bereiche vor den Gefahren durch Lawinen, Murgängen und Hochwassern zu schützen.

Eine Besonderheit bei Projekten zum Wildbachverbau in Österreich ist, dass für die Bemessung 150-jährig auftretende Ereignisse maßgebend sind, anstatt der auch in Deutschland üblichen 100-jährigen Ereignisse.

Für das aktuelle Projekt am Lattenbach wird aktuell getestet, wie sich mit Stahlplatten verstärkte Wildbachsperrern aus Stahlbeton verhalten. Da im Wasser größere Mengen an Geschiebe und Feinteilen enthalten sind, stellt die Abrasion von Betonteilen ein ernst zu nehmendes Problem dar. Die Stahlplatten an der Sperrernkrone sollen hierbei vorbeugen und die Lebensdauer der Wildbachsperrern erhöhen. Sollte dieser Test positiv sein, können anstelle der momentan vorhandenen Sperrernkronen aus Naturstein, Stahlsperrern eingesetzt werden.



**Abbildung 5-4:** Gemeinsame Wildbachwanderung im Lattenbachtal

Zudem wird für die neuen Sperren ein U-förmiges Profil angestrebt, welches die Talflanken besser stabilisieren soll und damit weitere Einträge von Geschiebe reduzieren soll. Damit können größere Muren abgehen ohne dass die Belastungsspitzen im Seitenbereich zu hoch werden, um weiteres Geschiebe und Lockergestein abzulösen.

Nach einem Spaziergang bei strahlendem Sonnenschein durch das malerische Alpendorf Grins erkundeten wir das mittlere Bachbett des Lattenbachs bei einer Wildbachwanderung



**Abbildung 5-5:** Gruppenbild nach der Wanderung im Wildbach

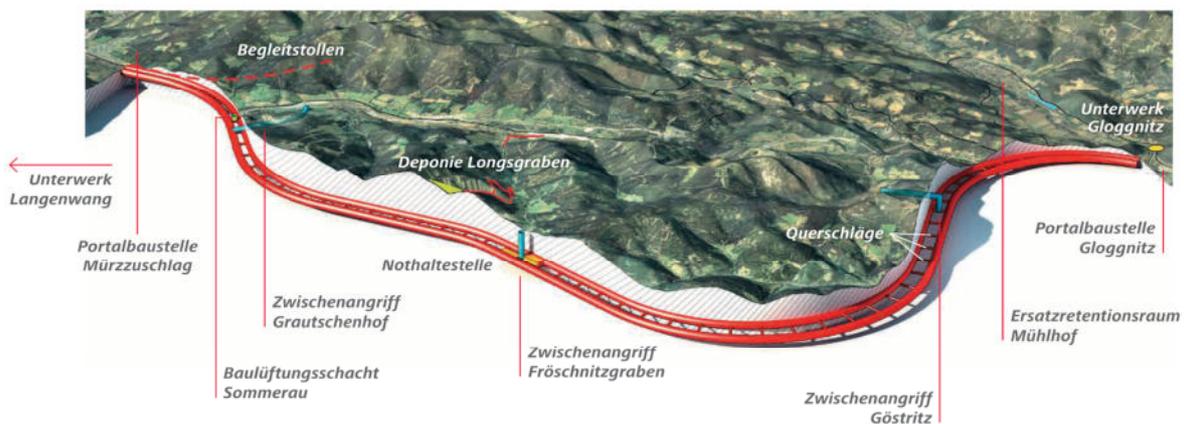


und mussten dabei einige Sperren überwinden, die meisten davon weitgehend zerstört und ohne oder nur geringe sperrende Wirkung. Alle Beteiligten wurden von kleinen Kletterpassagen an den Hangflanken etwas herausgefordert.

## 6. Semmering-Basistunnel (16.11.2018)

Von Regina Brodscholl, Stefanie Christl, Nils Gramlich, Lisa-Marie Krauß und Johannes Reinken

Der Semmering-Basistunnel ist mit seinen 27,3 km Länge eines der größten und wichtigsten Infrastrukturprojekte Europas und soll ab 2026 den Semmering-Pass unterfahren und das niederösterreichische Gloggnitz mit dem steierischen Mürzzuschlag verbinden. Dabei soll die Fahrzeit von Graz nach Wien auf unter zwei Stunden reduziert werden. Vor allem der Güterverkehr soll von dem Projekt profitieren, da schwere Güterzüge den neuen Basistunnel mit nur noch einer Lok passieren können, anstatt wie bisher mit zwei bis drei Loks über die alte Semmering Passstrecke zu fahren.



**Abbildung 6-1:** Schematische Darstellung der Tunneltrasse mit Gebirgsprofil und Zwischenangriffen [6]

Im Rahmen der Großen Geotechnik-Exkursion 2018 besuchten wir den Zwischenangriff Fröschnitzgraben des 3,3 Mrd. € teuren Projektes, sowie die nahe gelegene Deponie Longsgraben, auf der ein Großteil des Ausbruchsmaterials gelagert werden soll. Bei unserem Besuch führte uns Herr Hartmut Schuller, dessen Ingenieurbüro mit Beratungs- und Planungsleistungen für das Baulos „Tunnel Fröschnitzgraben“, sowie für Zufahrtsstraßen, die Entsorgungsanlage im Longsgraben und dem Tunnel Grautschenhof beauftragt ist. Auf der Deponie wurden wir außerdem von Herrn Thorsten Franyi begleitet, der dort die örtliche Bauaufsicht innehat.

Die Deponie Longsgraben wird am Ende eines bewaldeten und unbewohnten Seitentals errichtet, welches nun auf einer Länge von einem Kilometer etwa 50 m hoch mit bis zu 4,25 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchsmaterial aus den Tunnelvortrieben aufgefüllt werden soll. Dafür wurden die steilen Talflanken mithilfe von vier Seilkranen gerodet und das Bachbett des Longsbach samt Begleitweg an den oberen Rand der Deponie verlegt. Zur Ausgestaltung der Deponie waren weitere geotechnische Maßnahmen zur Hang- und Böschungssicherung sowie eine 25 m hohe Auffahrtsrampe notwendig, die als Geokunststoffbewehrte-Erde-Konstruktion ausgeführt wurde. Besonders hervorzuheben ist dabei das installierte faseroptische Messsystem zur Überwachung der Dehnungen in der Geokunststoffbewehrung, das in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Graz eigens für dieses Projekt entwickelt wurde. Die Messinstrumentierung setzt sich aus Glasfaserkabeln, die auf der Geokunststoffbewehr-



rung in Haupttragrichtung fixiert werden und die Verformung des Geogitters infolge des weiteren Bauablaufs und der Oberflächenlast erfassen. Die Reflexion von Laserimpulsen ermöglicht die Messung von Dehnungen entlang der Glasfasern, welche mithilfe der Spannungs-Dehnungs-Beziehung der Geogitter in Spannungen bzw. Normalkräfte der Bewehrung umgerechnet werden können. Besondere Herausforderungen ergaben sich bei der Übertragung von den Labor- auf die Baustellenbedingungen während des Einbaus der Sensorik. Insgesamt sollen 1,25 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial von den beiden weiter entfernten Zwischenangriffen Grautschenhof und Göstriz per LKW zur Deponie befördert werden. Die übrigen 3,0 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial werden mit einem 2,3 km langen Förderband von dem Zwischenangriff Fröschnitzgraben direkt auf die Deponie transportiert, wodurch 300 LKW-Fahrten pro Tag vermieden werden können.

Um die Umweltauflagen zu erfüllen, wurde die Deponie in zwei Abschnitte eingeteilt: Im hinteren Teil der Deponie werden Baurestmassen, wie Materialgemische mit hohem Anteil an mineralischem Abfällen wie Beton, Ziegel, Zement, etc. und im vorderen Teil reines Ausbruchmaterial deponiert. Zur Sicherung der Tragfähigkeit wird das Material stufenweise eingebaut und verdichtet. Hierbei wird zwischen sandig-kiesigem Material mit guten Verdichtungseigenschaften und schluffig-tonigem Material aus den Störzonen mit schlechten Verdichtungseigenschaften abgewechselt. In Abhängigkeit der Materialqualität liegen die Verdichtungslagen zwischen 30 und 100 cm, wobei nach Bauvertrag mindestens ein  $E_{v1}$ -Wert von 7,5 MN/m<sup>2</sup> vorgeschrieben ist. Im Bereich der Baurestmassen wurden spezielle Abdichtungsmaßnahmen getroffen, um beispielsweise Sickerwässer in einem Kollektor auf der Deponiesohle zu sammeln, zu kontrollieren und gegebenenfalls behandeln.



Abbildung 6-2: Deponie Longsgraben mit LKW-Wiegestation im Vordergrund

Während im Tunnel ununterbrochen im 3-Schicht-Betrieb gearbeitet wird, kann auf der Deponie nur bei Tageslicht und nur an Werktagen, also sechs Tage die Woche gearbeitet werden. Längere Stillstandszeiten müssen aber auch auf der Deponie vermieden werden, da die Zwischenlagerflächen bei den jeweiligen Zwischenangriffen nur für den Aushub von etwa zwei Tagen ausreichen. Nach Fertigstellung der Bauarbeiten der Vortriebsarbeiten soll die

Deponie wieder aufgeforstet und 30 Jahre lang von der ÖBB hinsichtlich ökologischer Anforderungen überwacht werden.



**Abbildung 6-3:** Zufahrt zur oberen Deponie Longsgraben mit Geokunststoffbewehrter-Erde Konstruktion als Böschungssicherung für die Zufahrt

Nach der Besichtigung der Deponie Longsgraben führen wir weiter zum Zwischenangriff Fröschnitzgraben, wo wir vom „Infoblick“ aus die Baustelleneinrichtung betrachteten.

Für den Bau der zwei je 27,3 km langen Tunnelröhren des Semmering-Basistunnels werden drei Zwischenangriffe ausgeführt. Das Portal Mürzzuschlag in der Steiermark und der Zwischenangriff Grautschenhof bilden den Bauabschnitt 3.1. In Grautschenhof wurden zwei Schächte mit 100 m Tiefe abgeteuft, um von hier aus beide Tunnelröhren zu erschließen. Im Abschnitt 1.1 Tunnel Gloggnitz liegen das Portal Gloggnitz (Niederösterreich) und der Zwischenangriff Göstritz. Dieser verfügt über zwei rund 250 m tiefe Schächte, die über einen weiteren Zugangstollen die Vortriebsäste im Semmering-Basistunnel zu erschließen.



**Abbildung 6-4:** Führung über die Deponie Longsgraben mit Hartmut Schuller



**Abbildung 6-5:** Deponie Longsgraben mit Förderbändern vom Zwischenangriff Fröschnitzgraben



**Abbildung 6-6:** Geokunststoffbewehrte Erde-Konstruktion für eine 25 m hohe Böschung



**Abbildung 6-7:** Zugangsschächte mit Lastenaufzügen für den Zwischenangriff Fröschnitzgraben

Der Zwischenangriff Fröschnitzgraben liegt im Bauabschnitt 2.1 und erfolgt mit zwei 400 m tiefen Schächten, an die sich insgesamt vier Vortriebsäste gliedern. Der Vortrieb Richtung Niederösterreich erfolgt mit zwei Tunnelbohrmaschinen, der Vortrieb Richtung Steiermark wird aufgrund der schwierigen geologischen Verhältnisse im konventionellen Vortrieb mit Baggern und Sprengungen aufgeföhren. Die Bauzeit des Gesamtprojekts ist für die Jahre 2012 bis 2026 vorgesehen. Im Abschnitt Fröschnitzgraben wurde 2014 mit den ersten Vorbereitungsmaßnahmen begonnen. Zusätzlich zur Baustelleneinrichtung waren dabei viele Begleitmaßnahmen notwendig, beispielsweise wurde eine neue Trinkwasserversorgungsanlage für die nahe gelegene Gemeinde Spital am Semmering eingerichtet, um die Wassermengen für die Unterkünfte und Baustelleneinrichtung bereitstellen zu können und die Wasserqualität zu sichern. Auch temporäre Baustraßen und Lärmschutzwände wurden errichtet,



**Abbildung 6-8:** Baustelleneinrichtung des Zwischenangriffs Fröschnitzgraben in der Dämmerung



um die Auswirkungen des LKW-Verkehrs auf die Anlieger so gering wie möglich zu halten.

Im Rahmen des Zwischenangriffs Fröschnitzgraben wurden zunächst die beiden senkrechten Förderschächte mit jeweils 10 m Durchmesser bis in eine Tiefe von 400 m abgeteuft. Am Fuß der beiden Schächte wurde ein mehr als 11.000 m<sup>2</sup> großes Kavernensystem mit Förderbändern, Lagern und Bürocontainern errichtet. Innerhalb dieses Systems wurden auch beide Tunnelvortriebsmaschinen montiert, nachdem diese in Einzelteilen über die beiden Schächte unter die Erdoberfläche hinabgelassen wurden. Aus dem Kavernensystem im Bereich des Zwischenangriffs Fröschnitzgraben soll für den späteren Tunnelbetrieb eine etwa 6.000 m<sup>2</sup> große Nothaltestelle errichtet werden. Einer der beiden Förderschächte wird nach Abschluss der Vortriebsarbeiten vollständig rückverfüllt, während der andere Schacht für als Belüftungsbauwerk für den Tunnelbetrieb ausgebaut wird. Aus geotechnischer Sicht ist eine Baustelleneinrichtung die Größenordnung im alpinen Bereich extrem aufwendig, da aufgrund der Hanglage zuerst einmal zwei ebene Flächen für die Förderschächte und die Baustelleneinrichtungsfläche, sowie die Unterkünfte hergestellt werden mussten. Dies wurde mit ca. 160.000 m<sup>3</sup> aufgeschütteter Erde und entsprechenden Hangsicherungen realisiert. Hierfür kamen ebenfalls Geokunststoffbewehrte-Erde-Konstruktionen mit einer Höhe von teilweise bis zu 17 m zum Einsatz. Außerdem wurden zur Hangverdübelung 330 Bohrpfähle hergestellt, die aufgrund böschungspareller Schichten und der damit verbundenen Gefahr von Hangrutschungen zwischen 25 m und 30 m lang sind. Zusätzlich mussten diese zur Aufnahme von Horizontallasten durch ca. 1000 Ankern gesichert werden, die wiederum bis zu 40 m in den Berg reichen.

Abschließend möchten wir uns bei Herrn Schuller und Herrn Franyi für die Führung und den Einblick in das Projekt Semmering-Basistunnel bedanken. Es war hoch interessant zu sehen, welche geotechnische Herausforderungen Bauprojekte dieser Größenordnung in den Alpen mit sich bringen.



## 7. Hochgebirgskraftwerk – Kaprun (17.11.2018)

Von Leon Keim, Maximilian Kunz, Paul Müller, Constanze Resch und Anna Thorwart

Der letzte Programmpunkt unserer Exkursion war das Hochgebirgskraftwerk Kaprun. Wir besichtigten zunächst das Besucherzentrum im Kraftwerksgebäude der Kaprun-Hauptstufe, wo wir Informationen zur Kraftwerksgruppe, ihrer Geschichte und zum Kraftwerk der Hauptstufe selbst erhielten.

Österreich gilt als Wasserkraftland Mitteleuropas, da es ca. 60 bis 65% seiner Energie aus Wasserkraft gewinnt. Das Kraftwerk Kaprun zählt zu den größten Wasserkraftwerken Europas und wurde schrittweise erweitert und ausgebaut. Betreiber des Kraftwerks ist die VERBUND AG, welche der größte Stromerzeuger Österreichs ist. 51% der Anteile an der Aktiengesellschaft hält das Land Österreich, wodurch es sich somit um einen Staatsbetrieb handelt. Die VERBUND AG betreibt neben dem Kraftwerk in Kaprun ca. 120 weitere Großkraftwerke (>10 MW Leistung). Insgesamt hat die VERBUND AG etwa 200 000 Mitarbeiter, wovon 70 für das Hochgebirgskraftwerk Kaprun zuständig sind. Die zentrale Leitstelle der Kraftwerksanlagen befindet sich in Wien. Die Kraftwerke Kaprun und Salzach bringen ge-

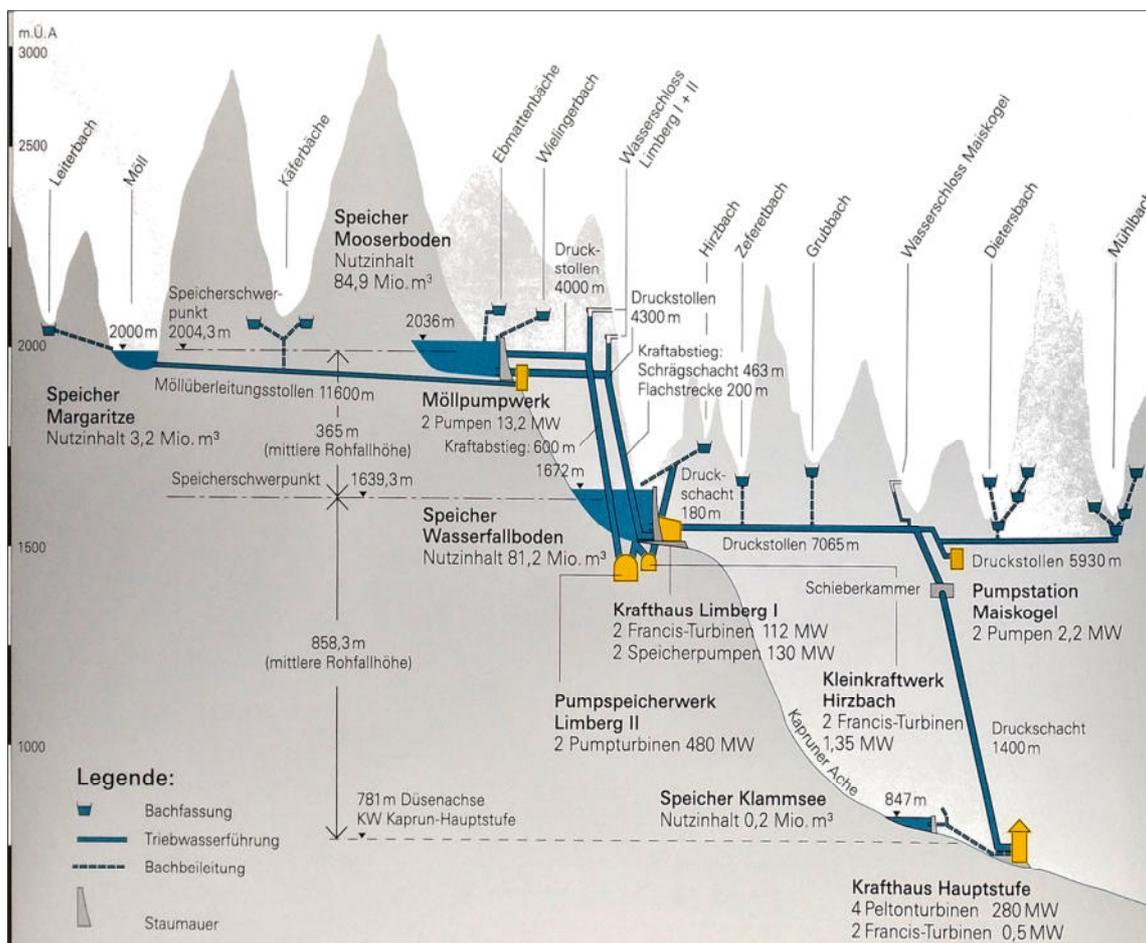


Abbildung 7-1: Funktionsschema der Kraftwerksgruppe Kaprun [7]

meinsam ca. 1 GW Leistung.

Die Kraftwerksgruppe Glockner-Kaprun besteht heute aus insgesamt vier einzelnen Wasserkraftwerken, sodass nahezu das gesamte Wasser der Hohentauern und aus dem Einzugsgebiet des Kapruner Tals über Turbinen verstromt wird und erneuerbare Energie erzeugt. Zu der Kraftwerksgruppe gehören die Kaprun-Oberstufe (Limberg I und II), die Kaprun-Hauptstufe, sowie die beiden kleineren Laufwasserkraftwerke Hirzbach und Klammsee. Bei der Oberstufe handelt es sich um ein Jahrespumpspeicherkraftwerk mit einer installierten Turbinen- bzw. Pumpleistung von ca. 0,6 GW. Pro Jahr können damit ca. 150 GWh Strom erzeugt werden. Zum Kraftwerk gehören der Margaritzenspeicher mit einem Nutzinhalt von 3,12 Mio m<sup>3</sup> sowie der Speicher Mooserboden mit einem Nutzinhalt von 84,94 Mio. m<sup>3</sup> als Oberseen. Für diese beiden Speicher wurden jeweils zwei doppelte Bogenstaumauern errichtet, wofür insgesamt ca. 1,5 Mio. m<sup>3</sup> Beton verwendet wurden. Der Margaritzenspeicher liegt nicht mehr im Einzugsgebiet des Kapruner Tals, sondern wird vom Pasterzengletscher

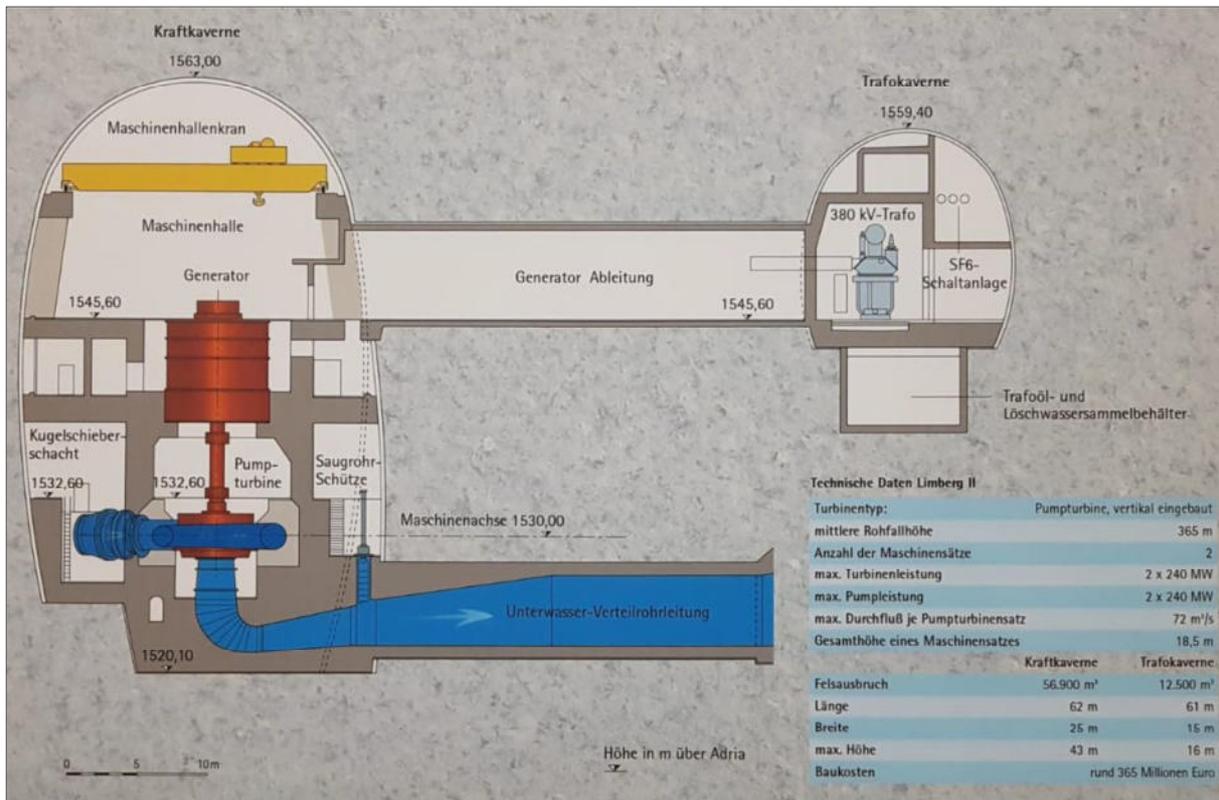


Abbildung 7-2: Querschnitt der Kraftwerkskaverne Limberg II [7]

am Großglockner gespeist. Über ihn ist es möglich, Wasser aus dem weiter südlich gelegenen, aber für den Bau von Kraftwerken topographisch und geologisch ungünstigen Mölltal ebenfalls zur Energieerzeugung zu verwenden. Als Untersee für den Pumpbetrieb dient der Speicher Wasserfallboden mit einem Nutzinhalt von 81 Mio. m<sup>3</sup>. Er ist zugleich der Speicher für das Kraftwerk der Kaprun-Hauptstufe mit einer Ausbauleistung von 0,28 GW und einer Jahreserzeugung von ca. 500 GWh an Strom. Der Wasserfallboden wird von der Limberg-Talsperre aufgestaut, welche zwischen 1947 und 1952 errichtet wurde. Zusätzlich erzeugen die beiden Laufkraftwerke Hirzbach und Klammsee pro Jahr jeweils ca. 3,4 GWh. Insgesamt



wurden für die Kraftwerksgruppe Kaprun mehr als 50 km Tunnel bzw. Stollen im Berg gebaut. Der Großteil davon sind Wasserwege.

Zur Geschichte: Österreich erlitt am Ende des ersten Weltkrieges eine Energiekrise, da keine Kohle mehr vorhanden war. Um von den Nachbarländern unabhängig zu bleiben, wurden bereits zu dieser Zeit erste Untersuchungen für den Bau eines Wasserkraftwerks durchgeführt. Die idealen topographischen und geologischen Bedingungen des Stufentals mit dem dort anstehenden kristallinen Schiefer führten zu dieser Standortwahl. Mit dem Bau des Gebirgskraftwerks Kaprun wurde schließlich 1938 begonnen, wenige Wochen nach dem Anschluss Österreichs an das Deutsche Reich. 1939 wurden die meisten Arbeiter in den Kriegsdienst eingezogen, weshalb das Projekt ab diesem Zeitpunkt hauptsächlich von



**Abbildung 7-3:** Maschinenhalle mit Generatorabdeckung der Kraftwerkskaverne Limberg II



**Abbildung 7-4:** Turbinenwelle mit Stellwerk der Leitschaufeln oberhalb der Turbinenkammer

Kriegsgefangenen, Zwangsarbeitern und ausländischen Arbeitern gebaut wurde. Zwischen 1940 und 1945 kamen beim Bau des Kraftwerks mehr als 120 Zwangsarbeiter ums Leben. 1944 wurde das Kraftwerk erstmals mit einem provisorischen Erddamm in Betrieb genommen. Nach dem Ende des zweiten Weltkriegs wurde der Bau wieder aufgenommen (1946-1955). Ermöglicht wurde dies aus enormen Fördermitteln des Marshall-Plans. Mit diesem Geld konnten die Staumauern der Hauptstufe und Oberstufe (Limberg I) gebaut und somit das obere und untere Kraftwerk in den Jahren 1952 bzw. 1955 in Betrieb genommen werden. Zu dieser Zeit fand noch kein Pumpspeicherbetrieb statt. Von 2006 bis 2012 wurde die Kraftwerksgruppe durch das Pumpspeicherkraftwerk Limberg II erweitert. Das Pumpspeicherkraftwerk macht auch die Energie aus Wind und Sonne netzkompatibel und dient dazu,



Spitzenstrom bei Bedarf bereitzustellen und bei einer Überproduktion an Strom aus Wind und Solaranlagen diesen zu speichern. Während Atom- und Kohlekraftwerke konstant gleiche Mengen an Energie liefern, kann das Pumpspeicherkraftwerk eine Pufferfunktion zur Speicherung von überschüssiger Energie, die für Bedarfsspitzen kurzfristig abgerufen werden einnehmen. Die überschüssige Energie, aus Wind- und Solaranlagen und die Grundlast der Kernkraft bei Nacht wird dazu verwendet, Wasser in den höherliegenden Speicher zu pumpen. Für das Kraftwerk konnten die bereits bestehenden Stauseen Wasserfallboden und Mooserboden verwendet werden, da diese bereits zuvor auf eine solche Erweiterung ausgelegt waren. Durch die Inbetriebnahme des neuen Kraftwerks wurde die installierte Turbinenleistung der Kraftwerksgruppe Kaprun von 353 MW auf 833 MW erhöht und damit mehr als verdoppelt.

Im Krafthaus der Hauptstufe sind vier Peltonturbinen als Zwillingturbinen verbaut, von welchen jeweils zwei Turbinen auf einer gemeinsamen Welle sitzen und einen Generator antreiben. Derzeit ist dort die dritte Generation der Laufräder, die eine Lebensdauer von ca. 20 bis 30 Jahren haben, im Einsatz. Aufgrund von Schäden durch Kavitation und Feinsedimenten können die Laufräder irgendwann nicht mehr durch Schweißen der Fehlstellen repariert werden, sondern müssen ersetzt werden. Die Turbinen haben unter Vollast eine Drehzahl von 500 U/Min. Die Geschwindigkeit des Wassers in den Düsen der Peltonturbine beträgt ca. 130 bis 140 m/s bei einer durchschnittlichen Wassertemperatur von 6°C. Über Kugelschieber kann der Wasserzulauf zu den Turbinen geregelt werden. Windkessel dienen zum Druckausgleich beim An- und Abschalten der Turbinen. Im Krafthaus ist außerdem ein Flusskraftwerk der Kapruner Ache mit zwei Francis-Turbinen integriert. Nach Besichtigung des Besucherzentrums und des Krafthauses der Hauptstufe fahren wir mit dem Bus durch einen eigens für die Kraftwerkserweiterung gebauten Stollen hinauf zum 2012 fertiggestellten Kavernekraftwerk Limberg II und zur Staumauer des Wasserfallboden-Speichers mit dem integrierten Kraftwerk Limberg I. Der Tunnel diente während der Bauzeit als Baustellenzufahrt und wird heute für den witterungsunabhängigen Zugang zu den Kraftwerksanlagen für Wartung und Betrieb und in den Sommermonaten für den Tourismus am Mooserboden Stausee verwendet. Zuvor gab es nur einen Materialaufzug, was einen deutlich größeren Zeitaufwand bedeutete und gerade im Winter den Zugang zu den Anlagen erschwerte.



**Abbildung 7-5:** Turbinenauslauf unterhalb der Zulaufspirale



**Abbildung 7-6:** Bus im Zufahrtsstollen zur Kraftwerkskaverne Limberg II



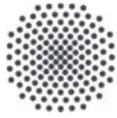
**Abbildung 7-7:** Talsperre Wasserfallboden mit dem alten Krafthaus Limberg I

Das Kraftwerk Limberg II wurde aufgrund der beengten Platzverhältnisse im Tal und zum Schutz gegen Lawinen als Kavernenkraftwerk vollständig unter Tage errichtet. Zum Bau der beiden Kavernen für Kraftwerk und Transformatoren wurden insgesamt 70.000 m<sup>3</sup> Fels bergmännisch ausgebrochen. Die Kraftkaverne hat eine Höhe von 43 Metern bei 62 Metern Länge und 25 Metern Breite. In ihr sind zwei vertikal eingebaute Pumpturbinen mit einer Gesamthöhe von 18,5 Metern pro Maschinensatz enthalten. Pro Pumpturbine können 72 m<sup>3</sup>/s Wasser zur Energieerzeugung genutzt bzw. in den Obersee gepumpt werden. Bei der Besichtigung konnten wir einen Blick auf die Generatoren, die Turbinen und hydraulisch betriebenen Kugelschieber werfen. Der Schieber kann in rund einer Minute geöffnet werden und im Notfall sogar noch schneller geschlossen werden. Auf ihn herrscht ein statischer Druck von 40 bis 45 bar. Die Turbinen wurden von der Firma Voith hergestellt und aus Brasilien angeliefert. Sie können innerhalb von 4 bis 5 Minuten vom Stillstand auf vollen Pump- bzw. Turbinenbetrieb gefahren werden und sind damit in kürzester Zeit dazu in der Lage,



Stromdefizite im Netz auszugleichen. Im Betrieb erzeugen sie eine Lautstärke von ca. 90 dB. Durch ihre verstellbaren Leitschaufeln wird der Wirkungsgrad noch optimiert.

Über den Tunnel gelangten wir anschließend weiter zur Talsperre Wasserfallboden, die den gleichnamigen Speicher aufstaut. Es handelt sich dabei um eine 120 Meter hohe, doppelt gekrümmte Bogengewichtsmauer mit einer Kronenlänge von 360 Metern. Die Mauer ist im Fußbereich ca. 37 Meter dick, während die Dicke an der Krone nur 6 Meter beträgt. Im Krafthaus Limberg I konnten wir anschließend sehr gut die Unterschiede der Kraftwerkstechnik und der Bautechnik von vor rund 60 Jahren zu dem neu errichteten Krafthaus Limberg II erkennen. Pumpe und Turbine sind hier zum Beispiel noch zwei getrennte Maschinen, während diese in Kavernenkraftwerken vor allem aus Platzgründen in einer Maschine kombiniert sind. Im Turbinenbetrieb wird beim Kraftwerk Limberg I die Pumpe von der Welle abgekoppelt und läuft nicht mit. Zudem ist das Krafthaus oberirdisch am Fuße der Staumauer errichtet worden, weshalb die Zugänge und Fenster im Winter zum Lawinenschutz verbarrikadiert werden müssen.



## Quellen

- [1] Uniper SE – Staudamm Roßhaupten: Erneuerung der Dammdichtung, Informationsveranstaltung in Lechbruck am See – 20.03.2018, Präsentationsfolien.
- [2] [https://www.all-in.de/fuessen/c-allgaeu/grosse-aufregung-in-fuessen-wegen-damm-sanierung\\_a5001125](https://www.all-in.de/fuessen/c-allgaeu/grosse-aufregung-in-fuessen-wegen-damm-sanierung_a5001125), Zugriff am 29.05.2019.
- [3] Bauer Spezialtiefbau GmbH, Fachpresseinfo - Staudamm Roßhaupten: Startschuss für Erneuerung der Dammdichtung, 8.11.2018.
- [4] <https://docplayer.org/63748541-00-inhaltsverzeichnis.html>, Zugriff am 28.05.2019.
- [5] [https://www.tiwag.at/fileadmin/\\_processed\\_/d/8/csm\\_ke\\_kirchbichl\\_baufortschritt\\_bereich\\_we\\_hr\\_06\\_2017\\_c16d253786.jpg](https://www.tiwag.at/fileadmin/_processed_/d/8/csm_ke_kirchbichl_baufortschritt_bereich_we_hr_06_2017_c16d253786.jpg), Zugriff am 28.05.2019.
- [6] ÖBB-Infrastruktur AG, Infobroschüre – Semmering-Basistunnel. April 2015
- [7] Verbund AG, Informationszentrum des Kraftwerks Kaprun. bearbeitete Fotos der Infotafeln, 17.11.2018.





