

# ZEMENT FOTO BIBEL



**Diskurs**  
Tiefgehende  
Heraus-  
forderungen

**Interview**  
Markus Lehner

**Reportage**  
Auf dem Weg in  
die Zukunft

**TUNNELBAU**

**2\_24**

# Inhalt

01 **Editorial**

**Diskurs**

- 02 Tiefgehende  
Herausforderungen

**Österreich**

- 06 Strom aus Wasserkraft  
10 Koralmbahn im Finale  
13 Kraftwerk mit Designanspruch  
15 Brückenbau der Superlative  
18 Aus alt mach neu  
20 Optimierte und erweitert

**Interview**

- 22 Kreisläufe nutzen –  
Klima schützen

**Reportage**

- 25 Auf dem Weg in  
die Zukunft

**Forschung**

- 32 Zukunftsfitte Lösungen

**Tiefbau**

- 36 Mit der Kraft der Erde

**International**

- 38 Im Zeichen des Umweltschutzes  
40 Unter Tage lernen  
43 Ressourcen drastisch gespart  
46 Weltweit erster Schiffstunnel  
49 Langlebig und nachhaltig  
52 Qualitätsvoll erneuert  
54 Spektakuläres Unterfangen

**Meine Meinung**

- 56 Karl Schellmann

- 57 **Highlights**

**Kommentare**

- 09 von Anton Glasmaier  
17 von Christian Albrecht  
37 von Jonas Hochgesand



Foto: Swietelsky

## 06

**Strom aus  
Wasserkraft  
Salzburg**



Foto: Wiener Linien, Herrenknecht AG, Architekt Moosburger

**Reportage**

Auf dem Weg in die Zukunft



Foto: Holmesglen

## 25

**Unter Tage lernen  
Australien**

## 41

Visualisierung: Sheheta and Plomp/Plompcozes



# 46

**Weltweit erster Schiffstunnel Norwegen**

**Spektakuläres Unterfangen Schweiz**

# 54

**Meine Meinung Karl Schellmann**

# 56



Foto: Christian Fischer



Atelier Fontana, Kenneth Nars

## Tiefgründig und clever



Dass der Tiefbau an sich ein faszinierender Bereich der Bauwirtschaft ist, ist nichts Neues – sobald jedoch ein Bauvorhaben fertiggestellt ist, ist keine Spur mehr von den spektakulären Untergrundarbeiten und dem Aufwand, der dahintersteht, zu sehen. Wie selbstverständlich werden Wasserkraftwerke, neue Bahnstrecken, Tunnel oder auch Sanierungen wahrgenommen. Dass es aber in einer Ausgabe von Zement+Beton eine so große Anzahl an Superlativen gibt – das ist ungewöhnlich. Das Ingenieur-Know-how ist beeindruckend, da werden Spitäler zur Sanierung und Erweiterung während aufrechtem Betrieb einfach unterfangen – ein Tunnel an Land gebaut und dann versenkt – oder durch einen Berg gegraben, durch den zukünftig riesige Frachtschiffe fahren werden.

Die Gemeinsamkeit bei allen Projekten, die wir für das aktuelle Heft ausgesucht haben, besteht einerseits darin, dass keines der Bauvorhaben ohne Zement und Beton realisierbar wäre und dass immer der Klimaschutz, Klimawandelanpassungen wie auch die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zentrum stehen. Das Spektrum reicht vom Einsatz des CEMII/C, der nun für eine breite Anwendung bereitsteht – vom Hochbau bis zum Infrastrukturbau, bis zum Erdwärmekataster, mit dem nun punktgenau vorhergesagt werden kann, wo eine Versorgung mit erneuerbarer und vor allem kostenloser Energie möglich ist, bis zu einem spektakulärem Bauwerk in Tirol, bei dem alle Disziplinen quasi in einem Projekt vereint sind: Tunnel-, Brücken-, Galerie- und Straßenbau. Sicherheit, die Nutzer wie auch der Schutz vor Klimawandel-Auswirkungen stehen dabei im Vordergrund. Daran wird selten gedacht, wie beispielsweise bei dem Ausbau des Wiener U-Bahn-Netzes. Der Ärger über Baustellen ist groß – der Komfort wie auch der langfristige Nutzen für die Umwelt und eine visionäre Mobilität des größten Klimaschutzprojekts Österreich sind jedoch unbezahlbar.

**Gisela Gary und das Team von Zement und Beton**  
Foto: Wolfgang Gary

# Tiefgehende Herausforderungen

**Text:** Gisela Gary  
**Foto:** Amt der Tiroler  
Landesregierung

Für viele Bauvorhaben bildet der Tiefbau die Basis, sei es für Klimawandelanpassungen, Sanierungen und anspruchsvolle Infrastrukturprojekte. Die Ansprüche steigen, die Themen reichen von Öko-Bilanzen bis zu CO<sub>2</sub>-reduzierten Zementen und Betonen.



100 Prozent Beton: Tunnel, Brücke, StraÙe, Galerie und höchste Sicherheit, vereint in einem spektakulären Bauvorhaben, der neuen Schlossgalerie in Tirol.

### **Der Infrastrukturbau ist oft das Stiefkind der Baubranche – selten wird darüber berichtet, häufig negativ. Woran liegt das?**

Josef-Dieter Deix: „Es liegt daran, dass die Infrastruktur – hierzu zählen der Tiefbau, der Tunnel- und auch der Straßenbau – in Österreich funktioniert. Herr und Frau Österreicher sind es gewohnt, dass man schnellstmöglich und komfortabel von A nach B gelangen kann. Auch die dazugehörigen Bau- und Wartungsarbeiten gestalten sich im Großen und Ganzen friktionsfrei. Hierfür gibt es viele positive Beispiele wie etwa den Umbau des Südbahnhofs zum Hauptbahnhof in Wien oder, aktuell, die Sanierung des Arlbergtunnels. Wenn es aber in seltenen Fällen nicht so gut funktioniert, wird das medial ausgeschlachtet, da sich schlechte Nachrichten einfach besser verkaufen.“

Robert Schedler sieht den Bereich nicht so pessimistisch: „In meiner Wahrnehmung wünschen sich viele Menschen, dass z. B. Semmering-, Koralm- und Brenner Basistunnel schneller fertig werden und warten richtig darauf. Gleiches gilt für den Neu- und Umbau der Wiener U-Bahn-Linien U2 und U5. Unangenehm sind Berichte über Nutzungseinschränkungen bei notwendigen Instandsetzungen. Über den Bau von neuen Straßen oder Straßentunneln gibt es sehr berechtigte Diskussionen. Wir wissen, dass mehr neue Straßen mehr Individualverkehr fördern und wissen auch, dass dies im Jahr 2024 in einem Land mit einem der dichtesten Straßennetze pro Kopf nicht die Lösung unserer Mobilitätsbedürfnisse sein kann. Die Zukunft im Straßenbau in Österreich sehe ich in der Erhaltung und in der Transformation zu Rad- und Fußgängerinfrastruktur.“

Stephan Villaret sieht die Hauptursache für unzufriedene Nutzer in Nutzungseinschränkungen: „Fakt ist, wir kümmern uns zu wenig um den Erhalt und die Erneuerung des Straßennetzes. Soziale Nachhaltigkeit wäre, wenn man die Verfügbarkeit der Straße erhöht, indem man eine erhaltungsarme Bauweise wählt, wie es die Betonbauweise ist. Bei der Planung, dem Bau und der Erhaltung von Straßen steht der Nachhaltigkeitsgedanke mit seinen drei Säulen (Soziales, Ökonomie, Ökologie) auf dem Fundament der technischen Qualität und der Prozessqualität, die entscheidend sind, um dauerhaft nutzbare Straßen zu bekommen.“

### **Gerade aktuelle Projekte wie der Brenner Basistunnel oder auch der Koralmtunnel spiegeln die Vielfalt an Herausforderungen wider – die ohne Beton nicht lösbar wären?**

Josef-Dieter Deix: „Beton ist durch stetige Forschung und Weiterentwicklung über die Jahrzehnte zu einem Hightech-Baustoff

gereift. Durch Festbetoneigenschaften wie Wasserundurchlässigkeit, Brandbeständigkeit oder Beständigkeit gegen chemischen Angriff werden komplexe Bauvorhaben erst möglich. Neben den hervorragenden Eigenschaften von Beton nach der Aushärtung ist er aber auch aufgrund der Verarbeitbarkeit in vielen Anwendungsfällen alternativlos. Ein gutes Beispiel hierfür ist der angesprochene Koralmtunnel. Der auf der Baustelle eingesetzte Vergussbeton für die Gleistragplatten musste für die Einbringung sechs Stunden verzögert werden und nach 24 Stunden mit einem voll beladenen Zug befahrbar sein, um die vorgegebene Bauzeit zu ermöglichen. All das kann Beton – und die Grenzen der Einsetzbarkeit sind noch nicht erreicht.“

Die Betonbauweise ist im Verkehrswegebau unverzichtbar, ist auch Stephan Villaret überzeugt: „Beton ist nachhaltig, sobald wir qualitativ hochwertig bauen – die technische Qualität und Prozessqualität vorausgesetzt –, erreichen Betonstraßen eine sehr lange Lebensdauer. Die Nachhaltigkeit ist garantiert, weil wir Erneuerungen erst nach langen Nutzungszeiten benötigen.“

### **Wie sieht es in puncto Nutzung von Tunnelausbruch für den Straßenbau aus?**

Robert Schedler: „Eine sehr sinnvolle Idee, die von vielen Stakeholdern geteilt wird. Dazu gibt es Hinweise aus der nachhaltigen Bundesbeschaffung, aus Planungshandbüchern Tunnelbau und Richtlinien für Tunnelausbruchmaterialien z. B. vom ÖBV. Tunnelausbruchmaterial kann aufgrund der Geologie und aufgrund der Ausbruchmethode sehr unterschiedlich für den Wiedereinsatz geeignet sein. Eine direkt aufbereitete Verwendung des Tunnelausbruchmaterials am gleichen Einsatzort gelingt in vielen Fällen nur für einen geringen Anteil des Materials.“

Deix: „Je nach Qualität des Materials wird er als Dammschüttmaterial oder auch als Zuschlagsstoff für die Betonherstellung eingesetzt. Schwierig gestaltet sich hierbei oft, dass der Tunnelausbruch nicht unbedingt zu jenem Zeitpunkt anfällt, zu dem Material für den Straßenbau benötigt wird. Hier bedarf es einer übergeordneten, vorausschauenden Planung. Generell müssen wir bei dem im Zuge von Bauvorhaben gewonnenen Material weg vom Abfallbegriff und hin zum Begriff des Wertstoffs. Der Anteil der Deponierung muss im Idealfall gegen null gehen, hier ist auch der Gesetzgeber gefordert.“

Villaret: „Im Straßenbau geht es im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion auch um Betonrecycling für den Bau von neuen Straßen. Oft stellt sich die Frage, ob Beton direkt wieder eingesetzt werden soll, oder

**„Neben den hervorragenden Eigenschaften von Beton nach der Aushärtung ist er aber auch aufgrund der Verarbeitbarkeit in vielen Anwendungsfällen alternativlos.“**

Josef-Dieter Deix



Josef-Dieter Deix, Kulturtechniker und Wasserwirtschaftler, Spezialtiefbau-Experte und seit 2020 Geschäftsführer der Porr Bau GmbH.

# „Ziel muss es sein, Zement klimaneutral herzustellen und die Roadmap der Zementindustrie schnellstmöglich umzusetzen.“

Robert Schedler



Foto: FCP

Robert Schedler, Ingenieurkonsulent für Bauwesen, Geschäftsführender Gesellschafter, FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH

als Schottertragschichtmaterial. Die Fragestellung ist nicht trivial, denn durch die Verwendung von Recyclingmaterial in neuen Betondecken kann sich die Festigkeit ändern, was beispielsweise größere Deckendicken erforderlich machen kann. Das Abbruchmaterial kann aber auch als Schottertragschicht unter der Betondecke eingesetzt werden. Von einem Downcycling sollte hier aber nicht gesprochen werden, denn die Lebenszeit des Recyclingmaterials in einer Schottertragschicht verlängert sich um das Zwei- bis Dreifache.“

## Auf welche Innovationen warten Sie?

Deix: „Eine bahnbrechende Innovation wäre das friktionsfreie Funktionieren aller involvierten digitalen Systeme im Zusammenspiel. Egal, wo wir aktuell hinsehen, haben wir Schnittstellenprobleme, die massive Auswirkungen auf unsere tägliche Performance haben. Ein einheitlicher Standard oder ein ‚Universalübersetzungsprogramm‘ wären wünschenswert. Das vor Jahren geprägte

Schlagwort ‚plug and play‘ ist in diesem Bereich noch immer Fiktion.“

Innovationen sind wichtig und bringen neue Möglichkeiten hervor, ist Schedler überzeugt: „Über Innovationen hinaus erwarte ich, dass Themen, für die es bereits Lösungen gibt, in die Umsetzung kommen. Dies gilt für die bereits vorhandenen Möglichkeiten in der Digitalisierung sowie bei der Nachhaltigkeit und dem Klimaschutz und auch z. B. bei alternativen Vertragsmodellen im Bauwesen.“

Villaret wartet darauf, dass sich ganzheitliche Konzepte für eine hohe Produkt- und Prozessqualität etablieren: „Weil nur beides gemeinsam zu hochqualitativen Betonstraßen mit einer deutlich längeren Lebensdauer führt. Bis dato halten sie rund 30 Jahre, wir sind aber in der Lage, dass sie doppelt so lange funktionstüchtig sind. Der Mehreinsatz an Material ist dabei gering. Dabei kommt es immer darauf an, nicht nur die Substanzeigenschaften im Blick zu haben, sondern

auch die Gebrauchseigenschaften: Das sind jene, die der Nutzer auf hohem Niveau möchte: hohe Griffigkeit, hohe Ebenheit, Fahrkomfort, geringen Rollwiderstand.“

## Gibt es internationale Vorzeigebispiele in puncto Straßenbau – bei denen Beton seine Stärken wesentlich stärker ausspielen darf?

Deix: „Ich sehe Beton und Asphalt im Straßenbau nicht unbedingt in Konkurrenz, sondern als sinnvolle Ergänzungen, welche abgestimmt auf die Anforderung des Straßenabschnitts aufgrund ihrer individuellen Eigenschaften optimal eingesetzt werden müssen. Beton spielt seine Stärke vor allem auf Straßenabschnitten mit hohen Schwerkverkehrsaufkommen aus. Die Langlebigkeit der Betondecken ist ein weiteres Argument für Straßen in Betonbauweise. Teilstrecken, die bei Sanierung zu erheblichen Verkehrsbehinderungen und Umwegen führen, z. B. Tunnelabschnitte, bieten sich als Betonstraßen an. Internationale Beispiele hierfür sind die A100 in Berlin, die A12 in Frankfurt sowie abseits der Straßen diverse Parkplätze und Flughäfen.“

Schedler: „Dort, wo wir international im Straßenbaubereich tätig sind, werden die Straßenoberbauten in Asphaltbauweise umgesetzt. Vorzeigebispiele kenne ich nur aus dem Tunnelbau, wo wir international z. B. Tunneltübbinge mit Stahlfaserbewehrung planen dürfen, was bei uns noch nicht ‚regelkonform‘ ist.“

## Bauen im Einklang mit Umwelt und Natur – im Tiefbau ein Widerspruch?

Schedler: „Nach meinem Verständnis nicht. Es muss allerdings klar sein, wofür und wie wir bauen, also jedenfalls im Sinne der Nachhaltigkeitsziele der UN. Alles, was wir bauen, ob im Hochbau oder im Tiefbau, benötigt noch viele Veränderungen, um den ‚Widerspruch‘ mit Umwelt und Natur zu minimieren. Ein wesentlicher Beitrag liegt in der Reduktion der Treibhausgasemissionen, die durch Baustoffe, die Bauumsetzung, den Betrieb und den Rückbau entstehen. Je mehr hier gelingt, desto geringer der Widerspruch zu Umwelt und Natur.“

Villaret: „Nein, das muss kein Widerspruch sein, wenn man die Grundsätze der Nachhaltigkeit beachtet und die Säule Ökologie näher betrachtet. Hier kann man sehr gut optimieren, den Ressourcenverbrauch wie auch CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren. Der Einsatz von alternativen Zementen ist z. B. eine großartige Entwicklung, der Trend geht eindeutig zu CEM-II-Zementen, der CEM III hat bereits einen Hüttensandanteil von mehr als 50 Prozent.“

Deix: „Es findet bereits ein massives Umdenken statt. Bauvorhaben werden im Hinblick auf ihren Impact auf die Natur kritisch geprüft. Nehmen wir als Beispiel die Energiewende. Um von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbarer Energie zu kommen, müssen neue Wasser-, Wind- und Photovoltaikkraftwerke gebaut werden. Ebenso sind Energiespeicher und Transportleitungen erforderlich. Die Porr baut beispielsweise aktuell in Ebensee in Oberösterreich und in Forbach in Deutschland die Stollen- und Kavernensysteme für Pumpspeicherkraftwerke und untertunnelt derzeit die Elbe, dort wird die leistungsstarke Windstromleitung SuedLink durchgeführt. Jedes dieser Bauwerke greift zwar in die Natur ein, trägt jedoch positiv dazu bei, dass die Klimaerwärmung durch Abschalten und Rückbau von kalorischen Kraftwerken reduziert wird. In der gesamtgesellschaftlichen Betrachtung sind diese Eingriffe notwendig und auch richtig. Sie führen zu einer Verbesserung der Ist-Situation und stehen somit nicht im Widerspruch zu Umwelt und Natur. Dazu kommt, dass laufend an der Weiterentwicklung von Baustoffen und Bauprozessen gearbeitet wird wie z. B. an CO<sub>2</sub>-reduzierten Baustoffen oder am Einsatz von Baumaschinen und Fahrzeugen mit alternativen Antrieben.“

#### Ist die Branche auf Öko-Bilanzierungen vorbereitet?

Schedler: „Ja, die Branche ist vorbereitet, nicht perfekt, da dieser Detailbereich noch neu ist und die Datengrundlagen und Methoden teilweise im „Fluss“ und Forschungsprojekte dazu in Bearbeitung sind, wie z. B. das Lebenszyklustool Infra. Ausreichend Wissen für Anwendungen ist jedoch vorhanden. Was fehlt, ist die Nachfrage der Auftraggeber, die Ökobilanzen fordern und aus den Ergebnissen Konsequenzen ableiten.“

Deix: „Erste Ansätze für eine Einstufung hinsichtlich ökologischer Auswirkungen beim Bau neuer Abschnitte von Straßenprojekten gibt es bereits. Aktuell wird hauptsächlich die CO<sub>2</sub>-Menge bei der Herstellung der Fahrbahn verglichen. Ziel ist die Nachhaltigkeit des Gesamtbauwerks im gesamten Lebenszyklus – von der Herstellung über den Betrieb bis zum Rückbau – zu betrachten. Die Ermittlung der erforderlichen Basisdaten und die Berechnungsverfahren werden immer besser. Teilweise fehlt allerdings die exakte Definition der Randbedingungen und Anforderungen an die Öko-Bilanzierung von Straßenbauprojekten.“

Villaret arbeitet aktuell an dem Forschungsprojekt „Lebenszyklusübergreifende Bewertung von Oberbauvarianten in Betonbauweise unter straßenbauspezifischen Aspekten der

Nachhaltigkeit“ im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr sowie der Bundesanstalt für Straßenwesen: „Wir erstellen Öko-Bilanzen und vergleichen die Bauweisen miteinander. Aktuell werden die Daten zusammengetragen. Der Hauptaspekt der Nachhaltigkeit ist die Nutzungsdauer. Man kann bei der Betonbauweise von einer Erhaltungsarmut sprechen, Grundvoraussetzung ist die Qualität.“

#### Welche Erfahrungen gibt es mit CO<sub>2</sub>-reduziertem Zement und Beton?

Villaret: „In Deutschland gibt es bis dato nur wenige Strecken, die mit CEM II hergestellt wurden. Aber es wird mehr, alternative Zemente werden bereits ausgeschrieben. Natürlich, die Randbedingungen müssen stimmen, aber die Herstellung ist problemlos, in den meisten Fällen wird der Beton mit Gleitschalungsfertiger eingebaut, man braucht eine Grünstandfestigkeit des Betons, die Ränder des Frischbetons dürfen nicht absacken, dieses Konsistenzverhalten verändert sich beim CEM II – das ist eine Herausforderung für die Bauausführenden. Aber: In den nächsten fünf Jahren wird kein CEM I mehr eingesetzt werden.“

Schedler: „Dort, wo CO<sub>2</sub>-reduzierter Zement mit mindestens 15 Prozent geringerem CO<sub>2</sub>-Verbrauch eingesetzt wird, gibt es in vielen Fällen Unterschiede zu bisherigen Arbeitsvorgängen, sei es bei der Verarbeitung beim Betoneinbau oder bei den Ausschallfristen, da der derzeitige CO<sub>2</sub>-reduzierte Beton längere Aushärtungszeiten benötigt. Diese Nachteile müssen eingeplant werden und führen heute noch zu längeren Bauzeiten oder höherem Schalungseinsatz im Vergleich zu den bisherigen, nicht CO<sub>2</sub>-reduzierten Betonen. Besonders geeignet erscheint mir derzeit der Einsatz z. B. bei dicken Bodenplatten im Hoch- und Tiefbau oder ähnlichen Bauteilen. Ziel muss es sein, Zement klimaneutral herzustellen (Zeithorizont bis 2050, bis das Ziel vollständig erreicht ist) und die Roadmap der Zementindustrie schnellstmöglich umzusetzen. Dafür ist allerdings dringend die Energiewende hin zu erneuerbaren Energien erforderlich und die CO<sub>2</sub>-Abscheidung (Carbon Capture) beim Brennen des Klinkers einzusetzen. Zusätzlich wird es notwendig sein, aus dem gewonnenen CO<sub>2</sub> entweder Kohlenwasserstoffe herzustellen (benötigt leider extrem viel erneuerbare Energie) oder es in der Erde zu speichern (Carbon Storage), wofür wir sicher auch noch CO<sub>2</sub>-Pipelines errichten werden müssen. Und was wir sofort tun können – Material, also Beton und Bewehrung, sparen.“

Deix: „CO<sub>2</sub>-reduzierter Beton funktioniert bei moderaten Außentemperaturen gut.

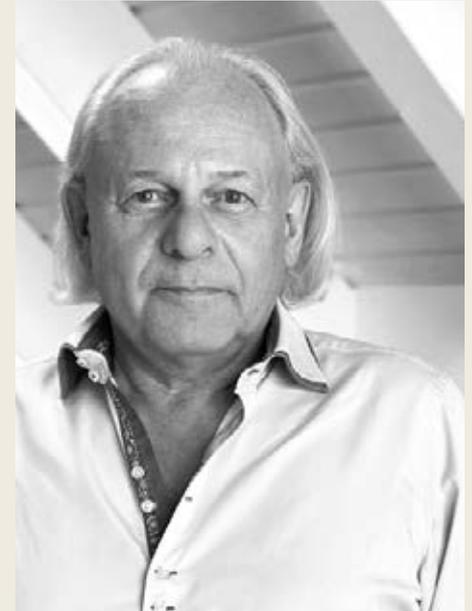


Foto: Villaret

Stephan Villaret, Bauingenieur, Betonstraßenexperte, Mitglied in der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Mitglied der International Society of Concrete Pavements, Geschäftsführer der Villaret Ingenieurgesellschaft mbH

## „Beton ist nachhaltig, sobald wir qualitativ hochwertig bauen.“

Stephan Villaret

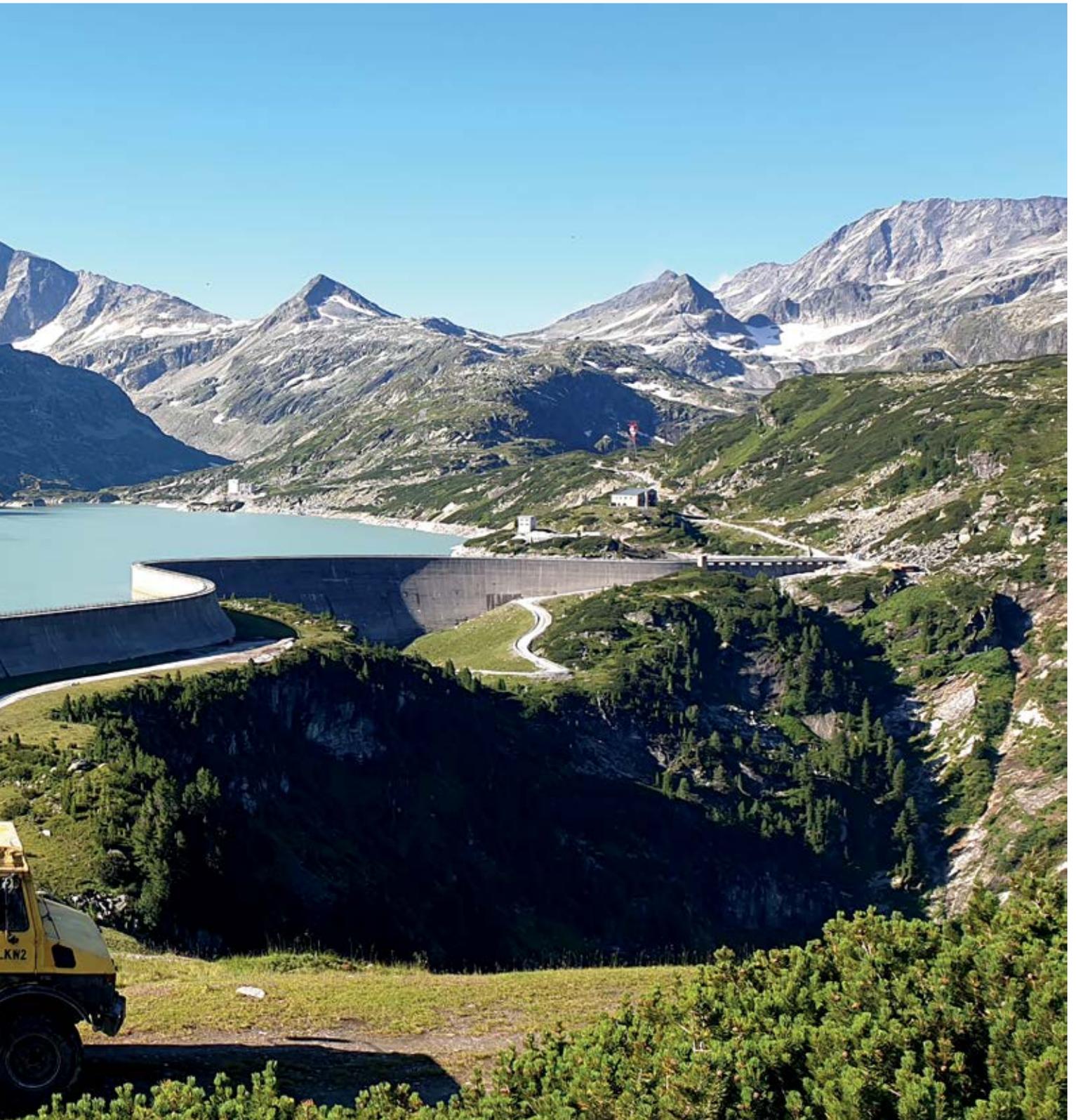
Sinkende Temperaturen führen hingegen zu Verzögerungen im Abbindeverhalten und damit zu verlängerten Ausschallzeiten. Neben den Ausschallzeiten verlängert sich auch die Nachbehandlungsdauer. Beides muss in der Bauzeitbetrachtung berücksichtigt werden. Auch sind nicht alle am Markt verfügbaren CO<sub>2</sub>-reduzierten Zemente für alle Expositionsklassen einsetzbar. Daher ist neben einer Schulung aller Beteiligten vom Planer über den Betonhersteller bis zu den Beteiligten in der Ausführung auch notwendig, dass an der Bewusstseinsbildung der handelnden Personen gearbeitet wird. Nur wenn alle das gleiche Grundverständnis haben und entsprechend sensibilisiert sind, wird es zukünftig möglich sein, CO<sub>2</sub>-reduzierte Zemente sinnvoll und nachhaltig im Sinne unserer Umwelt einzusetzen. Ein großes Potenzial bei der CO<sub>2</sub>-Einsparung liegt neben dem CO<sub>2</sub>-reduzierten Beton in der Dimensionierung von Bauteilen und dem Einsatz des richtigen Materials für den erforderlichen Zweck.“

# Strom aus Wasserkraft



Text: Linda Pezzei  
Fotos: Swietelsky

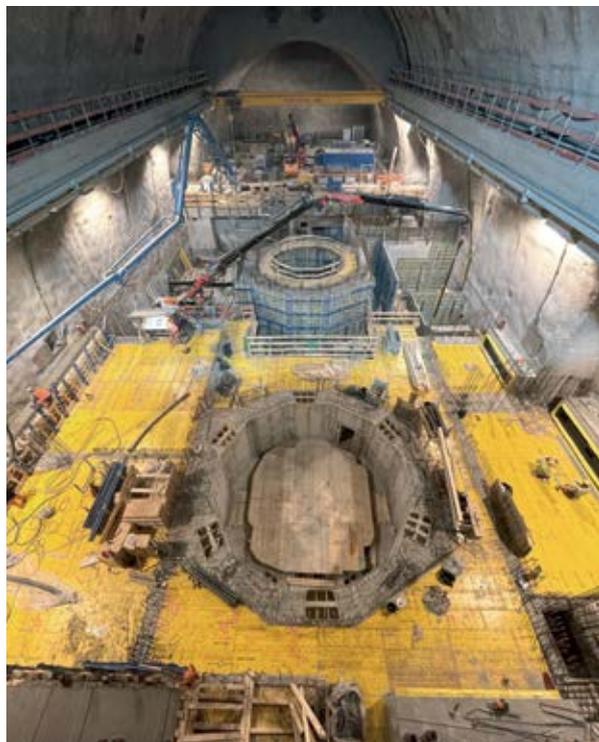
**Pinzgau.** Die Erweiterung der Kraftwerksgruppe Stubachtal der ÖBB-Infrastruktur AG um das Pumpspeicherkraftwerk Tauernmoos gewährleistet künftig eine effiziente Erzeugung von umweltfreundlichem Bahnstrom im Sinne des nachhaltigen Mobilitätsgedankens.





Die Möglichkeit, Strom nicht nur ökologisch sinnvoll aus Wasserkraft zu gewinnen, sondern die Energie auch in großen Mengen zu speichern, hebt das Pumpspeicherkraftwerk Tauernmoos im Pinzgauer Stubachtal von herkömmlichen Speicherkraftwerken ab. Um die Stromversorgung

des Zugverkehrs auch zu Spitzenzeiten gewährleisten zu können, soll der 220 Meter über dem Tauernmoossee gelegene Weißsee mit Fertigstellung als sogenannte „grüne Batterie“ fungieren. Bei geringer Stromnachfrage pumpen zwei Maschinensätze in der unterirdischen Kaverne Wasser vom Tauernmoossee in den Weißsee. Dieses Wasser kann bei Bedarf wieder abgelassen werden, um die Turbinen zur erneuten Stromgewinnung anzutreiben.



#### **Ressourcenschonende Planung**

Im Zuge der Umsetzung des Projekts mit einer Nennleistung von etwa 170 MW und einer avisierten Jahresenergieerzeugung von 460 GWh konnte auf die beiden Speicherseen Weißsee und Tauernmoos im hinteren Stubachtal zurückgegriffen werden. Damit ließ sich der Verbrauch von natürlichen Ressourcen auf ein absolutes Minimum beschränken. Die baulichen, maschinellen und elektrotechnischen Kraftwerkseinrichtungen sind größtenteils unterirdisch in einem Kavernen-, Stollen- und Bauwerkssystem verortet, dessen zugehörige Höhenbaustelle sich von 1.200 bis 2.250 Metern über dem Meeresspiegel erstreckt. Der Bau im hochalpinen Gelände stellt dabei ebenso hohe Anforderungen an das Planungsgeschick aller beteiligten Firmen wie die Ausführung der Einlaufbauwerke Tauernmoos und Weißsee in den Wintermonaten. Die Grundidee sei bestechend einfach, die bauliche Umsetzung „eine große Herausforderung für Mensch und Maschine“, konstatierte so auch der damalige Swietelsky-Vorstandsvorsitzende Karl Weidlinger zum Baustart im September 2020.



## Der Bau im hochalpinen Gelände stellt dabei ebenso hohe Anforderungen an das Planungsgeschick aller beteiligten Firmen wie die Ausführung der Einlaufbauwerke Tauernmoos und Weißsee in den Wintermonaten.

### Konstruktions- und Spritzbeton

Seit Oktober 2020 wurde betreffend der Zufahrtstunnel zum Tauernmoossee und des Kavernenausbaus am Enzingerboden zuerst an zwei, ab April 2021 an fünf Vortrieben für das Pumpspeicherkraftwerk gearbeitet. Parallel zum Erschließungstunneldurchschlag vom Enzingerboden zur Kaverne und zum Tauernmoossee nahm man die Vortriebsarbeiten für den Kraftabstieg und die Vorbereitungen für die Herstellung der Ein- bzw. Auslaufbauwerke in die Speicherseen Tauernmoos und Weißsee in Angriff. Der Tunnelbau mit rund 10.500 lfm Vortrieb und die 73 m lange, 25 m breite und 40 m hohe Kaverne führten zu einem Gesamtausbruchsvolumen von etwa 385.000 m<sup>3</sup>. Ganze 145.000 m<sup>3</sup> Spritz- und Konstruktionsbeton wurden dabei verbaut.

Ein Aufwand und eine Investition, die sich bezahlt machen: Schon heute fährt jeder fünfte Zug im Streckennetz der ÖBB-Infrastruktur AG mit Bahnstrom aus dem Stubachtal, wo sich die aktuell größte und leistungsstärkste Kraftwerksgruppe der ÖBB befindet. Im Jahr 2026 soll der Probebetrieb des neuen Pumpspeicherkraftwerks starten.

#### Projektdaten

**Pumpspeicherkraftwerk Tauernmoos**  
Pinzgauer Stubachtal, 5233 Uttendorf  
**Auftraggeber:** ÖBB-Infrastruktur AG  
**Planung:** Afry Austria  
**Bauunternehmen:** Swietelsky Tunnelbau GmbH & Co KG  
**Leistung:** 170 Megawatt (MW)

**Jahresenergieerzeugung:**  
460 Gigawattstunden (GWh)  
**Beton:** ca. 145.000 m<sup>3</sup>, davon Baustellenmischanlage ca. 130.000 m<sup>3</sup>  
**Betonlieferant:** Salzburger Sand- und Kieswerke Gesellschaft m.b.H.



## Betonfertigteile: der Weg zur Nachhaltigkeit

In der Diskussion um das nachhaltige Bauen der Zukunft können Betonfertigteile einen wichtigen Beitrag leisten. Die innovative Produktion von Fertigteilelementen aus Beton bietet hierzu konkrete Potenziale bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion. Allerdings können diese am besten genutzt werden, wenn sich Bauherr und Architekt bereits vor der Planungsphase entscheiden, das Gebäude mit Fertigteilen zu planen. Die Produktion von Betonfertigteilen im Werk schon die Ressourcen und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft: Betonreste und Waschwasser werden z. B. seit jeher sofort wiederverwendet. Viele Fertigteile im Hochbau wie Massivwandfertigteile, Schleuderbetonsäulen oder Hohldielen überzeugen mit geringen Wandstärken bzw. geringem Materialverbrauch. Bei der Produktion von Hohldielen können durch geringere Deckenstärken als bei Ortbetondecken sowie durch die bei der Produktion entstandenen Hohlkörper Beton und Stahl eingespart werden. Auch Betonfertigteilelemente wie Elementdecken mit Verdrängungskörpern zeigen ähnliche Effekte.

Die Nachhaltigkeitspotenziale der Fertigteil-Bauweise können entlang des gesamten Lebenszyklus von Bauteilen ausgeschöpft werden. Kurze Bauzeiten führen zur Reduktion von CO<sub>2</sub>- und Staub-Emissionen und verursachen dazu weniger Abfälle auf der Baustelle. Durch Bauteilaktivierung von Betonfertigteilen können Gebäude in Kombination mit erneuerbaren Energien ganzjährig kostengünstig geheizt und gekühlt werden. Und schließlich punkten Betonfertigteile auch bei der Wiederverwendung. Betonleitwände, Pflastersteine und -platten können oft auch nach 50 Jahren problemlos demontiert und neu eingebaut werden, auch bei Treppen und Trägern ist ein großes Potenzial für Wiederverwendung vorhanden. All das zeigt, dass die Fertigteil-Bauweise bereits jetzt einen wichtigen Stellenwert beim nachhaltigen Bauen einnimmt, der in Zukunft bei der Planung noch stärker in Betracht gezogen werden muss.

**Anton Glasmaier**  
Geschäftsführer VÖB und Beton Dialog Österreich  
Foto: Stefan Selig

# Koralmbahn im Finale

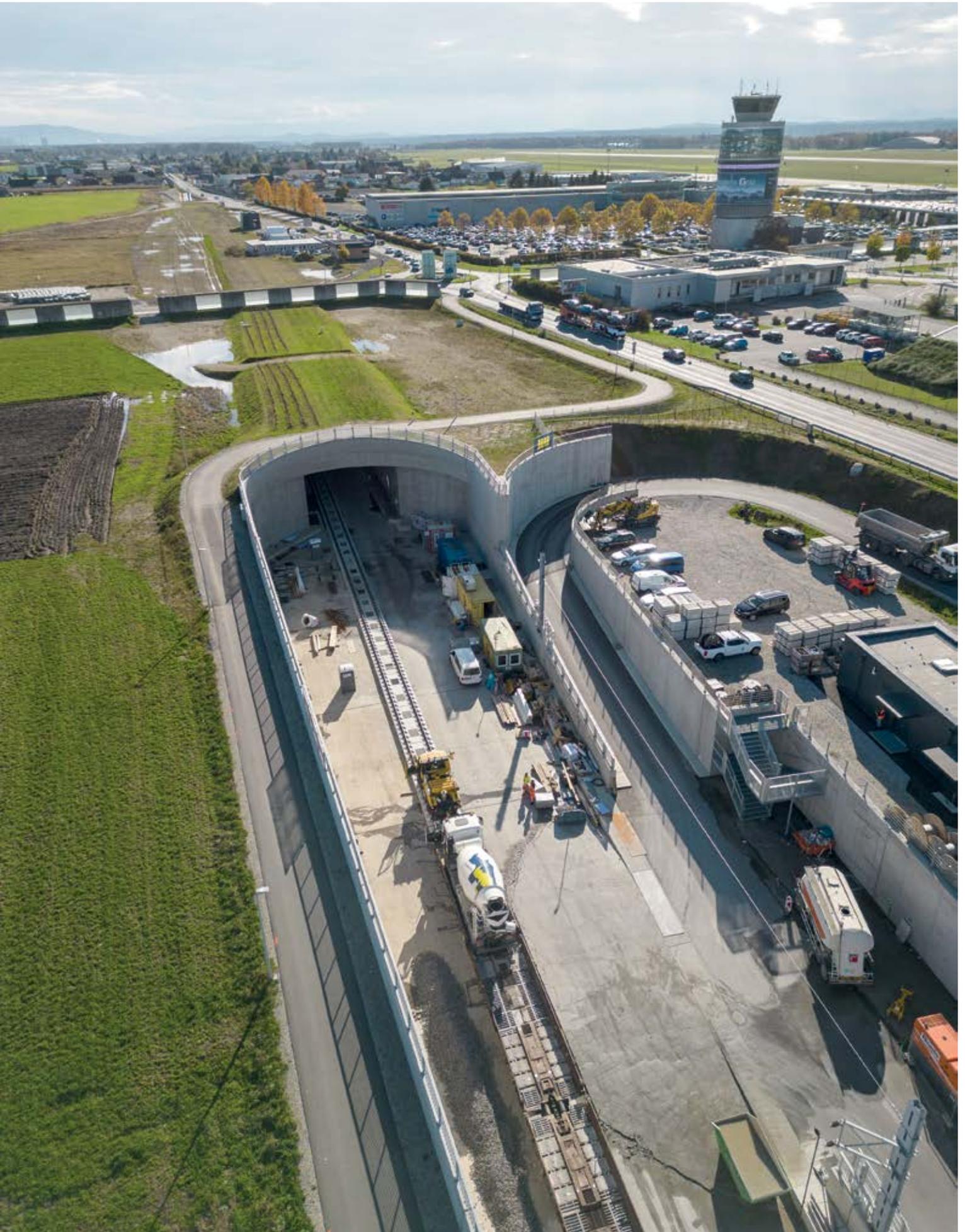
**Text:** Linda Pezzei  
**Fotos, Rendering:**  
ÖBB, Chris Zenz,  
3D Schmiede

**Graz.** Die Unterflurtrasse Feldkirchen wird dazu beitragen, die Fahrzeit der als „Koralmbahn“ bekannten Hochleistungsstrecke zwischen der Steiermark und Kärnten deutlich zu verkürzen.

Ab Ende 2025 wird es für Bahnreisende in nur einer Dreiviertelstunde Fahrzeit von Graz nach Klagenfurt gehen. Möglich machen dies der 33 Kilometer lange Koralmtunnel sowie eine neue, rund sechs Kilometer lange Unterflurtrasse, welche die B67 unterquert und die Züge bei Zettling wieder an die Oberfläche führt. 130 Kilometer Hochleistungsstrecke, davon mehr als 50 Tunnelkilometer, über 100 Brücken sowie 23 moderne Haltepunkte: Als Teil der neuen Südstrecke ist die Koralmbahn auch eines der bedeutendsten Infrastrukturprojekte Europas. Mit dem Streckenabschnitt Feldkirchen–Weitendorf befindet sich momentan der letzte große Abschnitt im Ausbau. Die zweigleisige Neubaustrecke ist rund 13 Kilometer lang und umfasst als „Flughafenast“ auch die Anbindung an den Güterterminal Süd (Cargo Center Graz) sowie eine etwa 1,4 Kilometer lange eingleisige Verbindungsstrecke zur

bestehenden Südbahn im Bereich Werndorf. Kernstück und technisches Highlight des Vorhabens ist die als „Flughafentunnel“ titulierte, rund 3,2 Kilometer lange Unterflurtrasse, wobei die technischen Möglichkeiten für einen späteren Bau eines weiteren Bahnhofs im Planungsprozess bereits berücksichtigt wurden. Die angrenzenden konstruktiven Stützmauer- und Wannengebiete zeugen auf rund 2,4 Kilometern Länge von dem planerischen und materialtechnischen Know-how der ausführenden Firmen. Gleichzeitig wird mit diesem Bauwerk ein Höchstmaß an Umwelt- und Lärmschutz erreicht. Im Tunnelbereich werden zukünftig Geschwindigkeiten von 160 km/h und auf der freien Strecke von 250 km/h gewährleistet. Entlang des Streckenabschnitts wurden zudem zwölf neue Brückenbauwerke in Form von Bahn- und Straßenbrücken errichtet, welche teils die Autobahnen A2 und A9 überspannen. Die Arge Eisner





## Im Tunnelbereich wurde die Unterflurtrasse als einzelliger Stahlbetonrahmen in Ort beton in offener Bauweise hergestellt.



ZT GmbH – Thomas Lorenz ZT GmbH planten die Unterflurtrasse, Aus- und Zugänge, Notstiegenhäuser und Portalzufahrten.

### Konstruktive Besonderheiten

Im Tunnelbereich wurde die Unterflurtrasse als einzelliger Stahlbetonrahmen in Ort beton in offener Bauweise hergestellt. Der Oberbau wurde als befahrbare feste Fahrbahn ausgeführt. Da der Tunnel mit der Sohle auf ganzer Länge in den Bemessungswasserspiegel eintaucht, wurde das Ingenieurbauwerk – entsprechend den Vorgaben des Erschütterungsschutzes – teilweise auf einer verstärkten Bodenplatte in Gestalt einer unbewehrten Unterwasserbetonsole gelagert. „Die Ausbildung des Tunnels und der Wannen im Bereich des Grundwassers wurde entsprechend der Richtlinie ‚Weiße Wanne‘ der ‚Österreichischen Bau-technik Vereinigung‘ für wasserundurchlässige Betonbauwerke ausgeführt. Der Abstand der Dehnfugen beträgt bei diesen Bauteilen im Regelfall 15 Meter. Aufgrund der Anforderungen für Weiße-Wannen-Elemente, der unterschiedlichen Bauteildicken, der geforderten Expositionsklassen und der möglichen Grundwasserstände kamen zahlreiche unterschiedliche Betonsorten – Regel- und Sonderbetonsorten – zur Anwendung“, erklärt ÖBB-Projektmanager Mario Hirschmugl. Hierbei wurde das Planerteam durch einen Betonexperten unterstützt. Im Sinne des Brandschutzes kam dort wo nötig Faserbeton BBG aus Polypropylenfasern zum Einsatz.

„Das Spannende und Herausfordernde an diesem Projekt waren einerseits die vielen Beteiligten, und andererseits die vielen technischen Randbedingungen, die durch die gute Zusammenarbeit mit dem gesamten Projekt-Team wirtschaftlich und nachhaltig gelöst wurden“, erläutert Stefan Schenk, Projektleitung Konstruktive Planung Arge Eisner ZT GmbH – Thomas Lorenz ZT GmbH.



### Projektdaten

**Unterflurtrasse Feldkirchen**  
Koralmbahn, 8073 Feldkirchen,  
Steiermark, Baulos 3.1  
**Auftraggeber:** ÖBB-Infrastruktur AG,  
Projektleitung Koralmbahn 1

**Planung,  
Tragwerksplanung,  
Schalungsbau:** Doka  
**Bauunternehmen:** Granit  
**Betonlieferant:** Wopfinger

**Konstruktive Planung/  
Statik:** Arge Eisner ZT GmbH –  
Thomas Lorenz ZT GmbH  
**Beton:** Baulos 3.1  
gesamt rd. 250.000 m<sup>3</sup>

**Gesamtlänge:**  
5.629 m  
Tunnel Unterflurtrasse: 3.251 m,  
Wannen: 1.950 m,  
Stützmauern: 428 m

# Kraftwerk mit Designanspruch

Text: Gisela Gary  
Fotos, Plan: Claire Braun

**Vöcklabruck.** Mit dem Restwasserkraftwerk Braun an der Ager gelang es dem Unternehmen Braun Maschinenfabrik, ein eigenes Kleinkraftwerk zu errichten, das rund 2,8 Millionen kWh pro Jahr erzeugt.

Die Auflassung und der Ersatzneubau des Kraftwerks Dürnau der Energie AG in Vöcklabruck ermöglichte es dem Unternehmen Braun, in der Restwasserstrecke an der Ager ein eigenes, drittes Kraftwerk zu errichten, das zugleich durch seinen Stau die Voraussetzung für eine Umleitung des Werkskanals bildet, und somit konnte der Triebwasserweg des alten Kraftwerks aufgelassen werden. Die Ager ist, mit rund 36 Kilometer Länge, der einzige Abfluss des Attersees. Der Fluss entstand in der letzte Eiszeit, vor rund 10.000 Jahren. Das Kraftwerk befindet sich im Bereich von Schlierhorizonten, die von Kiesen, die Terrassen ausbilden, überdeckt sind. Diese eiszeitlichen Sedimente bilden einen guten Grundwasserleiter, der bis zum Schlier reicht.

Das Kraftwerk wurde am Standort bestehender Sicherungsrampen als Restwasserkraftanlage errichtet. Gemeinsam mit der Energie AG und dem Kraftwerksplaner Warnecke Consult fiel die Entscheidung auf eine vertikale Kaplan turbine. Die Wehranlage besteht aus einem drei Meter breiten Spülschutz und zwei zehn Meter breiten Stauklappen. Die Ausbaumassmenge beträgt 17 Kubikmeter pro Sekunde – die Nettofallhöhe knapp sechs Meter.

Das neue Gebäude wurde neben einer bestehenden, rund vier Meter hohen Blocksteinrampe errichtet. Die Form des Krafthauses – ein abgerundeter Sichtbetonbau – entspricht der Faszination eines Wasserkraftwerks, ist in der



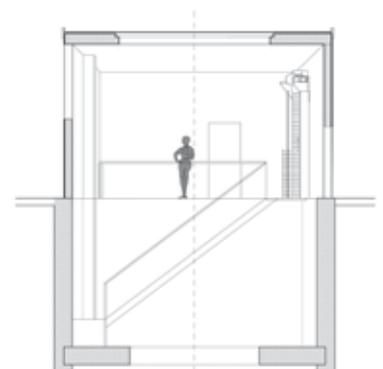
Gestaltung diesem ebenbürtig und Teil der Gesamtgestaltung. „Genau wie das Kraftwerk selbst, entwickelt sich die Form aus den funktionellen Ansprüchen der Anlage. Der Halbkreis umschließt die Turbine, die konische Form ergibt sich aus dem verminderten Raumbedarf des Schaltraums, das leicht geneigte Dach ist der einfachste Weg der Entwässerung. Zudem entspricht diese Form den Flusspfeilern in umgekehrter Form“, erläutert Architektin Claire Braun. Mit dem kleinen Kraftwerk kann sich der Maschinenhersteller nun selbst mit Energie versorgen, die rund 2,8 Millionen kWh pro Jahr entsprechen der Versorgung von in etwa 800 Haushalten. Claire Braun beschreibt den Zugang zu ihrem Entwurf: „Mein Anliegen war es, einem so faszinierenden Objekt, wie es ein Wasserkraftwerk ist, eine ansprechende und doch diskrete Gestalt zu geben. Damit wollen wir uns von anderen Kraftwerksbauten unterscheiden, bei denen das Turbinenhaus gestalterisch oft vernachlässigt wird.“ Insgesamt wurden rund 1.500 Kubikmeter Stahlbeton verbaut, im Bereich der Wehranlage wurde hochfester Tosbeton (XM3 – Stahlbetonfertigteile) verwendet, im Hochbau perfekter Sichtbeton.

Auch an die Fische wurde gedacht: Mit einer Fischaufstiegsschnecke und für den Abstieg eine Fischrutsche. Die gesamte Gewässerstrecke im Oberwasser- und Unterwasser-Bereich wurde durch Totholzstrukturen, Stein-Buhnen im Fluss und Störsteingruppen wesentlich verbessert. Ein kontinuierliches Monitoring bestätigte rasch die ökologische Passierbarkeit für die Fischpopulation entlang der Kraftwerkstrecke. Nicht zuletzt führt Claire Braun die beeindruckende jährliche CO<sub>2</sub>-Ersparnis durch das Kraftwerk an: „An die 1.224 Tonnen CO<sub>2</sub> – im Vergleich zu Energie von einem Gaskraftwerk.“ Mit dem Restwasserkraftwerk Braun an der Ager gelang es dem Unternehmen Braun Maschinenfabrik, ein drittes Kleinkraftwerk zu errichten, das rund 2,8 Millionen kWh pro Jahr erzeugt.



## „Genau wie das Kraftwerk selbst, entwickelt sich die Form aus den funktionellen Ansprüchen der Anlage.“

Claire Braun



### Projektdaten

#### Restwasserkraftwerk

**Braun an der Ager**

4840 Vöcklabruck,

**Zufahrt:** Gst.Nr.: 2423/5 KG 50324

Unterregau

**Bauherr:** Braun Agerkraftwerke GmbH

**Kraftwerksplanung:** Warnecke Consult GmbH, DI Michael Warnecke

**Architektur Turbinenhaus:** Claire Braun

**Baufirma:** Swietelsky AG

**Beton:** 1.500 m<sup>3</sup>

**Ökologische Begleitplanung:** Petz OEG

**Stahlwasserbau:** Braun

Maschinenfabrik GmbH

**Kaplanturbine und Generator:**

Kössler Turbinenbau

**Elektrotechnik:** Schubert Elektroanlagen GmbH

**Stromdaten:**

max. Leistung: 920 kW

**Jahresarbeit 2023:**

2,8 Mio kWh/Jahr

# Brückenbau der Superlative

**Text:** Gisela Gary  
**Fotos, Lageplan:**  
Amt der Tiroler  
Landesregierung,  
Doka

**Tirol.** Mit der Schlossgalerie Landeck waren Planer wie auch Ausführende gefordert: Gebaut wurden zugleich eine Brücke sowie eine Galerie. Das Bauwerk sorgt nun mit mehr als 25.000 Kubikmetern Beton für nachhaltige Sicherheit.



Die Schlossgalerie zwischen Landeck und Fließ ist mit Gesamtkosten von rund 38 Millionen Euro eines der größten Bauvorhaben der Landesstraßenverwaltung. Ein Brückenbau der Superlative – mit einer Gesamtlänge von insgesamt 722 Meter, die darunter befindliche Hangbrücke misst 555 Meter. Die Straße war durch Geröll und Stein Schlag eine gefährliche Strecke. Für das Tragwerk wurde ein Bemessungsereignis von zehn Kubikmetern Stein mit 25 Meter pro Sekunde Geschwindigkeit errechnet. Zunächst wurde die talseitig offene Schlossgalerie mit Flachdecke bis zu 5,5 Meter hoch überschüttet. Den Unterbau für beide Bauwerke bilden bis zu 23 Meter hohe Stützenscheiben, die im steilen Abhang zum Inn auffundiert wurden. Jede dieser Stützenscheiben wurde auf je zehn Mikropfählen mit einer Länge von bis zu 26 Metern gegründet. In Summe wurden im Zuge der zweieinhalbjährigen Bauphase 70.000 Kubikmeter Erdmaterial bewegt, 25.000 Kubikmeter Beton und 3.500 Tonnen Stahl sowie 16.000 Meter Pfähle zur talseitigen Gründung verbaut. „Für die Felssicherungsmaßnahmen waren 10.000 Quadratmeter Felsvernetzung sowie 1.100 Quadratmeter Steinschlagzäune erforderlich, um die steil abfallenden Felshänge über dem Streckenabschnitt zu sichern“, erläutert Günter Guglberger, Sachgebietsleiter Abteilung Landesstraßen und Radwege, Brücken- und Tunnelbau, Amt der Tiroler Landesregierung.

„Nicht zuletzt wegen der durchgängigen Steinschlaggefahr während der Bauarbeiten stellte die Schlossgalerie ein technisch herausforderndes Bauwerk dar. Neben den umfangreichen Felssicherungsmaßnahmen mussten aufgrund der beengten Platzverhältnisse zunächst Felswände abgetragen und ein aufwendiger Unterbau errichtet

werden“, erklärt Günter Guglberger das komplexe Bauvorhaben. Zudem musste die geplante Felssicherung aufgrund eines Felssturzes im Juni 2020, bei dem rund 7.000 Kubikmeter Gestein auf das gesperrte Baufeld stürzten, erheblich erweitert werden. Aufgrund der steil abfallenden Felshänge auf dem Streckenabschnitt mussten im Zuge der Bauarbeiten zunächst 30 Meter hohe Felswände abgetragen werden. Die Felssicherungsarbeiten in den steilen Hängen bis zu 100 Meter oberhalb der Straße stellten eine besonders große Herausforderung dar.

#### Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks

Beim Bau der 722 Meter langen Steinschlaggalerie über die L76 im Bereich des Schlosses Landeck kam die von Doka entwickelte Betonmonitoring-Lösung Concremote zum Einsatz, um die Einhaltung der geplanten Ausschallfrist von 16 Stunden zu sichern. Durch die exakten Daten konnte der Bauleiter auf einen hohen Zementanteil im Beton

**„Für die Felssicherungsmaßnahmen waren 10.000 Quadratmeter Felsvernetzung sowie 1.100 Quadratmeter Steinschlagzäune erforderlich wie auch 25.000 Kubikmeter Beton.“**

Günter Guglberger



verzichten, Risse durch zu hohe Temperaturen vermeiden und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck deutlich reduzieren. Durch die Auswahl der optimalen Betonmischung konnten zudem Kosten gespart werden. Die teilweise vormontierten Beton-teile wurden vor Ort aufgebaut. Mit Concremote erhält die Baustellenmannschaft konkrete Aussagen zur Frühfestigkeitsentwicklung des Betons und somit zum idealen Ausschalzeitpunkt.

**Projektdaten****Schlossgalerie Landeck (L76)**

Landecker Straße, 6500 Landeck  
**Bauherr:** Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Abteilung Landesstraßen und Radwege, Brücken- und Tunnelbau  
**Tragwerksplanung:** Baumann+Obholzer ZT GmbH  
**Geotechnik:** Jörg Henzinger  
**Bauaufsicht:** Baubezirksamt Imst

**Baufirma:** Strabag AG

**Länge:** 722 m  
**Schalungsbau:** Doka  
**Betonlieferant:** Strabag Mischwerk Imst/Roppen  
**Betonmenge:** 25.000 m<sup>3</sup> Beton  
**Stahl:** 3.500 Tonnen  
**Pfähle:** 13.000 m  
**Erdbau:** 60.000 m<sup>3</sup> Erdbewegung (gesamt), davon 40.000 m<sup>3</sup> Felsabtrag



## Klimaneutralität – Mission Impossible?

Während Europa bis 2050 klimaneutral sein will, möchte Österreich dies bereits 2040 erreichen. Dieses Ziel stellt die Bauindustrie vor große Herausforderungen, wobei jetzt schon feststeht, dass die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichen werden. Wir müssen neue Wege einschlagen, Innovation fördern und vor allem gemeinsam an Lösungen arbeiten. Mit einem Anteil von ca. 30 Prozent an den Treibhausgas(THG)-Emissionen spielt der Bausektor eine wesentliche Rolle am Weg zur Klimaneutralität. Das größte Potenzial zur Senkung der Emissionen liegt wohl im Planungsprozess. Mit der Planung werden die wesentlichen Emissionen (ca. 80 Prozent), welche ein Bauwerk im Laufe des Lebenszyklus emittiert, festgeschrieben. Daher ist es wichtig, bereits in der Planung einen Rundumblick über alle Phasen einzunehmen. Am Ende des Lebenszyklus soll das Bauwerk schließlich wieder als Rohstoffquelle den Kreislauf schließen. Ein weiteres erhebliches Potenzial zur Dekarbonisierung liegt im Beschaffungs- und Bauprozess. Ein durchgeführtes THG-Monitoring bei ausgewählten Infrastrukturprojekten der Asfinag zeigt, dass rund 80 Prozent der Bauemissionen auf die Herstellung der Materialien sowie die Transporte entfallen, nur 20 Prozent werden direkt auf der Baustelle freigesetzt. Im Herbst 2023 wurde mit der „CO<sub>2</sub>-reduzierten Baustelle“ der Grundstein für neue Anreize gelegt. Dabei werden bei der Bestbieterermittlung Kriterien wie Energieversorgung der Baustelle z. B. mit alternativer Energie (PV), Einsatz von E-Baugeräten sowie CO<sub>2</sub>-Footprint-relevanter Vorgänge und Materialien bewertet. Die Bilanz der ersten Leuchtturmprojekte ist sehr erfreulich. Dennoch stellen die Verfügbarkeit größerer E-Baugeräte (Schubraupen, Bagger), die Ladeinfrastruktur oder das Angebot von CO<sub>2</sub>-reduzierten Betonen noch große Herausforderungen dar. Andererseits bieten Technologien wie Carbon Capture, grüner Wasserstoff oder Kreislaufwirtschaft große Potenziale. Eines zeichnet sich jedoch schon jetzt ab: Den Weg zur Klimaneutralität müssen wir gemeinsam beschreiten.

**Christian Albrecht** ist im Fachbereich Bauwirtschaft und Vergabe der Asfinag BMG tätig und beschäftigt sich dort seit 2017 mit der nachhaltigen Beschaffung. Er ist Mitglied in diversen Fachausschüssen (naBe, FSV usw.) zum Thema Nachhaltigkeit.

Foto: Asfinag



# Aus alt mach neu

Text: Gisela Gary  
Fotos: Asfinag/Mike  
Wolf

**Regau.** Die in die Jahre gekommene Aurachbrücke muss dringend erneuert werden, das Abbruchmaterial wird zu nahezu 100 Prozent für den Neubau wiederverwendet. Die 420 Meter lange und mit knapp 50 Metern höchste Brücke der A1 Westautobahn ist ein zukunftsweisendes Brückenbauwerk.

Die A1 überquert zwischen den Anschlussstellen Regau und Steyrmühl bei Aurachkirchen das Tal der Aurach. Die mit 50 Metern höchste Brücke der Westautobahn ist in die Jahre gekommen und wird bis Ende 2025 neu errichtet. Dabei gibt es mehrere Besonderheiten: Der Neubau erfolgt bei aufrechterm Verkehr – dazu wurde eine Ersatzbrücke errichtet. Man fährt auf zwei Spuren neben dem Neubau vorbei, der rasend schnell voranschreitet. Und das Ganze in schwindelnder Höhe: 48 Meter. Besonders ist auch der hohe Wiederverwendungsanteil: Nahezu das gesamte abgetragene Material der alten sowie der Behelfsbrücke wird wiederverwertet. Der Beton wird zerkleinert, aufbereitet und wieder als

Recyclingbaustoff verwendet. Am Baustellengelände werden als Renaturierungsmaßnahme rund 4.000 neue Bäume gepflanzt.

Die Aurachbrücke war nach mehr als 60 Jahren Dauerbetrieb am „Ende der Lebensdauer“, erläutert Projektleiter Martin Schnellmann von der Asfinag. Das 1961 für den Verkehr freigegebene Stahl-Verbund-Tragwerk (Betondecke auf Stahltragwerk) – getragen von massiven Betonpfeilern – wurde zuletzt in den 1980er-Jahren grundlegend saniert. Täglich wird sie im Jahresschnitt von etwa 50.000 Fahrzeugen überquert – in den Sommermonaten oft deutlich mehr. Das Alter

und auch das seit der Errichtung massiv gestiegene Verkehrsaufkommen mit hohem Schwerverkehrsanteil haben ihre Spuren am Tragwerk hinterlassen. Hinzu kommen notwendige Anpassungen an immer strengere Normen.

Bei den erforderlichen Untersuchungen wurde festgestellt, dass im Hinblick auf die Statik der alten Tragwerke eine Instandsetzung nicht sinnvoll möglich und auch nicht wirtschaftlich ist.

#### Spektakulärer Kraneinsatz

Ein Spezialkran hob die bis zu 76 Meter langen und bis zu 215 Tonnen schweren alten Stahlträger von der alten Brücke herunter. „Der Einsatz des Spezialkrans ist eine Premiere für uns auf Brückenbaustellen, er wird sonst nur bei Windparks oder zum Heben großer Generatoren eingesetzt“, erläutert Schnellmann. Die alten Fundamente werden zum Teil für den Neubau genutzt. Insgesamt wurden 125.000 Tonnen Beton abgebrochen, davon 72.000 Tonnen wiederverwertet. Während die Eisenteile zerschnitten und wegtransportiert wurden, begann schon der Abriss der Brückenpfeiler (je 17.000 Tonnen). Schreitbagger arbeiten sich durch die alten Pfeiler. Die neuen fünf Pfeiler werden exakt am selben Ort wieder errichtet. Das Abbruchmaterial wird vor Ort „brechergerecht“ zerkleinert und anschließend in ein temporäres Zwischenlager transportiert, in Brecheranlagen aufbereitet und einer weiteren

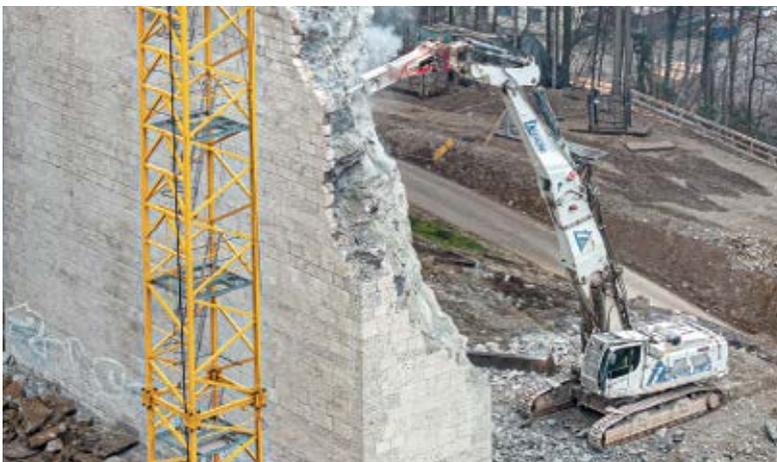
Wiederverwendung im Sinne der Kreislaufwirtschaft zugeführt. Unter anderem werden daraus Schüttgüter für den Straßenbau sowie auch Zuschlagsstoffe für diverse Betonsorten hergestellt.

Beim Neubau gibt es auch eine weitere besondere Premiere: Mittels Hydraulik wird das Tragwerk der Behelfsbrücke auf die neue Aurachbrücke verschoben und die Parallelbrücke wieder abgetragen. Für die fünf Tragwerkspfeiler der Brücke in Seitenlage braucht es Bohrpfähle mit einer Tiefe von bis zu 60 Metern, wofür das größte Drehbohrgerät Österreichs mit 180 Tonnen Einsatzgewicht im Einsatz war. Dabei stellen die extrem schwierigen und wechselnden geologischen Bedingungen eine besondere Herausforderung für die Bohrmannschaft wie auch für die Gerätschaften dar. Insbesondere der Verschleiß am Bohrwerkzeug ist enorm. Dann erfolgt im Freivorbauverfahren die Betonage der fünf Fundamente, auf denen im Anschluss die tonnenschweren Pfeiler errichtet werden. Doka lieferte die Rahmenschalung dafür. Nach der Fertigstellung der Pfeiler wurden darauf die sogenannten Hammerköpfe, die als jeweilige Startpunkte für das Freivorbauverfahren dienen, betoniert. So können an die frei ausragenden Enden der Hammerköpfe jeweils parallel die folgenden Bauabschnitte angefügt werden. Mit dem Concremote-Betonmonitoring wird jeder einzelne Schritt überwacht. Nach dem Bau der Pfeiler erfolgt die Fahrbahnerrichtung – bis Ende 2025 wird die neue Aurachbrücke fertig sein.



„Der Einsatz des Spezialkrans ist eine Premiere für uns auf Brückenbaustellen, er wird sonst nur bei Windparks oder zum Heben großer Generatoren eingesetzt.“

Martin Schnellmann



#### Projektdaten

##### Aurachbrücke

A1 Westautobahn,  
4844 Regau, Oberösterreich

**Bauherr:** Asfinag

**Bauausführung:** S125 Aurachbrücke,  
Arge Habau/Porr

**Brückenlänge:** 420 m

**Planer (Architektur und Tragwerksplanung):** Arge KMP ZT GmbH/  
Baumann + Obholzer ZT GmbH

**Gesamtlänge Bauvorhaben:** 600 m

**Brückenhöhe:** 48 m

**Betonmenge:** 33.000 m<sup>3</sup>

**Schalungsbau:** Doka  
(8 Deckensensoren 2,0,  
2 Kalibrierboxen 2,0,  
4 Betonmischungen)

**Betonlieferant:** Asamer Kies- und

Betonwerke GmbH

**Wiederaufbereitetes Material:**

Beton: 72.000 Tonnen

Natursteinmauerwerk: 11.000 Tonnen

Asphalt: 2.550 Tonnen

Stahl: 2.200 Tonnen



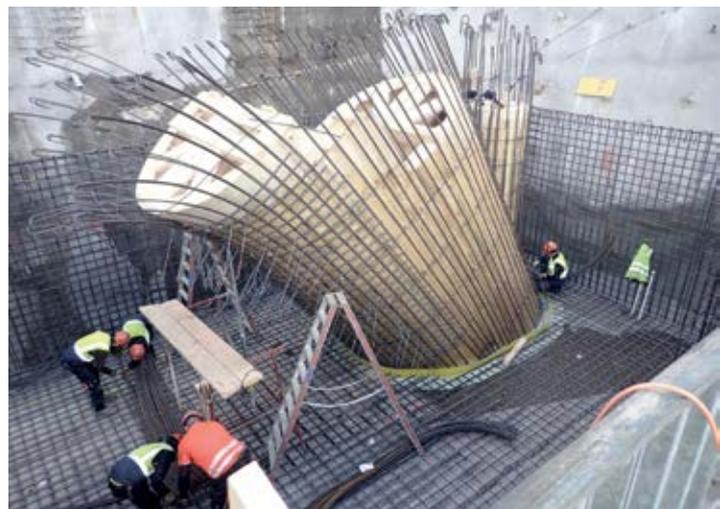
# Optimiert und erweitert

**Text:** Linda Pezzei  
**Fotos, Skizze:**  
Tiweg-Tiroler  
Wasserkraft AG

**Kühtai.** Bis 2027 wird die Kraftwerksanlage Kühtai um einen 25 Kilometer langen Stollen, den Bau eines neuen Speichersees mit einem 113 Meter hohen Staudamm sowie ein unterirdisches Pumpspeicherkraftwerk ergänzt. Der benötigte Beton wird vor Ort selbst hergestellt.

Mit dem Großbauprojekt der Erweiterung der Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz in den Stubai Alpen hat sich die Tiweg-Tiroler Wasserkraft AG zum Ziel gesetzt, die Energieversorgung künftig noch sicherer und umweltfreundlicher zu gestalten. Die Errichtung eines Pumpwasserspeichers mittels eines Steinschüttdamms im Längental soll Energie in Zeiten von Überangebot für Perioden mit hoher Nachfrage speichern. Ergänzend ist der Vortrieb eines neuen Stollens geplant. In Kombination mit dem Stausee mit einem Fassungsvermögen von etwa 30 Millionen Kubikmetern soll die derzeitige Kapazität um 50 Prozent erhöht werden. Das entspricht einem Plus von jährlich rund 216 Millionen Kilowattstunden Strom.

Das Stauziel des neuen Staudamms befindet sich auf 2.140 Metern Meereshöhe. Das für den Bau notwendige Material soll direkt vor Ort aus dem künftigen Speicherraum oder

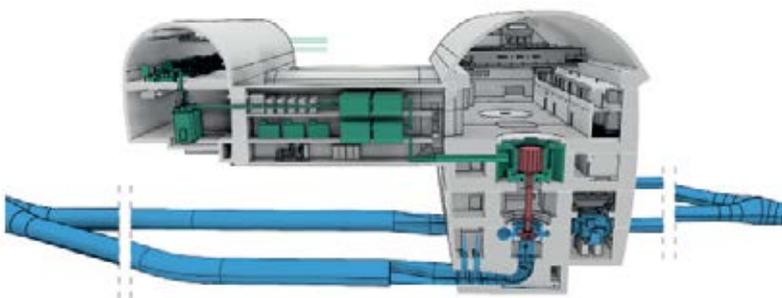


aus anfallendem Tunnelausbruchsmaterial gewonnen und die luftseitige Dammoberfläche mit Natursteinen und Strukturelementen landschaftlich gestaltet werden. Ein Stollen mit einem Durchmesser von viereinhalb Metern wird den neuen Speicher Kühtai und den bestehenden Speicher Finsertal ab Fertigstellung verbinden.

Das Kraftwerk selbst wird vollkommen unterirdisch in einer Felskaverne errichtet und ist für den Pumpspeicherbetrieb konzipiert. Die Beileitung erschließt mit sechs Wasserfassungen das zusätzliche Einzugsgebiet. Dies entspricht einem Zuwachs von knapp 61 Quadratkilometern. Aufgrund der bestehenden Kraftwerksanlagen und der Infrastruktur ist eine neue Hochspannungsleitung ins Inntal nicht erforderlich. Im Sinne einer möglichst niedrigen CO<sub>2</sub>-Emission durch Vermeidung unnötiger Fahrten für das Baumaterial erfolgt die Betonproduktion direkt vor Ort in einer eigens für die Baustelle hergestellten mobilen Mischanlage, die alle für den Bau benötigten Betone herstellen kann. Die Rohstoffgewinnung erfolgt im Steinbruch für den späteren Stauraum, indem der hier vorkommende Granodioritgneis weiterverarbeitet wird. Die Aufbereitung und Zwischenlagerung der benötigten Zuschlagsstoffe wird über eine eigene containermobile Aufbereitungsanlage des Systems Gravex abgewickelt. Deren Vorteil: die kompakte, platzsparende Bauweise in Form von Hochbunkern.

„Durch die überlegte Standortwahl von Kraftwerksbau und Logistik sind wir in der glücklichen Lage, den benötigten Beton selbst direkt vor Ort herstellen zu können. Die Zuschlagsstoffe werden im Steinbruch aus dem späteren Stauraum im Längental gewonnen, im eigens errichteten Werk aufbereitet und zu Beton weiterverarbeitet. Eine besondere Herausforderung liegt darin, die Produktion auf über 2.000 Meter Seehöhe jahresdurchgängig sicherzustellen“, erläutert Klaus Feistmantl, Projektleiter Tiwag-Tiroler Wasserkraft AG.

Für den Vortrieb des Stollens mit einem Durchmesser von 4,2 Meter und einer Länge von 25,5 Kilometer kam die Tunnelbohrmaschine Alesja zum Einsatz. Umgeben von Felsgestein sowie einer Ausbruchssicherung entsprechend den geologischen Verhältnissen aus Spritzbeton, Baustahlgitter, Stahlbögen und einem Gebirgsanker bilden Betonfertigteile eine wasserführende Röhre. Eine solche Bauart reduziert nicht nur das Maß an konventioneller Bewehrung, sondern eröffnet auch hinsichtlich der baubetrieblichen Abläufe wie auch der Kosten erhebliche Potenziale. Gerade die vorgefertigten Sohlübbänge bieten im Vergleich zu einer Sohle aus Ortbeton Vorteile, was die Einbauzeit angeht. Die in diesem Zuge möglichen mechanisierten Abläufe im maschinellen Tunnelvortrieb können zudem die Arbeitszeit reduzieren und die Arbeitssicherheit erhöhen.



#### Projektdaten

**Speicherkraftwerk Kühtai**  
**Auftraggeber, Planung:** Tiwag-Tiroler Wasserkraft AG  
**Bauausführung:** Arge SKW Kühtai (Swietelsky Tunnelbau, Swietelsky, Jäger, Bodner)

**Betonhersteller:** Allianz Speicherkraftwerk Kühtai  
**Aufbereitungs- und Betonmischanlage:** SBM Mineral Processing GmbH  
**Betonmenge:** rd. 250.000 m<sup>3</sup>

# Kreisläufe nutzen – Klima schützen

**Text:** Gisela Gary  
**Foto:** Montanuniversität Leoben

CCU, Carbon Capture and Utilization, und CCS, Carbon Capture and Storage, sind in aller Munde – und werden zugleich höchst kontroversiell diskutiert. Geologische Speicher zu nutzen, gilt unter Experten längst als kluge Übergangslösung. Denn CO<sub>2</sub> kann endlos weiterverwendet werden, Produktionskreisläufe können geschlossen werden. Weltweit gibt es bereits kluge Lösungen, Österreichs Zementindustrie erweist sich als Innovationstreiber.

## Sie lehren Verfahren im industriellen Umweltschutz – auf welche Innovation warten Sie?

Ich warte nicht auf Innovationen, sondern versuche nach meinen Möglichkeiten, Innovationen mitzugestalten. Wir beschäftigen uns mit Verfahren zur Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff, versuchen, Prozesse zu entwickeln, wo wir z. B. nachhaltige Flugtreibstoffe aus CO<sub>2</sub> herstellen können, CO<sub>2</sub> als synthetisches Methan speichern und dann verwenden.

## Welche Zukunftschancen geben Sie dem Wasserstoff bzw. welche Entwicklung in Verbindung mit erneuerbaren Energien ist für Sie aktuell die Erfolg versprechendste?

Photovoltaik ist schon heute die billigste Methode, Strom zu erzeugen, billiger als aus fossilen Energieträgern, selbst dann, wenn man die externen Kosten, welche fossile durch den Klimawandel verursachen, nicht berücksichtigt. Da aber die Erzeugung von Solar- und Windstrom fluktuierend und insbesondere auch jahreszeitlich sehr unterschiedlich ist, kommt der saisonalen Speicherung großer Energiemengen in Form von Wasserstoff oder synthetischem Methan zukünftig eine große Bedeutung zu. Zudem werden wir den Energiebedarf in Österreich auch bei starkem Ausbau der erneuerbaren Erzeugungsanlagen nicht selbst decken können. Wasserstoff und dessen Derivate werden also in Zukunft durch Importe unsere Versorgung mit grüner Energie wesentlich unterstützen. Zudem werden wir in der Industrie, beispielsweise bei der Stahlerzeugung, Wasserstoff als Reduktionsmittel in sehr großen Mengen brauchen, auch als Reaktionspartner zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen, vor allem „Sustainable Aviation Fuels“.

**CCS ist eine Möglichkeit zur Reduktion von**

## Treibhausgasen von CO<sub>2</sub>-intensiven Industrien. CCS ist in Österreich (noch) verboten – was sind die Gründe für die Zurückhaltung?

Das „CCS-Verbotsgesetz“ wurde vor mehr als zehn Jahren erlassen, da zu diesem Zeitpunkt das Wissen über CCS noch nicht vollumfänglich vorhanden war. Zudem war es immer ein Anliegen, die Möglichkeiten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in vollem Umfang zu nutzen und nicht a priori auf die Speicherung zu setzen, was sicher richtig ist. In der Zwischenzeit hat man aber erkannt, dass es auch bei allen Anstrengungen restliche CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt, die sich nicht vermeiden lassen. Als Beispiel kann man die Zementindustrie nennen, bei der rund zwei Drittel der Emissionen aus den verwendeten mineralischen Rohstoffen kommen. Andere Beispiele sind die Feuerfestindustrie oder auch die Müllverbrennung. Dafür wird CCS und auch CCU – also die Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff zur Herstellung neuer Produkte – gebraucht werden. Zudem hat sich der Stand des Wissens zu CCS erheblich erweitert.

## Einfach erklärt: Was genau passiert bei der Abscheidung und dem Transport von CO<sub>2</sub>?

Es gibt verschiedene technische Möglichkeiten CO<sub>2</sub>, das meist verdünnt in Abgasströmen vorkommt, abzuscheiden. Eine sehr ausgereifte Technologie ist, das CO<sub>2</sub> an eine Flüssigkeit zu binden, man nennt dieses Verfahren Absorption oder Wäsche. Die mit CO<sub>2</sub> beladene Flüssigkeit wird durch Erwärmen in einem zweiten Apparat wieder regeneriert, dabei wird nahezu reines CO<sub>2</sub> freigesetzt. Die regenerierte Flüssigkeit wird im Kreislauf gefahren und wieder mit CO<sub>2</sub> beladen. Das auf diese Weise gewonnene, reine CO<sub>2</sub> wird dann verdichtet, also unter höherem Druck gebracht und so verflüssigt. Das flüssige CO<sub>2</sub> lässt sich

### Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Lehner

hat an der TU München Verfahrenstechnik studiert und promoviert und hat zwölf Jahre im verfahrenstechnischen Anlagenbau in der Industrie verbracht.

Seit 2010 ist er Leiter des Lehrstuhls für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, Montanuniversität Leoben.

in Pipelines oder in Behältern dann sehr effektiv transportieren.

## Ist die CCS-Technologie ausgereift – sicher?

Ja, CCS ist sicher und wird global gesehen bereits seit Jahrzehnten in der Öl- und Gasindustrie angewendet. Dort wird CO<sub>2</sub> in Lagerstätten verpresst, um den Lagerstätten-Druck aufrecht zu halten. Es gibt allerdings auch andere, potenziell geeignete geologische Formationen, wie beispielsweise tief liegende Steinkohlevorkommen, bei denen noch Forschungsbedarf besteht.

## Wie viel Speicherpotenzial bietet Österreichs Untergrund?

Das ist derzeit Gegenstand von Erhebungen im Rahmen des Forschungsprojekts „CaCTUS“ des „Austrian Climate Research Programm“, an dem auch die Montanuniversität beteiligt ist. Erste Abschätzungen zeigen, dass ein erhebliches Potenzial im Bereich von Hunderten Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vorhanden sein kann.

## Welche Anforderungen stellt CCS an die geologische Beschaffenheit?

Die geologische Formation sollte über eine gewisse Speicherkapazität verfügen. Dafür



kommt vor allem der Porenraum sedimentärer Gesteinsformationen in Frage. Dabei ist die Speicherkapazität zunächst über eine hohe Porosität definiert. Eine gute Durchlässigkeit der Gesteinsformation ermöglicht eine hohe Injektionsrate. Es werden Lagerstätten in Tiefen von über 800 m angestrebt, um die erforderlichen Druckbedingungen zu erreichen, um CO<sub>2</sub> in entsprechend hoher Dichte zu speichern. CO<sub>2</sub> hat in diesem Zustand aber noch immer eine kleinere Dichte als das Lagerstättenwasser. Daher ist eine undurchlässigen Deckschicht, z. B. in Form einer Tonsteinschicht, erforderlich, um das CO<sub>2</sub> dauerhaft in der Lagerstätte zu halten. Entsprechende geologische Formationen kennt man von Öl- und Gaslagerstätten, die neben tiefen Aquiferen als geeignete Lagerstätten in Frage kommen.

#### **Wie können negative CO<sub>2</sub>-Emissionen in Verbindung mit CCS erreicht werden?**

Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten: Zum einen kann Biomasse, beispielsweise Reststoffe aus der Waldbewirtschaftung, energetisch genutzt werden und das dabei entstehende CO<sub>2</sub> abgeschieden und gespeichert werden. Die Biomasse, also z. B. der Baum, hat während des Wachstums CO<sub>2</sub> aus der Luft entnommen, welches dann dauerhaft

gespeichert wird. Dieses Verfahren heißt BECCS (Bio-Energy and Carbon Capture and Storage), ist aber limitiert, da die nachhaltige Entnahme von Biomasse Grenzen hat. Ein anderes Verfahren ist DACCS – dabei steht DAC für „Direct Air Capture“, ein technisches Verfahren, in welchem das CO<sub>2</sub> aus der Luft gewonnen und anschließend gespeichert wird. Hier besteht die Problematik, dass DAC noch sehr energieaufwendig und damit teuer ist. Alternativ zur geologischen Speicherung ist eine weitere Möglichkeit die Karbonatisierung von geeigneten primären oder sekundären mineralischen Rohstoffen, also bestimmten Gesteinen, Betonen oder Aschen und Schlacken. Das aus CO<sub>2</sub> gebildete Karbonat ist dauerhaft stabil und kann im Idealfall sogar genutzt werden, z. B. in der Baustoffindustrie.

#### **Wäre die Erreichung der Klimaziele ohne CCS überhaupt möglich?**

Nach dem letzten Bericht des IPCC nicht. Auch die Europäische Union hat dies erkannt und möchte mit CCU und CCS bis zu zehn Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen vermindern.

#### **Problem Pipelines – wie können Länder wie Österreich das Thema lösen, um das CO<sub>2</sub> zu geeigneten Lagerstätten bringen zu können?**

Bei der Transformation unseres Energiesystems und auch hin zu einer am Kreislauf orientierten Wirtschaft spielt Infrastruktur eine große Rolle. Wir brauchen sehr viel neue Infrastruktur: Erzeugungsanlagen für erneuerbaren Strom, neue Stromleitungen, Wasserstoffpipelines und eben auch ein CO<sub>2</sub>-Pipelinennetz. Dabei ist die Errichtung dieser Infrastruktur nicht nur eine Frage der Finanzierung, sondern auch des regulatorischen Rahmens. Wenn es bis zu 15 Jahre dauert, um eine neue Stromleitung zu bauen, dann werden wir die Transformation im notwendigen Zeitrahmen nicht schaffen.

#### **Die Verwertung von CO<sub>2</sub> mit Hilfe des Carbon-Capture-and-Utilization-Verfahrens, CCU, wäre eine klimafreundliche und innovative Lösung für die Emissionen der Zementindustrie?**

CCU ist eine sinnvolle Ergänzung zu CCS. CO<sub>2</sub> kann als Baustein für die Synthese kohlenstoffhaltiger Produkte verwendet werden. In einer Welt ohne fossile Rohstoffe, also ohne Öl und Erdgas, wird CO<sub>2</sub> die neue Rohstoffbasis der chemischen Industrie. CCU-Verfahren spielen auch eine große Rolle bei der Herstellung von nachhaltigem Flugtreibstoff, den Sustainable Aviation Fuels, deren Nachfrage in

den nächsten Jahren sehr stark steigen wird. Darüber hinaus können wir mit CCU den Anteil an grünem Gas deutlich erhöhen, beispielsweise, wenn wir das im Biogas enthaltene CO<sub>2</sub> zusätzlich in synthetisches Methan umwandeln. Kurzfristig ist aber CCS wirksamer für die Erreichung der Klimaziele, da bei CCU-Produkten am Ende ihrer Lebenszeit meist wieder CO<sub>2</sub> entsteht.

**Wie kann CO<sub>2</sub> in Zukunft verstärkt als Rohstoff genutzt werden? Kann CO<sub>2</sub> als Rohstoff zukünftig Erdöl für die Herstellung von Chemikalien, Kunststoffen etc. ablösen?**

Potenziell kann die gesamte Kohlenstoffchemie von CO<sub>2</sub> als Rohstoff ausgehen. Man kann daraus synthetisches Rohöl erzeugen, aber auch beispielsweise die Plattformchemikalie Methanol, welches ein Ausgangsstoff für viele chemische Produkte ist. Auch Kunststoffe lassen sich daraus synthetisieren. Für viele dieser Verfahren braucht man allerdings grünen Wasserstoff und das in sehr großen Mengen. Für die Herstellung von grünem Wasserstoff wird wiederum erneuerbarer Strom gebraucht. Daher forscht die Montanuniversität an alternativen Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff mit geringem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Ein sehr vielversprechendes Verfahren ist die Pyrolyse von Erdgas, bei der Wasserstoff und fester, reiner Kohlenstoff entstehen, den man in der Bauindustrie oder in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer einsetzen kann.

**Wie hoch schätzen Sie den zukünftigen Bedarf an CO<sub>2</sub> als Rohstoff ein?**

Kurz- bis mittelfristig wird sich kein großer Bedarf ergeben. Langfristig, also bis Mitte dieses Jahrhunderts, können mehrere Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich als Rohstoff verwertet werden, wie verschiedene Studien abschätzen.

**Was erwarten Sie sich von einer österreichischen Carbon Management Strategie?**

Die österreichische Carbon Management Strategie soll ein klarer Fahrplan werden, welcher das Erreichen der Klimaziele ermöglicht. Grundvoraussetzung für die Anwendung von CCU- und CCS-Verfahren ist die Herstellung eines rechtlichen Rahmens, der für alle agierenden Unternehmen und Institutionen langfristige Rechtssicherheit bietet. Dazu gehört die Aufhebung des „CCS Verbotsgesetzes“, aber insbesondere auch eine rechtliche Regelung zur Verantwortung für die CO<sub>2</sub>-Lagerstätte und deren Monitoring nach Ende der Einspeicherung. Sowohl für CCS als auch für CCU sind klare Regelungen für die Anrechnung der genutzten oder gespeicherten CO<sub>2</sub>-Mengen im Zertifikatehandel vorzunehmen. Für CCU ist festzulegen, welche Produkte, insbesondere hinsichtlich ihrer Bindungsdauer für das CO<sub>2</sub>, als anrechnungsfähig gelten. Zudem sollte die Herkunft des CO<sub>2</sub> (biogen, atmosphärisch, geogen, fossil) keine Rolle spielen, sondern für eine Anrechnung der genutzten oder gespeicherten

CO<sub>2</sub>-Mengen ist maßgeblich, ob deren Emission durch anderweitige Maßnahmen nach dem Stand der Technik hätte vermieden werden können. Dazu kann man sich einen Katalog wie die Best-Available-Techniques-Verordnungen vorstellen. Als Wissenschaftler erhoffe ich mir auch eine klare FTI-Strategie, die mit entsprechenden Mitteln ausgestattet ist, um Österreich zu einem „Green-Tech“-Technologieführer werden zu lassen, so die Exportwirtschaft zu stärken und die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts zu erhalten.

**Wie können Angebot von und Nachfrage nach CO<sub>2</sub> aus Ihrer Sicht am geeignetsten verknüpft werden?**

Grundvoraussetzung ist ein angemessener Preis für CO<sub>2</sub> sowie ein klarer regulatorischer Rahmen.

**Wie kann das Recycling von CO<sub>2</sub> in CCU-Konzepten gebührend berücksichtigt werden (z. B. Recycling von Kunststoffen, die aus CO<sub>2</sub> hergestellt werden, Kreislaufführung von CO<sub>2</sub>, indem aus CO<sub>2</sub> hergestellte Kunststoffe thermisch verwertet und die dabei entstehenden CO<sub>2</sub>-Mengen wieder abgetrennt werden)?**

Die Kreislaufführung von CO<sub>2</sub> ist tatsächlich eine Option, die allerdings einen hohen Energieeinsatz erfordert und daher nur in solchen Bereichen Anwendung finden wird, in denen es keine besseren Alternativen gibt. Wir haben schon vor Jahren in einer Studie gezeigt, dass man in einem integrierten Stahlwerk durch Kreislaufführung von CO<sub>2</sub> in etwa zehn Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen kann, dafür aber rund vier TWh an erneuerbarem Strom braucht, der im Moment gar nicht verfügbar wäre. Technisch ist die Kreislaufführung von CO<sub>2</sub> schon heute machbar, von einer praktischen Umsetzung sind wir im Moment aber doch noch entfernt.

**Wie schätzen Sie die soziale Akzeptanz für CCU/CCS ein?**

Generell ist zu beobachten, dass die Akzeptanz für Veränderungen in unserer Gesellschaft recht gering ist. Es ist daher aus meiner Sicht notwendig, über die Technologien faktenbasiert zu informieren, um damit das Verständnis für die Hintergründe und die Notwendigkeit der Transformationen zu erhöhen. Das „NIMBY“-Prinzip (NIMBY steht für „not in my backyard“, also „bitte nicht in meiner direkten Umgebung“) ist ein weit verbreitetes Phänomen und macht in unterschiedlichen Bereichen zunehmend Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Projekten.

**Beton ist für Sie?**

Ein unverzichtbarer Baustoff, den wir in gemeinsamen Anstrengungen CO<sub>2</sub>-neutral werden lassen.





# Auf dem Weg in die Zukunft

**Text:** Gisela Gary  
**Fotos, Visualisierung:** Wiener Linien, Herrenknecht AG; Architekt Moosburger

**Wien.** Bis 2028 soll der Ausbau der U2 und U5 fertiggestellt sein. Dieser sorgt für eine lückenlose Verbindung der Außenbezirke. Das größte Klimaschutzprojekt Wiens wäre ohne die vielfältigen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Beton nicht realisierbar. Ein Besuch im Untergrund, in der Station Reinprechtsdorfer Straße.

Ein erster Frühlingstag, Kinder toben auf dem Spielplatz am Bacherplatz herum, gleich daneben, selbstverständlich durch eine drei Meter hohe Wand gut abgesichert, ragt eine Baggerschaufel hervor – dahinter ist die Baustelle, die noch nichts von ihrem spektakulärem Untergrund verrät. Dort sind auch die Baucontainer für die ÖBA und die anderen Planer wie auch die Baufirmen. Michael Zeman, Projektleiter U2/19 „Reinprechtsdorfer Straße“ von den Wiener Linien, stapft mit flotten Schritten voran. Noch schnell werden Sicherheitsweste und -schuhe angezogen sowie ein Helm aufgesetzt und los geht's. Die Station „Reinprechtsdorfer Straße“ liegt im dicht verbauten 5. Wiener Gemeindebezirk zwischen Arbeiter- und Siebenbrunnengasse. In diesem Bereich verkehren diverse Buslinien, die an die Station angebunden werden müssen. Die Station liegt zwischen dem Schacht des Bacherplatzes im Norden, bzw. dem Schacht der Siebenbrunnengasse im Süden. Die Bahnsteige werden am nördlichen und am südlichen Stationsende von insgesamt sieben 21-Personen-Aufzügen (Bacherplatz 3, Siebenbrunnengasse 4) und einer festen Stiege mit vier Gehspuren erschlossen.

Michael Zeman hat Bauingenieurwesen und Projektmanagement an der FH Campus Wien studiert und arbeitet bereits seit 23 Jahren bei den Wiener Linien. So wie er beim Anblick der Baustelle strahlt, sein Traumjob? „Ja“, lacht Zeman, „ich liebe meine Arbeit, es ist kein Tag wie der vorige und immer spannend, wir sind ein super Team – und so macht Arbeit trotz einiger Hindernisse einfache Spaß.“ Hindernisse? „Na ja, mit den Setzungen z. B. bei den Häusern rund um den Bacherplatz haben wir schon einiges zu tun, abzuwägen, neu zu berechnen, entscheiden etc.“, so Zeman. Aber das geht ja alles quasi automatisch. Die Setzungen werden laufend beobachtet, via Mail kommen die aktuellen Zahlen herein. Mit rund vier Zentimetern hat das Planerteam beim Tunnelvortrieb



Michael Zeman von den Wiener Linien kann seine Begeisterung über die spektakuläre Tiefbaustelle kaum verbergen.

gerechnet, aktuell sind es teilweise schon durch den Schachtaushub stellenweise etwas mehr. Doch kein Grund zur Beunruhigung, schmunzelt Zeman – „alles im grünen Bereich, aber klar, jetzt zeigt sich, welche Häuser gute Fundamente haben und welche nicht. Wir haben z. B. auch einen Zubau entdeckt, der direkt mit dem Altbau verbunden ist – so gibt es nun Risse im Altbau und Setzungen.“ Die Überlagerung über der Tunnelfirste zu Gebäudefundamenten beträgt ca. zehn bis 16 Meter. In einigen Zonen sind selbstverständlich Setzungskompensationen zum Stabilisieren des Erdreichs und Reduzieren bzw. Ausgleichen der Setzungen von Gebäuden, Versorgungsleitungen und Straßen vorgesehen. Es gibt einen



Ab in den Untergrund – die Wände sind bereits fertiggestellt.

## Die Setzungen werden laufend beobachtet, via Mail kommen die aktuellen Zahlen herein.

Kollegen von der Öffentlichkeitsarbeit, der als Ombudsmann für die Anrainer zur Verfügung steht, das klappt sehr gut, es gibt einen regelmäßigen Austausch und Information. Aber was Zeman auch immer erzählt, er ist ruhig und vermittelt das Gefühl, wirklich immer alles im Griff zu haben. Genauso sorglos klettern wir die Gitterrostleiter in den Untergrund, rund 16 Meter unter der Oberfläche eröffnet sich die Haupttrasse, noch erkennt man nichts von einer U-Bahn. „Doch, hier ist das Gleis 2, also da, in Kopfhöhe, wird es sein“, zeigt Zeman. Die Sichtbeton-Wände der Innenschale sind bereits zum Großteil fertig. Neben den beiden Gleisen gibt es Wartungsgänge.

### Gut überwacht

Und nie Angst, dass etwas einbricht? „Nein, wir sind immer in Abstimmung mit der MA 29, alle Maßnahmen werden laufend überwacht, wo z. B. Wasser eindringen kann, wo brauchen wir Entwässerungslanzen etc., das geologische Modell zeigt





Präzisionsarbeit: Die Betonage der Bodenplatte im Schacht am Bacherplatz

genau, wo welche Gefahren lauern.“ „Aber klar“, räumt Zeman ein, „neben den Regelabläufen passiert immer wieder etwas, wo wir spontan reagieren müssen und uns an die Gegebenheiten anpassen. Aber das Team arbeitet sensationell und noch hatten wir keine dramatischen Ereignisse.“ Aufgrund der zahlreichen Voruntersuchungen wurde das geologische Modell erarbeitet, das wiederum für den Tunnelvortrieb entscheidend ist. Gebaut wird in geschlossener Tunnelbauweise. Der Untergrund besteht aus feinstem Wiener Tegel, aus dem ehemaligen Wiener Becken, „das ist das idealste Material für den Tunnelbau“, so Zeman. Tegel ist formstabil, dicht und hält gut. Die Studenten von der Angewandten holten sich z. B. für ihre Modelle eine Tonne Tegel. Die Erdbaufirma kümmert sich um den Aushub, der auch weiterverwendet werden soll. Anschließend erfolgt die Errichtung der 1,8 Meter dicken Betonbodenplatte.

Zeman zeigt auf die Bohrungen in den Bohrpfahlzwickel, wo jeweils Zementsuspension zur Stabilität nachgefüllt werden kann. Der Bohrwagen, mit Lafetten zum Setzen von Spießern und Ortsbrustankern, steht mit laufendem Motor bereit. Aktuell erfolgen die Spritzbetonarbeiten bei den

Vortriebsarbeiten für die Stationsröhre. Es gibt eine Unzahl an Geräten und Baumaschinen auf dem kleinen „Bauplatz“ tief unter dem Bacherplatz. Diese werden mit einem Turmdrehkran in die Baugrube gehoben. „Das Rangieren hier ist wirklich eng, aber in der Siebenbrunnengasse ist es noch enger“, lacht Zeman und erzählt über die Notwendigkeit einer extrem peniblen Einsatzplanung. Man sieht noch die Reste der Aussteifungen, die während des Baus notwendig waren. Gebaut wird mit der NÖT, der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode, bei der mit Baggern Meter für Meter gegraben wird und der Tunnel mit Bewehrung und Spritzbeton gesichert wird. Die Stationsschächte werden in Deckelbauweise unter Verwendung von Bohrpfählen errichtet – dadurch müssen an der Oberfläche keine Straßen oder Gehwege gesperrt werden. Stationsausgänge befinden sich einerseits in der Siebenbrunnengasse im Kreuzungsbereich zur Reinprechtsdorfer Straße sowie am Bacherplatz. An der Oberfläche tritt die Station nur im unbedingt notwendigen Ausmaß in Erscheinung (Stiegeinhausungen, Aufzugseinhausungen, Automatenräume).

Die Gleise verlaufen in eingleisigen Tunneln mit einem Abstand von 3,5 bis 4,5 Metern. Aufgrund des hohen Wasserstands und der durchlässigen Kiesschichten unterhalb der Sohle im Bauabschnitt U2/19 ist eine Grundwasserabsenkung durch Filterbrunnen von der Oberfläche und vom Tunnel erforderlich. „Dafür wurden rund 141 Brunnen und Pegel im Bereich des Baufelds hergestellt, über die das Grundwasser abgepumpt und in das Kanalsystem eingeleitet wird. In Zusammenarbeit mit der MA 42 Wiener Stadtgärten

## Aktuell erfolgen die Spritzbetonarbeiten für die Gleise, Stationsschächte und Notausstiege.



Wenn alles fertig ist, gibt es am Bacherplatz eine eigene U-Bahn-Station.



Projektleiter Michael Zeman, Silvia Janković, Bezirksvorsteherin 5. Bezirk und Tunnelpatin, Christian Neudl, Team U2/19, Pfarrer Hans-Jürgen Deml, Lukas Karbacher, Roland Zsivkovits, Ivan Akrap vom Team U2/19.

starten wir nun einen Versuch, das Grundwasser für die Bewässerung der Pflanzen und Grünflächen im Bezirk zu verwenden“, erklärt Zeman.

#### Probelauf für Recyclingbeton

In Kooperation mit ÖBV, FFG und Perner wurde 2024 das Forschungsprojekt „Einsatz Recyclingbeton im U-Bahn-Bau“ gestartet. Ziel ist es, einen Teil der Innenschale des Notausstiegs Quellenstraße, welcher im Zuge der U2-Verlängerung hergestellt wird, mit Recyclingbeton und reduzierter innovativer Bewehrung herzustellen. Dazu wird in einem Schacht in ca. 25 Metern Tiefe ein Probefeld von ca. 112 Kubikmetern mit einer Schachttinnenschale aus Recyclingbeton hergestellt. Das Probefeld wurde so gewählt, dass es jederzeit und leicht zugänglich für Langzeitprüfungen, Messungen und etwaige Sanierungsarbeiten ist. „Die Innenschale ist Frost, hohen Wasserdrücken und chemischen Angriffen ausgesetzt. Hier



Bacherplatz: So sieht der U-Bahn-Ausbau von oben aus.

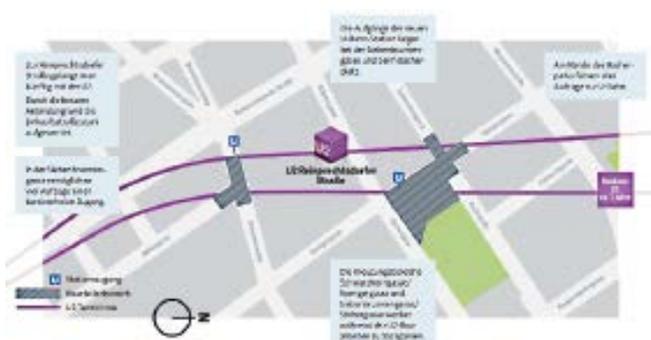
## Die Stationsschächte werden in Deckelbauweise unter Verwendung von Bohrpfehlen errichtet – dadurch müssen an der Oberfläche keine Straßen oder Gehwege gesperrt werden.



Aushubarbeiten Schacht Siebenbrunnengasse

gilt es, Randbedingungen wie Wassereindringtiefe und Wandstärken von größer als einem Meter zu überwinden. Das Ergebnis soll eine Innenschale aus Recyclingbeton sein, in derselben Qualität wie aus herkömmlichem Beton“, erläutert Zeman.

Zunächst wird aber noch gegraben. Ab September wird sich die Tunnelbohrmaschine auf einer Strecke von rund vier Kilometern durch den Wiener Untergrund arbeiten und so die neuen U2-Tunnel zwischen Matzleinsdorfer Platz und Augustinplatz errichten. Mit der erfolgten Werkabnahme der Tunnelvortriebsmaschine durch die Wiener Linien, ARGE U2 17-21 konnte ein weiterer Meilenstein beim Öffi-Ausbau U2xU5 erreicht werden. Die speziell für Wien konzipierte Maschine wurde in Schwanaun, am deutschen Standort der Firma Herrenknecht, hergestellt. Die Mitarbeiter der Arge U2 17-21 montierten gemeinsam mit den Kollegen des Herstellers die Tunnelvortriebsmaschine (TVM). Sie hat eine Gesamtlänge von 120 Metern und wiegt 1.200 Tonnen. In Einzelteile zerlegt, wird sie in den nächsten Monaten von Süddeutschland nach Wien transportiert, wo sie am Matzleinsdorfer Platz wieder aufgebaut wird. Im Herbst startet die TVM in den Vollbetrieb: Ähnlich einer operativen „Knopflochmethode“ finden die



Arbeiten mit der TVM unterirdisch statt. Das gesamte Erdmaterial, das die Tunnelvortriebsmaschine aushebt, wird über den zentralen Schacht am Matzleinsdorfer Platz abtransportiert. Das erspart 20.000 Lkw-Fahrten durch die Stadt und 75 Tonnen CO<sub>2</sub>. Die TVM wird sich von der Station Matzleinsdorfer Platz bis zum Augustinplatz im siebenten Bezirk graben und dabei erstmals alle vier neuen Stationen (U2xS Matzleinsdorfer Platz, U2 Reinprechtsdorfer Straße, U2xU4 Pilgramgasse, U2xU3 Neubaugasse) und deren Stationsschächte miteinander verbinden. Die beiden U2-Streckenröhren werden dann einen Ausbruchsdurchmesser von 6,84 Metern haben. Während Zeman von der TVM erzählt, merkt man an seinen Augen, dass er schon wieder vor Begeisterung strahlt: „Ja, das wird wirklich ein weiterer Meilenstein.“

Plötzlich herrscht emsige Betriebsamkeit im Untergrund, es wird geputzt, herumgelaufen, ein Bagger glättet den Wiener Tegel, die ersten Tunnelschalmeter werden sogar mit Wasser abgeduscht – ist schon Feierabend? „Nein, wir haben heute Tunnelanschlagfeier mit der Bezirksvorsteherin und Tunnelpatin Silvia Janković, da wird selbstverständlich noch alles schön und vor allem trittsicher gemacht“, so Zeman. Sicheren Tritts klettern wir wieder ans Tageslicht – tief beeindruckt von einer Baustelle, die mit Sicherheit für eine starke Zukunft in Richtung Klimaschutz sorgt.



Tunnelvortriebsarbeiten Schacht Bacherplatz, Stationsröhre S2

#### Projektdaten

#### U-Bahn U2/Baulos U2/19

Linienkreuz U2/U5, 1050 Wien

**Bauherr:** Wiener Linien

**Architektur Hochbau:** Architekt Moosburger

**Planer:** PCD ZT-GmbH, IC Consulanten, Architekt Moosburger

**Betonlieferant:**

Weber Beton Logistik GmbH

**Betonmenge:** 40.000 m<sup>3</sup>

**Erdaushub:** 56.000 m<sup>3</sup>

**Bewehrungsstahl:** 4.800 Tonnen

#### Bohrpfähle:

Bacherplatz: 152 Stück

(121 DN 120, 19 DN 90),

Siebenbrunnengasse: 130 Stück

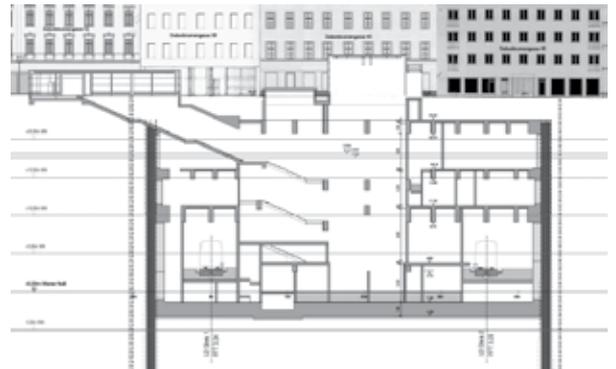
(78 DN 120, 52 DN 90)

**Bauzeit:** 68 Monate konstruktiver Ingenieurbau, Tunnelbau und Gleisbau, 22 Monate Innenausbau und Streckenausrüstung

**Brunnen (tlw. Pegel):**

141 Stück

(83 Stk. BT-B, 58 Stk. BT-R)



**doka**

**DokaXdek.**  
Die neue Dimension im Deckenbau.  
Länge × Breite × **Vielseitigkeit**

Mehr zu DokaXdek:

DokaXbot and DokaXdek I-Frame are demo versions.

[www.doka.com](http://www.doka.com)

# Zukunftsfitte Lösungen

**Text:** Cornelia Bauer,  
Gisela Gary, Stefan  
Krispel

**Fotos; Grafik:**  
Salzburg Wohnbau,  
Günter Richard Wett,  
3plus Architekten;  
VÖZ/Smart Minerals  
GmbH

Die österreichische Zementindustrie tüftelt emsig am Einsatzpotenzial neuer klimafreundlicher Kompositzemente in der Baupraxis. Erste Praxisbeispiele mit dem CEM II/C zeigen: Er funktioniert, kostet nicht mehr und reduziert die CO<sub>2</sub>-Emissionen gewaltig – und die Bauherren sind begeistert.



Prototyp Volksschule Anif – hier setzte der Bauträger Salzburg Wohnbau erstmals Recyclingbeton und den Klinkerreduzierten Zement CEM II/C ein.

Die österreichische wie auch die europäische Zementindustrie haben sich das ambitionierte Ziel gesetzt, bis 2050 die Klimaneutralität entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erreichen. Baustoffe wie Zement spielen eine Schlüsselrolle für den Klima- und Umweltschutz. Die Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, VÖZ, entwickelte gemeinsam mit der Smart Minerals GmbH die CEM-II/C-Zemente. Im Zentrum standen dabei die industrielle Herstellung sowie die praktische Anwendbarkeit von Zementen mit deutlich geringeren Klinkergehalten. „Mit unseren CEM-II/C-Zementen tragen wir entscheidend zur Dekarbonisierung der gesamten Wertschöpfungskette des Bauens und zur Erreichung der Klimaziele bei“, ist Stefan Krispel, Geschäftsführer der Smart Minerals GmbH, überzeugt.

Die Forschungsergebnisse bilden die Grundlage für die Zulassung der neuen Zemente. Während im globalen Durchschnitt noch ca. 611 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Tonne Zement freigesetzt werden, waren es in Österreich 2021 nur mehr 534 Kilogramm pro Tonne Zement. Ermöglicht wird dieser Wert durch den Einsatz modernster Ofentechnologien, einen optimierten Klinkeranteil im Zement und einen kontinuierlich gesteigerten Einsatz von alternativen Brennstoffen. Der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementklinkerherstellung sind jedoch Grenzen gesetzt. Zwei Drittel der Emissionen stammen aus den naturbedingten Prozessemissionen der Entsäuerung des Kalksteins, ein Drittel wird aus den Brennstoffen emittiert. Es gibt drei technische Möglichkeiten, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementerzeugung zu

reduzieren, welche die österreichische Zementindustrie umfassend wahrnimmt:

- Steigerung der Energieeffizienz durch den Einsatz modernster Herstellungstechnologien
- Minderung des Klinkeranteils im Zement
- Ersatz (Substitution) von fossilen Brennstoffen durch Alternativbrennstoffe

#### Reduzierter Klinkeranteil

Bei einer Reduktion des Klinkerfaktors von derzeit 69,6 auf 50 Prozent spricht Krispel von einer Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 790.000 Tonnen pro Jahr. Die Unternehmen Alpacem, Baunit, Leube, Holcim und Rohrdorfer bieten bereits CEM-II/C-Zemente am Markt an. Diese 15 Zemente verfügen über eine Bautechnische Zulassung (BTZ) des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB). Für diese Zulassungen wurden in einem mehrjährigen, seitens der FFG geförderten Branchenforschungsvorhaben umfangreiche Untersuchungen und Nachweise mit Schwerpunkt auf die Dauerhaftigkeit durchgeführt.\* Dabei werden beispielsweise Betone mit genau definierter Zusammensetzung über einen Zeitraum von fünf Jahren zur Beurteilung des

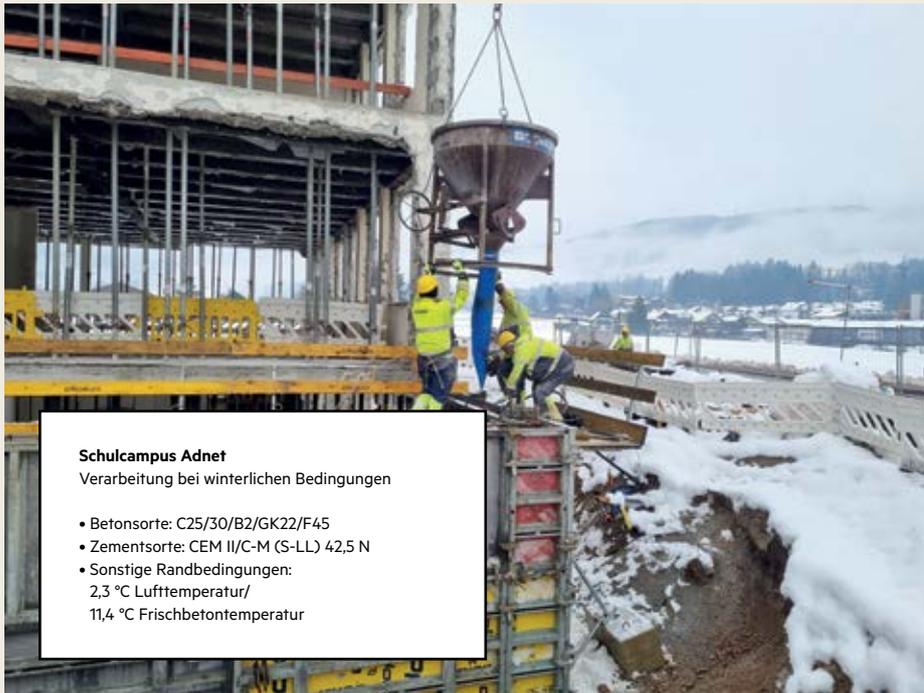


**„Mit unseren CEM-II/C-Zementen tragen wir entscheidend zur Dekarbonisierung der gesamten Wertschöpfungskette des Bauens bei.“**

Stefan Krispel

Karbonatisierungs-Widerstands bei atmosphärischer Konzentration von Kohlendioxid ausgelagert. Dieses Prüfverfahren ist in der österreichischen Prüfnorm für Beton nicht enthalten und belegt den Umfang der getätigten Nachweise zur Sicherstellung des Qualitätsniveaus der neuen Produktreihe CEM II/C. Ein wesentlicher Faktor ist die Sicherstellung der Leistungsfähigkeit der neuen Zemente sowie die Festigkeitsentwicklung der damit hergestellten Betone. Dabei geht es aber ebenso um die Optimierung der Mahlprozesse einzelner Zementbestandteile, die Verarbeitbarkeit des Frischbetons, Erstarrungsverhalten wie

\*) Forschungsprojekt: Einsatzpotenzial neuer klimafreundlicher Kompositzemente in der Baupraxis. Kurztitel: Neue Kompositzemente. FFG-Projektnummer: 901679



#### Schulcampus Adnet

Verarbeitung bei winterlichen Bedingungen

- Betonsorte: C25/30/B2/GK22/F45
- Zementsorte: CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N
- Sonstige Randbedingungen:  
2,3 °C Lufttemperatur/  
11,4 °C Frischbetontemperatur

Die Volksschule Adnet, eine Sanierung und Erweiterung, wird mit CEM II/C und Recyclingbeton errichtet.

auch die Dauerhaftigkeit der Bauwerke über ihre Lebensdauer. „Die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken ist ein wesentlicher Teil der Nachhaltigkeit der Bauweise. Nur eine entsprechend lange Bauwerkslebensdauer kann über den Lebenszyklus betrachtet effizient CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen“, ergänzt Cornelia Bauer, Leitung Produktqualität und Arbeitssicherheit bei der VÖZ.

#### Praxistauglich und kostengünstig

Der gemeinnützige Bauträger Salzburg Wohnbau steht für Bauen in der Kreislaufwirtschaft. Roland Wernik, Geschäftsführer der Salzburg Wohnbau, setzte bereits früh auf Recycling und zukunftsfitte Lösungen. Da kam dem innovativen Bauträger aus Salzburgs das Konzept des CEM II/C gerade recht, um den klimafreundlichen Zement in Kombination mit Recyclingbeton anzuwenden.

Prokurist Thomas Maierhofer von der Salzburg Wohnbau beschreibt den Prozess: „Neun von zehn verfügbaren Grundstücken sind mittlerweile bebaut. Die Altgebäude haben noch eine gewisse Leistungsfähigkeit – der Bestand dient uns als Rohstofflager. Wir starteten mit dem Projekt Volksschule Anif, einer hochmodernen Bildungseinrichtung geplant von gritsch.haselwanter architekten ZT, unserem ersten Kommunalbau, der mit Recyclingbeton nach dem Motto ‚aus der alten Schule bauen wir eine neue Schule‘ errichtet wurde. Seitdem lautet unser Grundsatz: Wir halten alle Baumaterialien im Kreislauf – denn das macht uns unabhängiger.“

„Nur eine entsprechend lange Bauwerkslebensdauer kann über den Lebenszyklus betrachtet effizient CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen.“

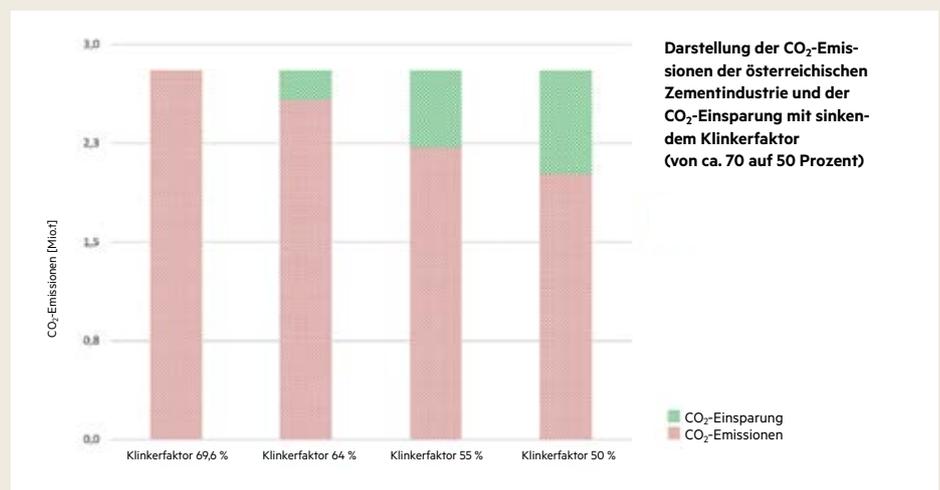
Cornelia Bauer

Bei der Volksschule Anif kamen 1.067 Kubikmeter Recyclingbeton zum Einsatz – insgesamt rund 32 Prozent des gesamten Ortbetons. Der Recyclinganteil des gelieferten Betons betrug laut Projekt CICO 38 Prozent, das stellt die maximale normative Beigabemenge dar. Bei einem weiteren Schulbauprojekt, der Volksschule Adnet, einer Sanierung und Erweiterung mit größtmöglichem Bestandserhalt und in Hybridbauweise, geplant von Huber-Theissl Architekten, bezeichnet Maierhofer die Anwendung des Recyclingbetons bereits als Serienprodukt. Die Fertigstellung ist für 2025 geplant.

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert

In Adnet ist zudem die Verwendung von Leube GreenTech / Kombi Zement CEM II/C ein wesentlicher Teil des Bauprojekts. In Kombination mit dem Einsatz von Recyclingbeton können so die CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Bau um rund 35 Tonnen reduziert werden. Deisl-Beton stellt den Transportbeton in der nahe gelegenen Mischanlage Hallein her, Leube liefert dafür den „grünen Zement“. Clemens Deisl, Geschäftsführer von Deisl-Beton, berichtet über die Verarbeitung bisheriger Erfahrungen: „Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die innovativen Betone mit rezyklierten Gesteinskörnungen und CEM II/C alle Anforderungen und Kriterien der einschlägigen ÖNORMEN erfüllen und qualitativ gleichwertig zu den herkömmlichen Betonen sind. Durch Feinabstimmung der Betonzusammensetzung ließ sich zudem die Verarbeitbarkeit optimieren, sodass in der praktischen Anwendung der Betoneinbau wie gewohnt erfolgen kann.“

Leube-Geschäftsführer Heimo Berger freut sich über dieses richtungsweisende Schulprojekt in Adnet: „Die Nachfrage nach ökologischen Baustoffen steigt – und wir sind in Österreich der erste Zementhersteller, der die Zulassung für einen ‚grünen Zement‘ erhalten



hat. Mit durchschnittlich 500 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Tonne zählen Zemente seit Jahren zu jenen mit den geringsten Kohlendioxid-Emissionen weltweit.“ Nach einer intensiven Entwicklungsphase und zahllosen Versuchsreihen konnten mit dem neuen CEM II/C von Leube die Emissionen nochmals um 25 Prozent reduziert werden. Und das in gleichbleibend hoher Qualität und Funktionalität. „Mit dieser signifikanten CO<sub>2</sub>-Reduktion sind wir wegweisend bei nachhaltiger Architektur und ökologischem Bauen“, so Berger.

Und wie sieht es mit den Kosten aus? „All unsere Aktivitäten im Sinne der Kreislaufwirtschaft stehen unter dem Aspekt der Kostenneutralität. Damit liegen wir keinen Cent über den bisherigen, konventionellen Bauweisen, weder in Anif noch in Adnet“, so Maierhofer. „Die natürlichen Rohstoffe werden im Preis noch weiter steigen, sodass der Rückbau und die Gewinnung von Sekundärrohstoffen zunehmend attraktiver werden.“ Und schon ist das nächste Projekt mit Einsatz von CEM II/C im Entstehen: eine Wohnhausanlage in Golling mit 36 Wohneinheiten.

**klima:aktiv Gold mit CEM II/C**

Ein weiteres Vorzeigeprojekt wird im Herbst 2024 fertig: Mit dem Schulkomplex Reininghaus, mit einer AHS mit 38 Klassen und mit 20 Klassen der Volksschule, entsteht in Graz der größte neu gebaute Schulkomplex seit Jahrzehnten. Die Volksschule wurde nach den Plänen von 3plus Architekten mit dem CEM II/C von Holcim gebaut, das Grazer Pilotprojekt in puncto klimafreundliche und nachhaltige Baustandards wird von der Stadt Graz als Bauherr errichtet. Die BIG lobte den EU-weiten Architekturwettbewerb dafür aus und verkaufte anschließend den Grund an die Stadt Graz. Alexander Passer von der TU Graz begleitet das Projekt und ist aktuell dabei, die CO<sub>2</sub>-Emissionen-Ersparnis durch den Einsatz von CO<sub>2</sub>-reduziertem Zement zu berechnen. Das IBO erstellte die Bauökologieberechnung. „Bereits in der Ausschreibung wurde die nachhaltige Bauweise verlangt. Die Baufirma Granit war sehr engagiert und bemüht, die Sichtbetonflächen perfekt herzustellen, es war allerdings auch für die Ausführenden eine Premiere mit dem CEM II/C zu arbeiten“, erklärt Thomas Heil von 3plus Architekten. Insgesamt wurden 4.500 Kubikmeter Beton verbaut, davon 1.600 Kubikmeter CEM II/C. Geheizt wird mit Fernwärme, die Photovoltaikanlage versorgt die Schule mit Strom.

BIG-Geschäftsführer Wolfgang Gleissner ist davon überzeugt, dass mit der Volksschule Reininghaus in mehrfacher Hinsicht eine Schule der Zukunft entsteht: „Nachdem Nachhaltigkeit – sozial wie ökologisch – von Anfang an mitgedacht werden muss, haben wir beim



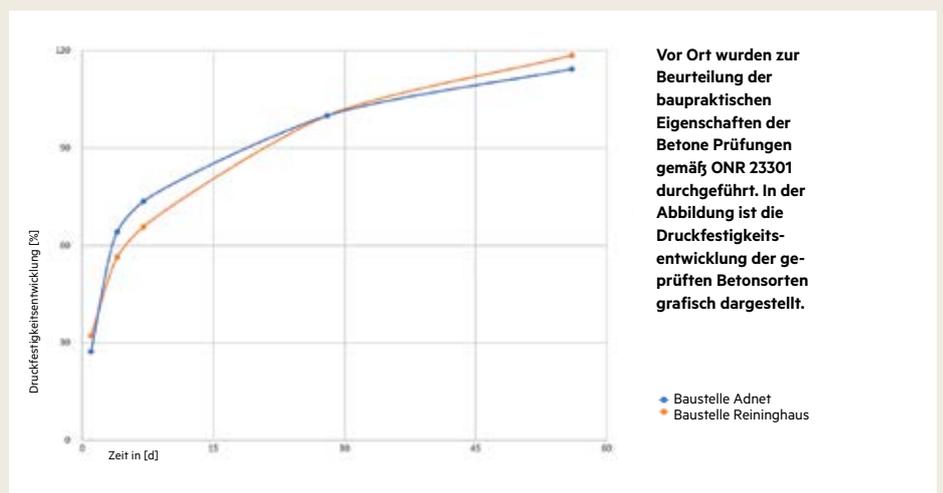
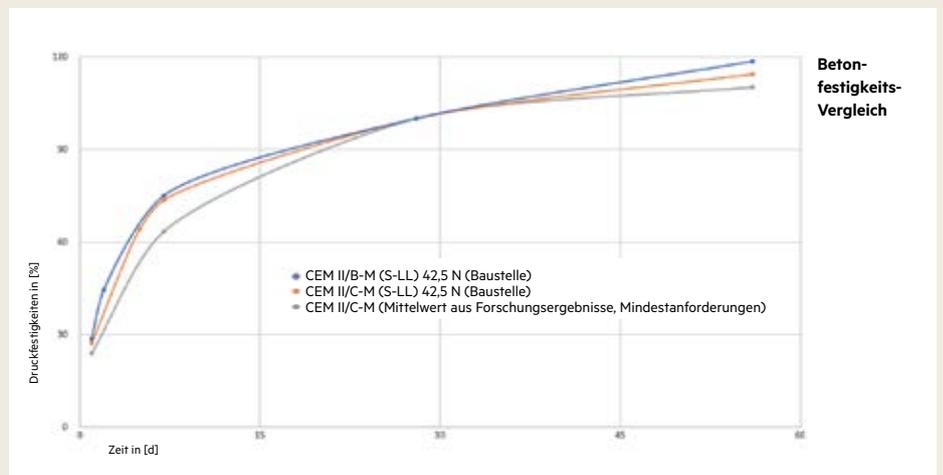
**Volks- und Mittelschule Reininghaus**  
Verarbeitung bei sommerlichen Bedingungen

- Betonsorte: C30/37(56)/XC2/GK22/F52
- Zementsorte: CEM II/C-M (S-F) 42,5 N
- Sonstige Randbedingungen:  
22,3 °C Lufttemperatur/26,8 °C  
Frischbetontemperatur

Die Volksschule Reininghaus gilt als Schule der Zukunft, nachhaltig in der Errichtung und im Betrieb.

Wettbewerb auf entsprechende Kriterien geachtet, die das Siegerprojekt bestens erfüllt. Die Pläne sehen ein Gebäude nach modernstem Standard vor, ausgerichtet auf das

Clustersystem als innovatives pädagogisches Raumkonzept. Auch der Nachhaltigkeit wird mit einer klima:aktiv Gold Zertifizierung, mit 909 von 1.000 Punkten, Rechnung getragen.“



Vor Ort wurden zur Beurteilung der baupraktischen Eigenschaften der Betone Prüfungen gemäß ONR 23301 durchgeführt. In der Abbildung ist die Druckfestigkeitsentwicklung der geprüften Betonsorten grafisch dargestellt.

# Mit der Kraft der Erde

**Text:** Gisela Gary  
**Foto, Grafiken:** Squarebites, Energieplanung Stadt Wien

Erdwärme ist gratis, unbegrenzt verfügbar und macht die Nutzer unabhängig von fossiler Energie. Während in Wien aktuell Österreichs größtes Erdsondenfeld entsteht, entwickelte die Energieplanung der Stadt einen Erdwärmekataster.

Die Bedingungen für die Nutzung von Grundwasser und Erdwärmesonden zur Wärme- und Warmwassergewinnung sind in Wien günstig. Die MA 20 der Stadt Wien, Energieplanung, hat einen Erdwärmepotenzialkataster erarbeitet, der einen Überblick über mögliche Standorte liefert und eine erste Einschätzung des Potenzials ermöglicht. Je nach Gebiet können geschlossene Systeme wie Erdwärmesonden oder offene Systeme wie Wasser-Wasser-Wärmepumpen sinnvoll sein. „Mit unseren neuen Energiekarten machen wir die erneuerbaren Erdwärmepotenziale in unserer Stadt sichtbar und bieten wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Entwicklung einer sauberen und unabhängigen Energieversorgungs-Infrastruktur. Das ist ein weiterer wichtiger Schritt am Weg in eine klimaneutrale Energiezukunft“, ist Susanna Erker, Abteilungsleiterin der MA 20 überzeugt.

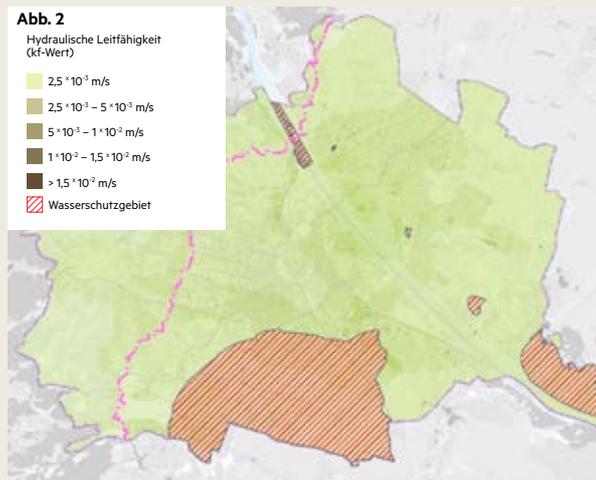
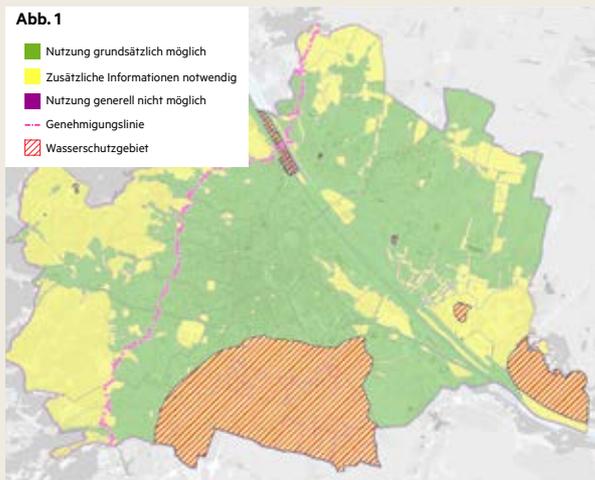
Das Interesse an der energetischen Nutzung der oberflächennahen Geothermie, besonders in Form von Erdwärmesonden und der thermischen Grundwassernutzung, steigt. Die



Verwendung von erneuerbaren Energieträgern spielt eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bis 2040. Daher beauftragte die MA 20 die GeoSphere Austria mit der Erstellung eines entsprechenden Katasters. Basierend auf neuen Analysemethoden stehen nun genaue Angaben zur thermischen Leistung und Energiemenge zur Verfügung. Ampelkarten zeigen mögliche Nutzungseinschränkungen für Erdwärmesonden und die thermische Grundwassernutzung. Diese möglichen Einschränkungen und weitere Hinweise werden für jeden Standort aufgeschlüsselt, wie zum Beispiel Grundwasserchemismus, das Vorhandensein mehrerer Grundwasserstockwerke oder artesischer Brunnen. Sie erscheinen bei der Auswahl eines Standorts in einer Infobox.

## Prognose über Energiemenge

Ebenso können die zu erwartende Energiemenge für kleine Erdwärmesondenfelder und unterschiedliche Betriebsweisen abgerufen werden. Auch für die thermische Grundwassernutzung wurde die flächenspezifische Jahresenergiemenge



**Abb. 1:** Ampelkarte für mögliche Einschränkungen zur Nutzung von Erdwärmesonden

**Abb. 2:** Flächenspezifische Jahresenergie in kWh pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche und Jahr für ein Erdwärmesondenfeld (4 x 4 Sonden in 10 Meter Abstand und 100 Meter Tiefe) bei Normbetriebsweise



Das neue Stadtquartier Village im Dritten verfügt über Österreichs größtes Erdsondenfeld mit einem baufeldübergreifenden Gesamtkonzept für die Wärme-, Kälte- und Stromversorgung aller Gebäude aus einer Kombination aus 500 Erdwärmesonden, Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von über einem Megawatt Peak sowie Fernwärme.



## Qualitätsbaustoffe für Erdwärmesonden

Als im Jahr 2009 das ÖWAV-Regelblatt 207 neu aufgelegt wurde, war noch nicht absehbar, welche wichtige Rolle Erdwärmesonden (EWS) zur Erfüllung der Klimaziele auch in Österreich wenige Jahre später einnehmen sollten. Grundlage für die Überarbeitung damals waren Empfehlungen für Mindestanforderungen von Verpress-Suspensionen als Ergebnis des Technischen Endberichts „Eignungsuntersuchung von Verpress-Materialien für Erdwärmesonden“ aus dem Jahr 2007.

Obgleich des bereits damals ausgeprägten Qualitätsgedankens wäre es nun wieder an der Zeit, die Entwicklung von Geothermiemörteln in einem technischen Regelwerk neu zu beschreiben. Dem Verfüllbaustoff, mit dem die bis zu 300 Meter tief gebohrten Sondenrohre hinterfüllt werden, kommt eine besondere Bedeutung zu. Der Ringraum zwischen Erdreich und Sondenrohr, den die Bohrung hinterlässt, muss mit dauerhaften und dichten Baustoffen verfüllt werden. Besonders in gespannten Grundwasserleitern (Arteser) muss die vollständige Verfüllung des Bohrlochs sichergestellt sein, um Kurzschlüsse zwischen wasserführenden Schichten zu verhindern. Mittels magnetischer Suszeptibilität und magnetischer Anteile im Baustoff lässt sich der Verfüllvorgang protokollieren. Als die Geothermie nach dem als „Schadensfall Staufen“ bekannt gewordenen Schadensfall in Baden-Württemberg 2007 vor dem Aus stand, wurden Leitlinien zur Qualitätssicherung von Erdwärmesonden eingeführt. Darin werden Qualitätsvorgaben für Verfüllbaustoffe gemacht und auch das Messprinzip der magnetischen Suszeptibilität festgelegt.

Wenngleich die Inhalte aus anderen Regelwerken nicht mit den Qualitätsgedanken in Österreich übereinstimmen müssen, kann ein Blick über den Tellerrand nicht schaden. Ein Leitfaden, der im Sinne der Qualität von EWS-Anlagen die Baustoffanforderungen beschreibt und dabei den aktuellen Stand der Bohrpraxis in Österreich berücksichtigt, dies wäre sehr wünschenswert.

**Jonas Hochgesand** leitet den Bereich Produkttechnik bei Schretter & Cie. Innovative Produktlösungen für Spezialanwendungen sind ein Markenzeichen des traditionsreichen Baustoffproduzenten aus Vils.

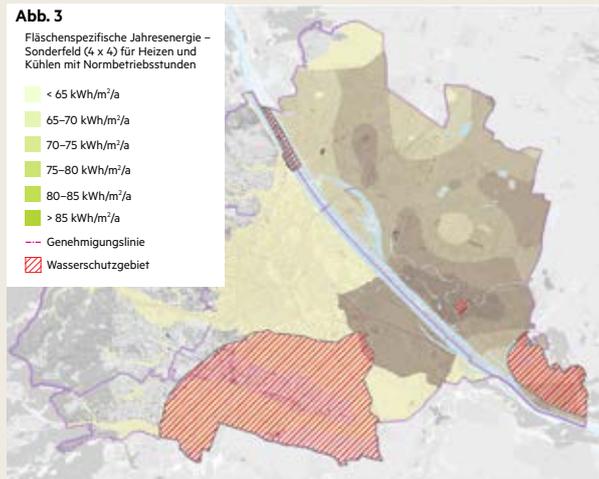
Foto: Schretter

für ein Brunnenpaar als Orientierungswert ermittelt. Für die Planung und Berechnung der Versorgung eines Standorts mittels Erdwärmesonden oder thermischer Grundwassernutzung ist die Kenntnis weiterer Parameter hilfreich: u. a. die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds bis 100 Meter Tiefe, inklusive Bohrprofile, die Grundwassermächtigkeit, die mittlere Grundwassertemperatur oder die hydraulische Leitfähigkeit.

Herbert Hemis, Fachbearbeitung MA 20, erläutert: „Die Energiewende geht uns alle an. Die Nutzung erneuerbarer Energien ist ein wesentlicher Hebel im Klimaschutz. Darunter fällt vor allem die Nutzung von Erdwärmesonden sowie von Grundwasser zum Heizen und für Warmwasser. Ob und für welche Nutzungsformen ein Standort geeignet ist, ist im erneuerten und erweiterten Erdwärmepotenzialkataster im wien.at-Stadtplan ersichtlich. Diese neuen und erweiterten Informationen stehen allen Interessierten ab sofort zur Verfügung und sollen bei der Vorbereitung von Projekten unterstützen und Orientierung geben.“

**Abb. 3**

Flächenspezifische Jahresenergie – Sonderfeld (4 x 4) für Heizen und Kühlen mit Normbetriebsstunden



**Abb. 3: Hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert) des Grundwassers in Meter pro Sekunde**



# Im Zeichen des Umweltschutzes

Text: Linda Pezzei  
Fotos, Skizze: 2TDK

**Koper.** Die Bahnstrecke von Koper bis zur Verzweigungsstelle in Divača befindet sich derzeit im Ausbau, um den Frachthafen Koper besser und langfristig wirtschaftlich an das slowenische und damit das transeuropäische Verkehrsnetz TEN-V anzubinden. Soeben konnte der Tinjan-Tunneldurchbruch gefeiert werden.



Die Geschichte des zweiten Gleises der Eisenbahnlinie Divača-Koper beginnt vor mehr als 20 Jahren. Der Bau hat im Laufe der Jahre viele Unterstützer gefunden. Das liegt zum einen an der geplanten Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit sowie der Verkehrssicherheit, aber auch an der Verkürzung der Fahrzeiten und der Verringerung der Umweltauswirkungen und -risiken. Die erste Trassenvariante wurde 1996 ausgearbeitet. Nach Prüfung von 17 Varianten durch zehn Regierungen wurde die derzeitige Tunneltrasse als die am besten geeignete bestätigt und als größtes Infrastrukturprojekt in Slowenien in Angriff genommen. Die Beteiligten erhoffen sich durch den Ausbau eine weitere Steigerung der auf der Schiene beförderten Güter und somit einen generellen Anstieg der Nutzung umweltfreundlicherer Verkehrsträger. Der Bau des Abschnitts Divača–Črni Kal ist eines der bis dato schwierigsten Infrastrukturprojekte Sloweniens, da er den Bau von zwei Tunneln mit Versorgungsleitungen mit einer Gesamtlänge von bis zu 12,7 Kilometer Länge vorsieht. Die Arbeiten sind

aufgrund des Karstgeländes und möglicher unvorhersehbarer Phänomene anspruchsvoll. Mit der Fertigstellung des zweiten Gleises soll eine Durchsatzkapazität von 231 Zügen pro Tag erreicht werden. Die Beförderungskapazität beläuft sich damit auf 43,4 Millionen Tonnen jährlich.

Das Projekt ist als 27,1 Kilometer lange Neubaustrecke von Divača nach Koper mit sieben Tunneln, drei Viadukten, zwei Brücken und einer Galerie konzipiert. Die sogenannte Tunnelstrecke ist 20,5 Kilometer lang, wobei die Gesamtlänge von Tunneln, An- und Abfahrtsröhren 37,4 Kilometer beträgt. Um den Anforderungen an einen Bau in der fragilen Karstlandschaft gerecht zu werden, wurden zusätzliche geologische und geomechanische Untersuchungen durchgeführt. So soll der größte Teil der Strecke auf fester Fahrbahn verlaufen, der kleinere Teil außerhalb der Tunnel auf klassischem Schotter. Der 52 Meter lange und zehn bis 60 Meter hohe Gabrovica-Viadukt soll eine Überbrückung des Osp-Tals direkt unter dem bestehenden Autobahnviadukt Črni Kal ermöglichen. Im weiteren Verlauf wird die Strecke das Vinjanskipotok-Tal mit dem 647 Meter langen Vinjan-Viadukt überspannen. Das Glinščica-Tal werden hingegen zwei Brücken überqueren, die durch eine Galerie verbunden sind, wobei die drei Bauwerke in Form von geschlossenen Kastenstrukturen errichtet werden. Während der gesamten Bauzeit wird der benötigte Beton – dessen Volumen 800 olympischen Schwimmbecken entspricht – laufend in vier Betonmischanlagen vor Ort und bei Bedarf in externen Mischanlagen in der Nähe der Baustellen hergestellt. Im Sinne der Nachhaltigkeit kommen bei der Produktion des Betons CO<sub>2</sub>-reduzierte und umweltfreundlichere Zemente zum Einsatz. Ein Beispiel ist die Verwendung von Neosal-Zement von Cementarna Anhovo für die Innenauskleidung der Tunnel. Einen noch größeren Schritt in diese Richtung bedeutet die Verwendung von rezyklierten Zuschlagsstoffen aus dem Aushub.



#### Projektdaten

**Ausbau Bahnlinie Divača-Koper,**  
Frachthafen, 6000 Koper, Slowenien  
**Auftraggeber:** Republik Slowenien  
**Bauherr, Planung:** 2TDK  
**Generalunternehmer:** Kolektor

CPG d.o.o., Yapı Merkezi İnsaat ve Sanayi A.Ş.  
**Art der Trasse:** eingleisig mit Vorbereitung der Zweigleisigkeit  
**Tunnelvermessung:** dicit Messtechnik

**Bauunternehmen:** Pomgrad, SŽ – Železniško gradbeno podjetje, Kolektor Koling, Riko, VOC-Celje  
**BIM:** ode  
**Streckenlänge:** 27,1 km

**Bauteile:** 8 Tunnel (20,5 km), 3 Viadukte  
**Beton:** mehr als 20 Mio m<sup>3</sup>  
**Betonlieferant:** Cementarna Anhovo, Alpacem



# Unter Tage lernen

**Text:** Gisela Gary  
**Fotos, Skizze:**  
 Holmesglen Institute,  
 holmesglen.edu.au

**Chadstone.** Grimshaw hat im Südosten Australiens ein Tunnelbauzentrum für die Ausbildung im Untertagebau geschaffen. Es ist weltweit das erste Schulungszentrum mit realen Bedingungen für zukünftige Tunnelbauer.

Das Victorian Tunneling Centre (VTC) am Holmesglen Institute bildet jährlich bis zu 5.000 Studenten, Arbeiter und Ingenieure im Untertagebau und Tunnelbau unter realen Bedingungen aus. Australien ist im Betrieb von Tunnelbohrmaschinen, bei Innovationen und im Tiefbau führend. Das VTC befindet sich auf dem Chadstone-Campus des Holmesglen Institutes und arbeitet eng mit großen Bauprojekten zusammen.

Die VTC-Schulungseinrichtungen umfassen:

- einen Nachbau eines verminten Straßentunnels (3 Fahrspuren)
- einen Tunnelbohrmaschinentunnel
- einen 7,2 m hoher Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine
- 2 Mehrzweck-Technik-Arbeitsräume
- Virtual-Reality-Trainingsprogramme
- Tunnelschacht- und Betonauskleidungsspritzsimulatoren
- funktionierende Schutzkammer

Das Zentrum wurde zur Simulation realer Szenarien konzipiert. Zur Unterstützung dieses erfahrungsbasierten Lernens gibt es zwei Mehrzweck-Technikarbeitsräume, Mixed-Reality-Erlebnisse und Demonstrationsräume im Freien. Um die Rekrutierung und Bindung von Arbeitskräften in der Tunnelbauindustrie zu fördern, zielt das VTC darauf ab, das Handwerk durch den durchdachten Einsatz von Materialien und Maßstäben auf ein neues Niveau zu bringen.

**Die im Tunnel demonstrierte Bauweise entspricht der eines Tunnels, der mit einem langen Bohr- und Sprengverfahren oder einer Teilschnittmaschine gebaut wurde, und ist mit Spritzbeton ausgekleidet.**

Der mit gebogenen eloxierten Aluminiumplatten ausgekleidete Tunnelabschnitt, der den Eingang zum Gebäude bildet, definiert den Ankunftsbereich und die Besuchereinbindung. Das Fassadendesign bietet eine einfache, kostengünstige Lösung, die isolierte und lichtdurchlässige Paneelsysteme für schnelle Bauarbeiten und optimale Gebäudeleistung verwendet.

Die Schulungseinrichtung verfügt über zwei Tunnel, einen segmentierten Tunnel mit einer Länge von 25 Metern und einem Durchmesser von 7,2 Metern. Dieser wurde mit Segmenten gebaut, die dem im Bau befindlichen U-Bahn-Tunnel in Melbourne entsprechen. Der zweite Tunnel ist



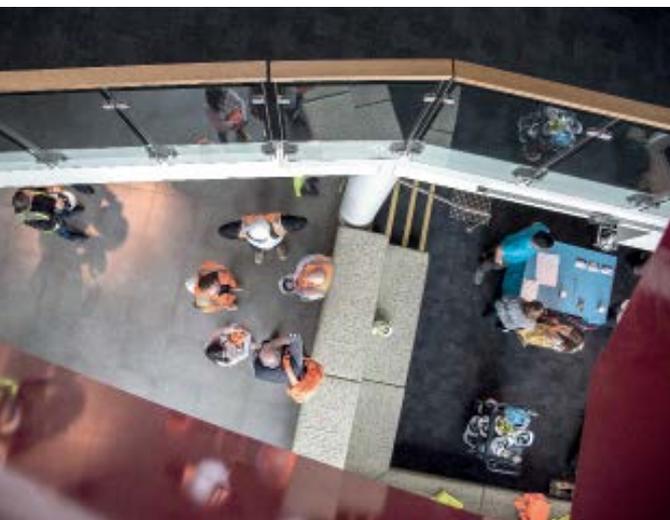


25 Meter lang und hat einen Durchmesser von 13,5 Metern. Die im Tunnel demonstrierte Bauweise entspricht der eines Tunnels, der mit einem langen Bohr- und Sprengverfahren oder einer Teilschnittmaschine gebaut wurde, und ist mit Spritzbeton ausgekleidet.

Im Victorian Tunneling Centre gibt es zwei weitere speziell konzipierte Werkstätten, einen Trockentrainingsbereich und einen Nasstrainingsbereich. Auf dem Nassübungsbereich werden Arbeiter in der Verwendung und Anwendung von

Vergussmörtel, Abdichtungen, Spritzbeton und anderen Nassbautechniken im Tunnelbau geschult. Das Herzstück des Trockenübungsbereichs ist der Viergelenk-Brücken- und Portalkran. Dieser Krantyp ist der am weitesten verbreitete Krantyp bei Tunnelbauprojekten und das VTC ist der einzige Schulungsanbieter in Australien mit einem Portalkran mit vier Bewegungen.

Das VTC-Simulationszentrum nutzt Simulatoren, Virtual Reality (VR) und Mixed Reality (MR), um Schulungen für den Betrieb von Langbohrmaschinen, Kabelbolzen und Baggern (Simulatoren) durchzuführen. Tunnelbohrmaschinen, Teilschnittmaschinen, Muldenkipper, Bohrgeräte und Spritzbetonbohrgeräte werden sicher betrieben und gewartet, zusätzlich zum sicheren Arbeiten in Tunneln.



# Ressourcen drastisch gespart

Text: Gisela Gary  
Fotos, Skizzen:  
Femern A/S

**Dänemark.** Der längste Absenktunnel und Untertunneltunnel für den Schienen- und Straßenverkehr der Welt verbindet Dänemark mit Deutschland. Ein Tunnel, der nicht unter der Erde hindurchgebohrt, sondern in eine vorbereitete Rinne am Meeresboden der Ostsee hineingelegt wird. Der Beton wird sowohl auf dänischer als auch auf deutscher Seite vor Ort hergestellt.

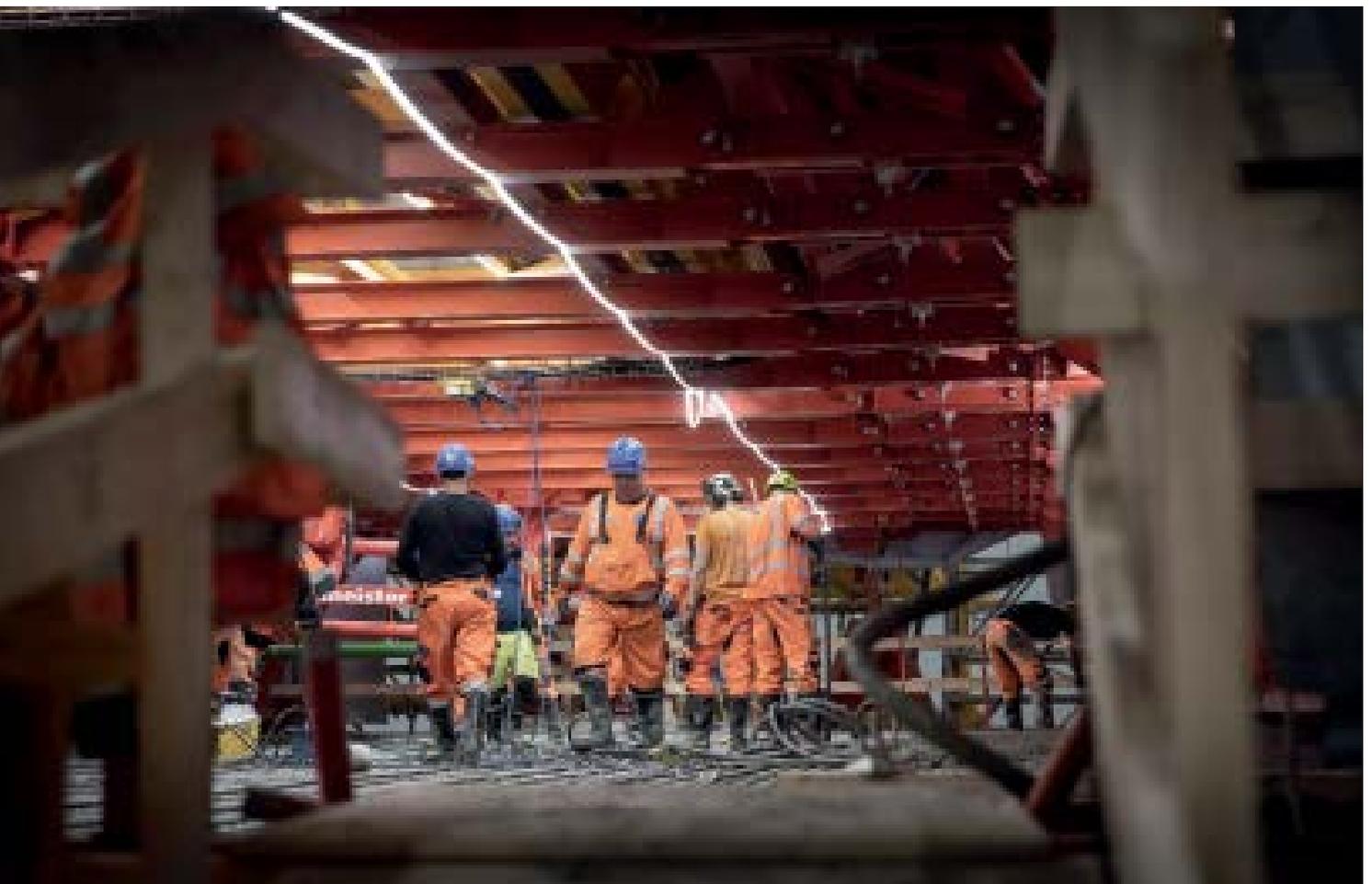




Der Fehmarnbelt-Tunnel ist ein zentraler Bestandteil des Skandinavisch-Mediterranen TEN-Korridors des EU-Kernverkehrsnetzes. Er schließt eine Lücke zwischen dem skandinavischen und dem deutschen Schienennetz und gilt daher als prioritäres Projekt der EU-Kommission. Er ist Nordeuropas größtes Infrastrukturprojekt. Der Fehmarnbelt-Tunnel wird nach der Philosophie „Design and Build“ gebaut. Das bedeutet, dass Femern A/S als Bauherr die übergeordneten Anforderungen festgelegt hat, z. B. wie groß der Tunnel sein soll, wo er verlaufen und was er leisten soll. Die bietenden Unternehmen mussten dann sowohl einen Preis als auch eine detaillierte Lösung vorlegen. Das bedeutet, dass dieselben Unternehmer, die den Tunnel entwerfen, ihn auch letztendlich bauen. So wird ein reibungsloser Übergang von der Entwurfs- zur Bauphase und schließlich zum Betrieb sichergestellt.



Der Großteil der Bauarbeiten am Fehmarnbelt-Tunnel findet auf der Baustelle bei Rødbyhavn auf Lolland statt. Dort wurde eine große Fabrik gebaut, in der die 89 Tunnelemente hergestellt werden. Über den dänischen Arbeitshafen, der vor der Fabrik liegt, werden die fertigen Tunnelemente später in den Fehmarnbelt geschleppt und abgesenkt. Wenn ein Element fertig produziert ist, wird es an beiden Enden mit wasserdichten Schotten versehen und mit Schleppern an die jeweilige Stelle im Fehmarnbelt gebracht. Die Elemente werden mit hoher Präzision in den ausgehobenen Tunnelgraben abgesenkt und sorgfältig miteinander verbunden. Zwischen den Schotten der benachbarten Tunnelemente





entsteht ein Zwischenraum, der zunächst mit Meerwasser gefüllt ist. Durch das Abpumpen dieses Wassers entsteht ein großer Unterdruck. Der natürliche Druckunterschied sorgt dafür, dass die beiden Elemente absolut wasserdicht miteinander verbunden werden.

Mehr als 96 Prozent der Aushubarbeiten für den 18 Kilometer langen Tunnelgraben sind bereits abgeschlossen. Die Landgewinnungsarbeiten vor der Küste Lollands sind in vollem Gange, rund 300 Hektar neues Land entstehen dort. 2024 werden die Aushubarbeiten abgeschlossen und der Tunnelgraben so vorbereitet, dass in diesem Jahr mit dem Absenkprozess begonnen werden kann.

#### Beton vor Ort

Der Beton für die Arbeiten im Tunnelportal wird im Betonmischwerk direkt vor Ort hergestellt. Das für den Beton benötigte Material wird zum Großteil mit Frachtschiffen über den Arbeitshafen angeliefert. Zuschlagsstoffe für die Betonproduktion werden ebenso per Schiff angeliefert. Diese werden direkt neben dem Hafen bis zu ihrer Verwendung zwischengelagert. Dafür wurden zwei Silos errichtet, in denen Zement gelagert werden kann. Über eine Pipeline wird der angelieferte Zement direkt von den Schiffen zu den Silos geleitet. Die beiden Betonmischanlagen produzieren mehr als 600 Kubikmeter Beton pro Stunde. Zu Spitzenzeiten werden wöchentlich rund 70.000 Tonnen Stein, Zement, Sand, Kies und Stahl geliefert.

Über der dänischen Tunnelbaustelle wurde eine Wohnanlage mit über 1.300 Wohneinheiten errichtet, neben einem

Supermarkt befinden sich auch Sport- und Freizeitmöglichkeiten auf dem Gelände. Rund 1.200 Menschen leben derzeit in dem „Tunneldorf“. Westlich des Fährhafens Rødbyhavn lädt bereits ein neuer Strand zum Sonnen ein.

Jedes 24 Meter lange, neun Meter hohe und 42 Meter breite Tunnelsegment erhält einen „Bewehrungskorb“. Die Struktur wird mit einem Verschalungssystem verschlossen und mit 3.300 Kubikmeter Beton verfüllt, jede dieser Betonagen dauert 30 Stunden. Sobald ein Segment ausgehärtet ist, wird es von hydraulischen Pressen um 25 Meter verschoben, um Platz für das nächste zu schaffen. Jedes Segment wiegt mehr als 8.000 Tonnen, so viel wie ein kleines Frachtschiff. Tausende Fachkräfte aus vielen Ländern arbeiten an dem Bauwerk, das bis 2029 vollendet sein soll.



#### Projektdaten

**Fehmarnbelt-Tunnel**  
Rødbyhavn, Insel Lolland,  
Dänemark,  
Insel Fehmarn, Deutschland

**Bauherr:** Femern A/S  
**Planung, Bau-Konsortien:** FBC,  
FLC, FSC  
**Tunnelemente:** Konsortium FLC

**Bauunternehmen:** Wayss & Freytag,  
Max Bögl  
**Länge:** 18 km  
**Tunnelgraben:** ca 12 m tief, 100 m breit

**Gesamtaushub:** 19 Mio m<sup>3</sup>, davon 15  
Mio m<sup>3</sup> aus dem Tunnelgraben  
**Betonmenge:** 3 Mio m<sup>3</sup>  
**Kies:** KBK

# Weltweit erster Schiffstunnel

**Text:** Gisela Gary  
**Visualisierungen:**  
Snøhetta and Plomp/  
Plompmozes

**Norwegen.** Das Stadhavet-Meer ist der exponierteste und tückischste Gewässerabschnitt entlang der norwegischen Küste. Mit dem weltweit ersten Schiffstunnel soll Frachtschiffen eine sichere Durchfahrt gesichert werden.



Ziel des weltweit ersten Schiffstunnels ist es, eine sicherere Durchfahrt durch Stad zu gewährleisten, damit ersparen sich die Schiffe das Umfahren von Stadlandet durch das Vanylvsfjord im Osten bei Kjøde und das Nordmeer, das extremen Wind- und Wasserverhältnissen ausgesetzt ist. Das Stadmeer ist ein exponierter und gefährlicher Abschnitt entlang der norwegischen Küste. Extreme Meeresströmungen und Unterwassertopografie führen zu unvorhersehbaren Wellenbedingungen. Das Architekturbüro Snøhetta entwarf den Tunnel wie auch die Portale. Die Berechnungen wurden von den Experten der norwegischen Küstenverwaltung erstellt. Der weltweit erste Schiffstunnel wird 1,7 Kilometer lang, 50 Meter hoch und 36 Meter breit sein und Fracht- wie auch Passagierschiffen mit bis zu 16.000 Tonnen eine gesicherte Durchfahrt bieten. Die Vorbereitungen dauerten rund zehn Jahre, nun ist es soweit, die Küstenverwaltung arbeitet an der Ausschreibung, das Interesse der Bau- und Planungsfirmen an dem Projekt ist groß. Die Küstenverwaltung rechnet mit rund fünf Jahren Bauzeit. Die rund drei Millionen Kubikmeter Gesteinsausbruch werden für die Portale verwendet, wie auch den umliegenden Gemeinden für Bauprojekte gegeben. Im Berg wurden bereits zahlreiche Probebohrungen gemacht, das Gestein ist sehr hochwertig, allerdings verzögerten die Wassermassen die Bohrungen. Das mit großem Druck hereinströmende Wasser konnte nur mit Zement gestoppt werden.



Bis zu 1.000 Meter sollte gebohrt werden, um die Tunnelbauarbeiten sicherstellen zu können; noch ist die geologische Abteilung der Küstenverwaltung, ob der unerwarteten Wassermengen, erst bei 500 Metern. Dennoch, so ist sich die Küstenverwaltung sicher, wird mit konventionellen Sprengungen und Tunnelbohrgeräten gearbeitet werden können.

Bei der Gestaltung der Tunneleingänge steht die Verschmelzung der umgebenden Natur- und Kulturlandschaft mit der Großzügigkeit des Tunnels im Vordergrund. Die Kulturlandschaft des Gebietes wird von charakteristischen Steinmauern dominiert, die klare Linien im Kulturwald bilden. Die gestapelten Steinmauern bilden weiche horizontale Linien und sorgen für einen schönen optischen Eindruck, da sie sich als natürliche Elemente in die Landschaft einfügen. Die Steinmauern werden in die Gestaltung der Eingänge einbezogen, wodurch leicht abfallende Terrassen entstehen. Die Terrassen sind auf Steinen errichtet, die aus dem Berg gehauen werden, wo der Tunnel entsteht. Dass für den weltweit ersten Schiffstunnel ausschließlich Beton zum Einsatz kommt, ist selbstverständlich – der Projektleiter Terje Skjeppestad von der Küstenverwaltung wird in der Auswahl der ausführenden Firmen sehr genau sein, denn die Kosten für das Bauvorhaben liegen bei rund fünf Milliarden Kronen. Bei der sogenannten Lieferantenkonferenz informierte Projektleiter Skjeppestad die 160 Planungs- und Bauunternehmen über die Herausforderungen.



**Die rund drei Millionen Kubikmeter Gesteinsausbruch werden für die Portale verwendet, wie auch den umliegenden Gemeinden für Bauprojekte gegeben.**



#### Projektdaten

##### Stad-Schiffstunnel

Stad, Provinz Vestland

**Auftraggeber:** Norwegische Küstenverwaltung, Ministerium für Verkehr und Kommunikation

##### Architektur: Snøhetta

**Technische Vorplanung:** Olav Olsen

AS, Norconsult AS

**Länge:** 1,7 km Tunnel, 2,2 km insgesamt

**Höhe:** 50 m

**Breite zwischen den**

**Tunnelwänden:** 36 m

**Höhe von der Meeresoberfläche zur Decke:** 33 m

**Querschnittsfläche:** 1.661 m<sup>2</sup>

**Zu entfernendes**

**Gesteinsvolumen:** ca. 3 Mio m<sup>3</sup>,

ca. 5,4 Mio m<sup>3</sup> gesprengtes Gestein

# Langlebig und nachhaltig

Text: ZHAW  
Fotos: PD

**Winterthur.** An der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, wurde die – vielleicht – leichteste Brücke der Welt erfunden, die Betonbrücke kann nun in Serie gehen.

Bauingenieurin Rebecca Lutz von der Fachgruppe Faserverbundkonstruktionen FVK an der ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, staunte nicht schlecht: Gleich am ersten Tag, an dem sie „ihre“ ultraleichte Betonbrücke auf der Swissbau in Basel präsentierte, wurde sie ihr quasi schon aus der Hand gerissen: eine Zürcher Unterländer Gemeinde kaufte sie vom Fleck weg. Die Brücke verblüfft mit der Ressourcenschonung: Aufgrund der CPC-Betonbauweise ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck fünfmal kleiner als bei einer Stahlbrücke mit Gitterrost. Sie hat einen über dreimal kleineren Ressourcenverbrauch gegenüber einer

Stahlbetonbrücke, eine sehr lange Lebensdauer – der Beton hält mindestens 50 Jahre, die Bewehrung 100 Jahre. Insgesamt wurden bei der Brücke rund 70 Prozent weniger Beton gegenüber der konventionellen Bauweise verbraucht. „Eine besondere Bauweise, die zeigt, dass Betonbauwerke nicht immer massiv und schwer sein müssen. In Zusammenarbeit mit unserem langjährigen Forschungspartner, der CPC AG, konnten wir eine Fußgänger- und Radwegbrücke realisieren, bestehend aus sieben untereinander vermörtelten CPC-Platten mit einer Stärke von nur sieben Zentimetern, diese bilden die robuste und sehr nachhaltige Brücke“, erläutert Rebecca Lutz.





Die CPC-Bauweise (carbon prestressed concrete) ist eine Alternative zum konventionell verwendeten Stahlbetonbau. Die Stahlbewehrung wird ersetzt durch mehrere Lagen biaxial stark vorgespannter Carbondrahtnetze. Dank der viel höheren Zugfestigkeit von Carbon gegenüber gebräuchlichem Baustahl, dem Wegfall der ansonsten notwendigen hohen Bewehrungsüberdeckung sowie der Vorspannung der Carbonfasern können äußerst schlanke und leichte Tragkonstruktionen in Beton realisiert werden. Die patentierte CPC-Bauweise erlaubt es, im industriellen Maßstab sehr leistungsfähige und dünne Großplatten zu produzieren, diese in einem Werk zu konfektionieren und auf der Baustelle mit minimalem Aufwand zu montieren. Mit der CPC-Bauweise wird für den Betonbau eine ähnliche Bauweise ermöglicht, wie sie im Holz- oder Stahlbau bereits seit Langem praktiziert wird. Mit der Inbetriebnahme des Produktionswerks in Essen durch Holcim Fertigteile ist es nun möglich, beeindruckend lange Platten herzustellen. Durch den Einsatz modernster Technologien und innovativer Prozesse können Platten mit einer Länge von bis zu 17 Metern produziert werden.

#### Kraftschlüssig verbunden

Um die CPC-Platten als integralen Bestandteil von Bauwerken zu nutzen, ist es erforderlich, dass die Platten untereinander kraftschlüssig verbunden werden. Dabei war es von entscheidender Bedeutung, die Vorteile der Korrosionsfreiheit, Robustheit, Langlebigkeit und Witterungsbeständigkeit beizubehalten. Aus diesem Grund wurde eine intensive Forschung betrieben, unterstützt durch Innosuisse, um geeignete mechanische Verbindungen zu entwickeln. Das Ergebnis dieser Forschungsarbeit ist eine patentierte multifunktionale Kappa-Verbindung, die ausschließlich aus CPC-Platten und hochfestem Mörtel besteht.

Zunächst wurde die Brückenplatte, die in einem Stück gefertigt wurde, mittig in eine leichte Überhöhung von 50 Millimetern gebracht. Die Brüstungselemente (vertikale Bauteile) bestehen je Seite aus drei Bauteilen: zwei Randelemente und ein mittig angeordneter „Schlussstein“. Diese Brüstungselemente wurden in die entsprechenden Aussparungen der

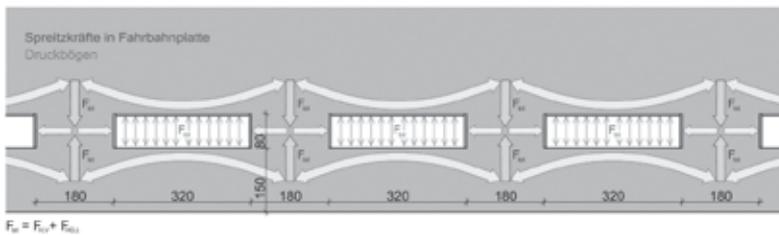
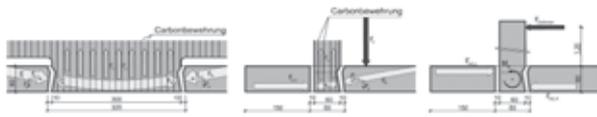
**Eine bemerkenswerte Eigenschaft dieser Brücke ist, dass sie vollständig ohne den Einsatz von Stahl realisiert wurde.**



Brückenplatte eingeführt und sorgfältig ausgerichtet. Im letzten Arbeitsschritt konnten die so entstandenen Verbindungen mit einem hydraulischen Mörtel verfüllt werden.

Die Verbindungselemente spielen eine entscheidende Rolle bei der Stabilität und Festigkeit der Brücke. Erst durch die Verbindung zwischen Brückenplatte und Steg entsteht die Wirkung einer sogenannten Trogbücke, bei der die Brückenplatten, die aus dem globalen Moment entstehenden Zugkräfte sowie die Brüstungen die Druckkräfte übernehmen. Zusätzlich fungiert die Brüstung als Geländer. Eine bemerkenswerte Eigenschaft dieser Brücke ist, dass sie vollständig ohne den Einsatz von Stahl realisiert wurde. Dies bietet einen erheblichen Vorteil in Bezug auf den Unterhalt des Bauwerks, da Korrosion und Abplatzungen vermieden werden können. Darüber hinaus erfordert die Brückenoberfläche

keine zusätzliche Abdichtung, was zu einer Reduzierung der Wartungskosten führt. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Rutschfestigkeit der Brückenoberfläche, die mit einem R13-Wert bewertet wurde. Dies entspricht der höchsten Stufe und wird für Arbeitsbereiche mit einer Neigung von mehr als 35 Grad eingesetzt. Diese hohe Rutschfestigkeit gewährleistet Sicherheit insbesondere unter schwierigen Witterungsbedingungen.



### Beachtliche EPD

Ein überzeugendes Argument für diese Brücke sind der geringe Ressourcenverbrauch und der minimale CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, die im Vergleich zu konventionellen Brücken deutlich niedriger sind. Laut Umweltproduktdeklaration (EPD) A1-A3 beträgt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß dieser CPC-Brücke nur etwa 20 Prozent im Vergleich zu herkömmlichen Stahlbrücken mit Gitterrost.

Darüber hinaus benötigt sie lediglich etwa 30 Prozent der Ressourcen einer Stahlbetonbrücke und weist eine fünfmal höhere Lebenserwartung als eine Holzbrücke auf.

Der Einsatz des richtigen Bausystems spielt eine entscheidende Rolle bei der Schonung der Umwelt. Die Wahl dieser CPC-Brücke trägt somit maßgeblich zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und zum sparsamen Umgang mit natürlichen Ressourcen bei. Durch die Kombination von Langlebigkeit, geringem Wartungsaufwand und einem umweltfreundlichen Herstellungsprozess setzt diese Brücke einen wichtigen Maßstab für nachhaltige Infrastrukturprojekte.

#### Projektdaten

**Fußgänger- und Radfahrrücke,**  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, Fachgruppe Faserver-

bundkonstruktionen FVK,  
CH-8401 Winterthur  
**Betonelemente:** CPC AG  
**F&E:** Innosuisse und Industriepartner  
**Brückendesigner:** Dorian Bürgi

**Betonmenge:** 6,2 m<sup>3</sup>  
**Betonlieferant:** Holcim  
**Länge:** 17 m  
**Nutzbreite:** 2,5 m  
**Eigengewicht:** 14 Tonnen

**Nutzlast:** 17 Tonnen  
**Besonderheiten:** kein Betonwiderlager notwendig – nur Kieskoffer, kleiner Montageaufwand, wetterunabhängig  
**Kein Metall:** keine Korrosion



📅 20. Juni 2024  
📍 Wien  
🏠 [businesscircle.at/renewables](https://businesscircle.at/renewables)

**BUSINESS**  
circle

# Renewables meet Industry Exchange

Das Strategieforum für eine  
zukunftsweisende Energietransformation

mit Rabattcode:  
**VÖZ@RMI**  
**EUR 590**  
statt EUR 790

# Qualitätsvoll erneuert

Text: Mario Lietzmann, Sven Mellwitz  
Fotos: Schwenk Zement

**Deutschland.** An der Anschlussstelle Niemeck der A9 wurden ca. 5,4 Kilometer der Richtungsfahrbahn Leipzig/München mit einer innovativen Betonfahrbahn erneuert. Die alte Fahrbahn konnte wiederverwertet werden.

Die alte Fahrbahndecke wurde aufgebrochen und nahe der Mischanlage mittels einer Recyclinganlage für eine Schottertragschicht aufbereitet und wiederverwendet. Auf der Schottertragschicht wurde eine zehn Zentimeter dicke Asphaltdeckschicht hergestellt. Mit einer mobilen Betonmischanlage wurden erste Probemischungen für den Ober- und Unterbeton durchgeführt. Dabei wurden die Einwaagen, der Gehalt an Luftporen im Beton, die Konsistenz sowie das Ansteifverhalten der Betone überprüft. Diese Parameter sind für die Dauerhaftigkeit des Betons hinsichtlich Frost und Tausalz und für die Verarbeitung der Betone mit dem Gleitschalungsfertiger entscheidend.

#### Für die Spezifizierung der Betone galten nachstehende Festlegungen:

- 7 cm Oberbeton (Waschbeton): Festigkeitsklasse C30/37, Feuchtigkeitsklasse WS, Expositionsclassen XF4 und XM2 nach TL Beton-StB 07 bzw. DIN EN 206-1/DIN 1045-2
- 19 cm Unterbeton: Festigkeitsklasse C30/37 Feuchtigkeitsklasse WS, Expositionsclassen XF4 nach TL Beton-StB 07 bzw. DIN EN 206-1/DIN 1045-2

Im Zuge der Erstprüfung wurden die Zementart und -festigkeitsklasse, die Zementmenge, die Eigenschaften der Gesteinskörnung, die Kornzusammensetzung und Sieblinie,



#### Warum Straßen aus Beton?

- hohe Tragfähigkeit
- dauerhafte Oberflächeneigenschaften
- lange und gute Befahrbarkeit
- dauerhafte Oberflächengeometrie
- Verformungsstabilität
- zuverlässige, wirksame und dauerhafte Dichtung der Fugen mit dauerelastischen Profilen
- keine Alterung, keine Versprödung des Bindemittels
- verbesserter Umweltschutz
- geringste Erhaltungsmaßnahmen und lange Instandsetzungsintervalle
- sehr gute Längsebenheit
- gleichbleibende Querebenheit
- zuverlässiger Oberflächenwasserabfluss
- hoher Fahrkomfort
- hohe Griffigkeit
- helle Oberfläche

Mit dem Glätter wird eine perfekte Oberfläche erstellt.

die Rohdichte, die Konsistenz sowie die Druck-, Biege- und Spaltzugfestigkeiten überprüft und festgelegt. Als Gesteinskörnungen kamen für den Oberbetón ein Natursand 0/2 Millimeter sowie ein gebrochener Andesit-Splitt der Körnung 2/8 Millimeter zum Einsatz. Der für die Grobkörnung im Waschbetón erforderliche hohe Polierwiderstand zur Sicherstellung einer guten und dauerhaften Griffbarkeit wurde durch den Splitt erfüllt. Der Unterbetón wurde mit den Korngruppen 2/8 Millimeter, 8/16 und 16/32 Millimeter hergestellt. Als Zusatzmittel wurden ein Luftporenbildner als Konzentrat, und ein Fließmittel eingesetzt. Als Zement wurde im Ober- und im Unterbetón ein CEM I 42,5 N (sd) als vielerprobter Straßendeckenzement von Schwenk eingesetzt. Für die Baumaßnahme wurden rd. 7.800 Tonnen Zement geliefert. Aufgrund der geringen Entfernung zwischen dem Zementwerk Bernburg und der Baustelle konnte jederzeit eine reibungslose und fristgerechte Belieferung garantiert werden.

#### Betoneinbau und Nachbehandlung

Der Einbau des Straßendeckenbetóns wurde mit einem Gleitschalungsfertiger mit einer Einbaubreite von ca. 15 Metern ausgeführt. Die Entfernung für den Betontransport vom Mischwerk zur Baustelle betrug maximal fünf Kilometer. Zum Einbau des Unterbetóns wurde der von Kipperlastern ausgeschüttete und mittels Radbaggers vorverteilte Beton durch den Schwertverteiler des Gleitschalungsfertigers feinverteilt. Glätteinrichtungen sorgen für einen optimalen Oberflächenschluss. Direkt hinter dem Fertiger werden in den noch frischen Beton Plattennummern eingedrückt. Dies erleichtert später im Bedarfsfalle das Auffinden bestimmter Platten. Zur Herstellung der vorgeschriebenen Waschbetónoberfläche

wird auf den fertig eingebauten, verdichteten und geglätteten Oberbetón ein dünner Film des Oberflächenverzögerers von der Nachbehandlungsbühne gleichmäßig aufgesprüht. Dieser sofortige Schutz der Betonoberfläche gegen Verdunstung war aufgrund der sommerlichen Bedingungen besonders wichtig.

Im Anschluss an die erste Nachbehandlung erfolgte zur Herstellung der Waschbetóntextur (Rautiefe zwischen 0,7 und 1,1 Millimeter) das Ausbürsten des Oberflächenmörtels unter gleichmäßigem Bürstendruck und dann wurde die fertig texturierte Betondecke nochmals mit einem Nachbehandlungsmittel eingesprüht und damit auch weiter vor Austrocknung geschützt. Zum Abschluss erfolgten die Fugenschneidarbeiten, es wurden Scheinfugen in Quer- und Längsrichtung eingeschnitten, durch diese Sollrissstellen zerfällt die Betondecke in ein System verbundener Einzelplatten. Die unter dem Riss in der späteren Fuge liegenden Dübel bzw. Anker übernehmen nach Eintreten der Risse die Tragbeziehungen der Platten zueinander und gewähren ausreichende Bewegungs- und Verformungsmöglichkeiten bei allen Witterungsbedingungen.

## Glätteinrichtungen sorgen für einen optimalen Oberflächenschluss.



Die fertige Betondecke der A9, Anschlussstelle Niemegk, Richtungsfahrbahn Leipzig/München, wird noch für eine lange Lebensdauer zum Abschluss besprüht.

#### Projektdaten

**A9 Anschlussstelle Niemegk**  
Richtungsfahrbahn Leipzig/München  
**Streckenlänge:** 400 m  
**Bauherr:** Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Nordost  
**Feine Gesteinskörnung (Oberbetón):** Fenger Beton und Kies GmbH & Co. KG

**Grobe Gesteinskörnung (Unterbetón):** Cronenberger Steinindustrie Franz Triches GmbH & Co. KG  
**Bauunternehmen und Beton:** Strabag Großprojekte GmbH  
**Betonvolumen gesamt:** 21.500 m<sup>3</sup>  
**Betonfläche gesamt:** 77.500 m<sup>2</sup>  
**Zementmenge:** 7.800 Tonnen

**Nachbehandlungsmittel:** Master Builders Solutions Deutschland GmbH, TAL Betonchemie Handel GmbH  
**Lieferant:** Schwenk Zement GmbH & Co. KG  
**Qualitätskontrolle:** TPA Gesellschaft für Qualitätssicherung u. Innovation, Prüfintitut FBL Flämig Baustoff-Labor GmbH

**Zusatzmittel:** Master Builders Solutions Deutschland GmbH  
**Bauweise:** nach RStO 12, 26 cm Betondecke auf 10 cm Asphalttragschicht und 25 cm Schottertragschicht 0/32 (+RC-Material)  
**Fugenschneidarbeiten:** SAT Spezialbau GmbH



# Spektakuläres Unterfangen

**Text:** Linda Pezzei  
**Fotos:** Atelier Fontana, Kenneth Nars

**Basel.** Im Zuge des Umbaus und der Erweiterung des St. Claraspitals in Basel sah die Ausführung bei laufendem Betrieb eine beeindruckende Unterfangung des Hauptgebäudes im Bereich der Nuklearmedizin vor. Aufgrund der hochsensiblen Gerätschaften und des historischen Bestands eine besondere Herausforderung für die Planer und Ausführenden.

Nachdem sich die Anforderungen und Bedürfnisse des bestehenden St. Claraspitals in den letzten Jahrzehnten verändert hatten und aus einem Grundversorger ein hoch spezialisiertes Spital erwachsen war, wurde anstelle des Hirzbrunnenhauses ein mehrgeschößiger Neubau „Hirzbrunnen“ geplant. „Aufgrund der unterirdischen Lage des Erweiterungsbaus entschied sich die Projektleitung von

Anfang an für eine Betonlösung, welche zur Dichtigkeit und zur Aufnahme der Erdlasten beiträgt“, erläutert Ana Maria Eigenmann, Projektleiterin ZPF Ingenieure.

Das Ergebnis der ersten Bauetappe des umfangreichen Vorhabens ist eine klare, freie und einladende Vorzone Nord für das Areal. Neben einer Attraktivierung

der Aufenthaltsqualität hatten die Maßnahmen auch ein Freilegen der historischen Fassade des ursprünglichen, Anfang 1928 eröffneten Altbaus zum Ziel, wobei teils provisorische Bauteile vorsichtig abgebrochen werden mussten. Zusätzlich dazu konnte ein moderner Eingangsbereich mit einer großzügigen Cafeteria und einer Kapelle neu geschaffen werden.

#### Zubau im Untergrund

Die Erweiterung des St. Claraspitals konzipierten die BFB Architekten als unterirdischen Baukörper in der Vorzone zur Kleinriehenstraße. Indem dienende Flächen in das Untergeschoß gewandert sind, konnten die oberen Geschosse wertvolle Fläche für Behandlungs- und Pflegeabteilungen dazugewinnen. Neu entstanden ist auch ein doppelstöckiger offener Raum mit besonderer Atmosphäre – die sogenannte Marmorhalle. Hier findet das Spitalcafé als Ort der Begegnung seinen Platz. Um den neuen unterirdischen Baukörper für die Technikzentrale und die Spitalküche möglichst reibungslos realisieren zu



können, erforderte bereits der Aushub der Baugrube direkt vor dem bestehenden Hauptgebäude des Spitals besondere Maßnahmen. So musste das Hauptgebäude im Bereich der Nuklearmedizin auf spektakuläre Art unterfangen werden. Da der Betrieb in der Abteilung der Nuklearmedizin mit hochempfindlichen Geräten und bei 24/7-Überwachung auch während der Baumaßnahmen nicht unterbrochen werden konnte, mussten alle Arbeiten möglichst erschütterungsfrei durchgeführt werden. Das Konzept eines modularen, flexiblen und anpassungsfähigen Gebäudesystems sieht eine schrittweise Erweiterung des Bauwerks vor.

#### Projektdaten

**Umbau und Erweiterung**  
St. Claraspital, Kleinriehenstraße 30,  
4100 Basel, Schweiz

**Auftraggeber:** St. Claraspital AG  
**Planung:** BFB Architekten  
**Tragwerksplanung:** zpf.Ingenieure

**Bauunternehmen/Betonlieferant:**  
Martti AG  
**Betonmenge:** Unterfangungen: 445 m<sup>3</sup>,

Rühlwand: 105 m<sup>3</sup>,  
Neubau: 2.700 m<sup>3</sup>  
Umbau: 150 m<sup>3</sup>



Geschichte  
schafft Werte –  
Werte schaffen  
Zukunft.

- | CEMENT
- | CONSTRUCTION MINERALS
- | CONCRETE SOLUTIONS
- | ROAD & TRAFFIC





Karl Schellmann, Klimasprecher WWF

# Geht: netto null CO<sub>2</sub>

Klar ist, ein „geht nicht“ geht nicht mehr. Die Klimawissenschaft ist sich einig, die Klimafolgen sind dramatisch und teuer – und eine ungebremste Klimakrise ist weder finanzierbar noch überlebar. Wir müssen das schaffen, wenn wir nicht schuld sein wollen, dass künftige Generationen (unsere Enkelkinder!) einen Großteil ihres Lebens damit verbringen müssen, genug zu essen und zu trinken sowie Schutz vor extremer Hitze zu finden, die Folgen einer zusammengebrochenen Weltwirtschaft und Energieversorgung auszugleichen und Zeiten unübersehbarer Völkerwanderungen zu überleben. Wir haben die Mittel, das zu vermeiden, müssen dazu aber einen gut geplanten Klimaschutzweg sehr rasch gehen. Auch das Ziel ist bekannt: Klimaneutralität 2040 in Österreich, 2050 in Europa – und nicht lange danach auch

weltweit. Klimaneutralität heißt, dass pro Jahr nur noch so viel CO<sub>2</sub>-Äquivalente verursacht werden dürfen, wie auch rückgebunden werden. Diese Rückbindefähigkeit, auch Senkenwirkung genannt, schwankt derzeit zwischen null und zehn Millionen Tonnen pro Jahr und findet hauptsächlich in den Wäldern statt. Eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 90 bis 100 Prozent ist also notwendig. Eine Studie von WU Wien und Wegener Center/Uni Graz hat dazu verschiedene Wege verglichen (<https://www.wwf.at/artikel/mutter-erde-studie-drei-wege-zur-klimaneutralitaet-in-oesterreich>) und kommt zu dem Ergebnis, dass ein hauptsächlich technologiegetriebener Klimaschutzpfad zu hohen Energieverbräuchen, hoher Auslandsabhängigkeit, viel Naturzerstörung,

weniger Arbeitsplätzen und geringerem gesamtwirtschaftlichen Nutzen führt. Ein Weg, der eine gesamthafte Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft einschließt sowie die Unterschiede zwischen Arm und Reich verringert, liefert – klug geplant und umgesetzt – in allen angesprochenen Bereichen ein besseres Ergebnis. Besser für die Menschen, besser für die Wirtschaft und besser für die Natur. Einziger Nachteil: Er ist mühsamer in der Umsetzung und daher schlechter in der kurzfristigen Akzeptanz. Modellfall Fußgängerzone Wiener Mariahilfer Straße: Zuerst gibt es Widerstände und schwärzeste Zukunftsbilder, danach massive Umsatzsteigerung und durchwegs Zufriedenheit. Während im Energiesektor eine sparsame und völlig fossilfreie Deckung der Nachfrage gut und rasch möglich ist, haben manche Industriesektoren kaum zu vermeidende Emissionsquellen. Leider gibt es bis heute keine eindeutige Definition dieser „hard to abate“-Sektoren. Das erschwert die Maßnahmenplanung.

1. Schritt: Vermeiden und verbessern.
  2. Schritt: Ersetzen. Optimierung der Energie- und Ressourcenintensität von Materialien über den Lebenszyklus (auch gleich als Ersatz für den hohen Materialverbrauch) und geringem Materialverbrauch sowie durch schlaues Design ersetzen. Und erst am Ende dieser Kette sollten tatsächlich unvermeidbare Emissionen abgetrennt und dauerhaft sicher gelagert werden. Der letzte Schritt eines langen Klimaschutzwegs birgt einiges an Risiken und braucht daher große Vorsicht:
- Das aktuelle Verbot der CO<sub>2</sub>-Speicherung wird derzeit im Rahmen der Carbon-Management-Strategie einer Evaluierung unterzogen.
  - Die Kapazität des Instruments CCS (Carbon Capture and Storage) ist begrenzt und teuer. Daher müssen vermeidbare Emissionen – und solche aus fossilen Energieträgern – von der Einlagerung ausgeschlossen werden. Die Speicherkapazitäten sind für jene Bereiche zu reservieren, für die es am Ende der technisch möglichen Substitutions- und Optimierungsentwicklung keine vollständigen Vermeidungsoptionen gibt.
  - Parallel dazu sind ein hoher CO<sub>2</sub>-Preis und ein Ende von Gratis-Emissions-Zertifikaten im Europäischen Emissions-Handels-System (ETS) wichtig, um CCS für die fokussierten Bereiche attraktiv zu machen.
  - Nutzungskonkurrenzen sollten unabhängig erforscht werden und in eine „unterirdische Energieraumplanung“ einfließen.
  - Es muss geklärt werden, wer wofür zahlt. Industriesektoren, die CO<sub>2</sub> abscheiden und einlagern wollen, müssen die operativen Kosten der Einlagerung auch tatsächlich bezahlen.

**„Klimaneutralität heißt, dass pro Jahr nur noch so viel CO<sub>2</sub>-Äquivalente verursacht werden dürfen, wie auch rückgebunden werden.“**



Foto: Leyrer + Graf

David Klinger und Oliver Einfalt zeigten bei den AustrianSkills ihr Können.

## Kopf-an-Kopf-Rennen

Der Betonbau-Wettbewerb im Rahmen der AustrianSkills sorgte für Spannung, denn die jungen Betonbauer lieferten sich ein extrem knappes Kopf-an-Kopf-Rennen. Oliver Einfalt und David Klinger von Leyrer + Graf verfehlten um nur einen Millimeter den ersten Platz von insgesamt sechs Teams und erreichten den dritten Platz. Gold – den ersten Platz – erlangte ein Team von der Georg Fessel GmbH aus Zwettl ex aequo mit einem Team von der Habau.



Foto: Kirchdorfer/Hofmann

## Kultur im Zementwerk

Das KIZ-Konzert im Kirchdorfer Zementwerk war mit mehr als 150 Gästen ein voller Erfolg. „KIZ – Kultur im Zementwerk“ wurde vor über 23 Jahren mit dem Kulturreferat der Stadt Kirchdorf gegründet, viermal jährlich treten namhafte Künstler auf.

Weitere KIZ-Termine:

10. Juni 2024: Günther Lainer

16. September 2024: Country Swingers

18. November 2024: Desperate Brasswifes  
infokiz@kirchdorfer.at

## Neu im Team

Alexander G. Bauer ist neu im Team bei Kirchdorfer. Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung in der Baubranche bringt er umfassende Kenntnisse und eine klare Vision für seinen Job als Vertriebschef mit. Als gebürtiger Linzer ist es ihm ein persönliches Anliegen, die Stärken des oberösterreichischen Zementwerks noch präsenter zu machen. Die Unternehmensführung des Kirchdorfer Zementwerks hat hohe Erwartungen an den neuen Vertriebschef. Erich Frommwald, Leiter des Zementwerks und der international tätigen Kirchdorfer Gruppe, betont: „Es gilt, die herausfordernde Veränderung unserer Zementsorten in Richtung grüner Zement umzusetzen.“



Foto: Froschauer Fotografie

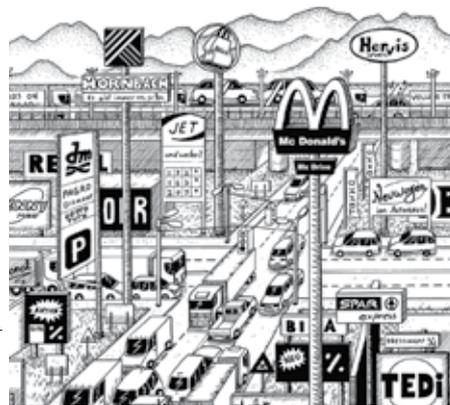


Foto: Urban plus

## Der automobile Mensch

Irrwege einer Gesellschaft und mögliche Auswege lautet der Untertitel von Stadtplaner Reinhard Seif' neuestem Film „Der automobile Mensch“. Premiere ist am 13. Mai im Gartenbaukino in Wien. Das Thema Flächenverbrauch beschäftigt den umtriebigen Stadtplaner bereits seit Jahrzehnten, nun „räumt“ er mit der Zersiedelung quer durch Europa auf. Der Film ist ein aufrüttelnder Appell für eine grundlegende Verkehrswende als Voraussetzung für einen ernsthaften Klimaschutz. DVD-Bestellungen unter [urban.plus@gmx.at](mailto:urban.plus@gmx.at) [www.gartenbaukino.at/programm/der-automobile-mensch/](http://www.gartenbaukino.at/programm/der-automobile-mensch/)



Foto: Birkhäuser Verlag

## Buchtipp

**Wohnungsbau:** Kostengünstige Modelle für die Zukunft, Birkhäuser Verlag  
Aktuelle Wohnbauten aus vielen Städten Europas, die zeigen, wie die Kosten reduziert werden können, ohne die Qualität des Wohnens einzuschränken.

Preis: 49,90 Euro | ISBN: 9783955534455  
[www.birkhauser.com/de/books/9783955534462](http://www.birkhauser.com/de/books/9783955534462)

## Termine

- bis 9.9.2024 Ausstellung: Über Tourismus, [www.azw.at](http://www.azw.at)
- 22.4.2024 Einreichschluss Concrete Design Competition, [www.betondialog.at/cdc](http://www.betondialog.at/cdc)
- 25.-26.4. Baukongress, Austria Center Vienna, Bruno-Kreisley-Platz 1, 1220 Wien, <https://baukongress.at/Home>
- 9.-12.5.2024 ArchitektTour Kopenhagen, [www.reise-architektour.de](http://www.reise-architektour.de)
- 16.5.2024 Seminar Risikomanagement im Tunnelbau, [www.betonakademie.at](http://www.betonakademie.at)
- 7.-8.6.2024 Architekturtage: Geh't's noch? Planen und Bauen für eine Gesellschaft im Umbruch, [www.architekturtage.at](http://www.architekturtage.at)
- 14.-15.6.2024 19. Betonkanuregatta, Brandenburg an der Havel, [www.beton.org/veranstaltungen/betonkanu-regatta/](http://www.beton.org/veranstaltungen/betonkanu-regatta/)
- 12.-13.9.2024 6. Grazer Betonkolloquium, [www.betonkolloquium.at/](http://www.betonkolloquium.at/)
- 4.11.2024 Kolloquium, Forschung & Entwicklung für Zement und Beton, [www.zement.at/kolloquium](http://www.zement.at/kolloquium)

### Weitere sehenswerte Beiträge

Beton – das Fundament der Zivilisation:  
Bildgewaltiger Kurzfilm [www.zement.at/Filme](http://www.zement.at/Filme)

## Impressum



**Medieninhaber, Herausgeber:** Zement und Beton InformationsGmbH, Franz-Grill-Straße 9, 1030 Wien, +43 1 714 66 85-0, [zement@zement.at](mailto:zement@zement.at) [www.zement.at](http://www.zement.at)

**Geschäftsführung Z+B:** DI Claudia Dankl

**Geschäftsführung VÖZ:** DI Sebastian Spaun

**Redaktion:** Dr. Gisela Gary (Chefredakteurin), DI Sebastian Spaun, DI Claudia Dankl, Mag. Katharina Kutsche, Mitarbeit: DI Linda Pezzei

**Gestaltung:** Katharina Jaznikar, Aaron Hoffmann, Fredmansky GmbH, Hauptstraße 58, 4040 Linz [www.fredmansky.at](http://www.fredmansky.at)

**Lektorat:** Roman Stoiber

**Hersteller:** Samson Druck [www.samsondruck.at](http://www.samsondruck.at)

**Titelbild:** Umbau und Erweiterung, Basel, Schweiz  
**Foto:** Atelier Fontana, Kenneth Nars

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei geschlechtsspezifischen Begriffen die maskuline Form verwendet und auf gendergerechte Formulierungen verzichtet. Dies soll jedoch keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

**Offenlegung:** Zement+Beton informiert als selbstständiges Medium über den fortschrittlichen und zukunftsweisenden Einsatz der Baustoffe Zement und Beton unter Wahrung der journalistischen Grundsätze und der Verpflichtung zu Objektivität.

CONCRETE  
DESIGN  
**COMPETITION** ●  
2023/2024

# PRESENCE

Die Concrete Design Competition geht in eine neue Runde:  
Unter dem Motto „Presence“ findet der Studierendenwettbewerb  
in fünf europäischen Ländern statt.

Bis zum 22. April 2024 können Studierende an österreichischen  
Hochschulen ihre Projekte einreichen, die sich ebenso kreativ wie  
innovativ mit dem Baustoff Beton und seinem Nachhaltigkeits-  
potenzial auseinandersetzen.

Alle Infos zum Wettbewerb sowie die Auslobungs- und  
Teilnahmeunterlagen gibt es unter:



[betondialog.at/cdc](https://betondialog.at/cdc)