

Neubau der Standseilbahn zum Stoos SZ

Curt M. Mayer

Tunnel- und Trasseebau mit 110 % Steigung



Als technische Meisterleistung mit zahlreichen Innovationen aus der Schweiz kann die an Superlativen reiche neue Standseilbahn zum Bergdorf Stoos im Kanton Schwyz bezeichnet werden. Dazu tragen das weltweit steilste Trasseebau mit 110 % oder 48 Grad Neigung sowie die beiden futuristisch designten Fahrzeuge mit Niveauausgleich bei.

Schlüsselfaktoren der neuen Standseilbahn zu dem auf 1300 m Höhe gelegenen Stoos stellten der Trasse- und Tunnelbau für eine Streckenlänge von 1740 m im steilen Berghang. Nach der Überwindung diverser baulicher Schwierigkeiten, der Konstruktion von zwei Brücken, der Fertigstellung der drei insgesamt 580 m langen Tunnels und des Montagebaus für das Fahrtrasseebau im Steilhang konnte die neue Bahnanlage am 17. Dezember in Betrieb gehen. Mit der Fertigstellung des letzten der drei Tunnels waren die grössten Risiken überwunden, und die restlichen Arbeiten am Trasseebau konnten mit guten Fortschritten abgewickelt werden. Der Neubau mit ursprünglich veranschlagten Investitionen von 52 Mio. Franken hatte sich als schwieriges Unterfangen herausgestellt. Das führt Bruno Lifart, Geschäftsführer und Verwaltungsratsdelegierter der Stoosbahnen AG, sowohl auf ausserordentliche geologische Verhältnisse, wie auch bauliche Ausführungsprobleme und Vergabe-einsparungen zurück. Die infolge der einge-

tretenen Bauverzögerung von zwei Jahren entstandenen Mehrkosten konnten zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der neuen Bahn nach Verhandlungen zwischen Thomas Meyer, VRP der Standseilbahn Schwyz-Stoos AG, und Anton Affentranger, CEO Implenia, im besten Interesse beider Parteien geklärt und aussergerichtlich erledigt werden.

Steilste Standseilbahn der Welt

Das bis zu 110 % geneigte Trasseebau ist damit noch 4 % steiler als die bekannte Gellmer-Kraftwerkseilbahn am Grimsel. Das Bergdorf Stoos mit rund 150 ständigen Einwohnern und den zahlreichen Hotels und Feriendomizilen wird ganzjährig mit einer Standseilbahn erschlossen. Die seit 84 Jahren bestehende Bahn bildete als «Nabelschnur» die Hauptverbindung zwischen dem Tal und dem Bergdorf sowohl für den öffentlichen Verkehr als auch für den Gütertransport. Als Weiteres führt eine Luftseilbahn von Morschach auf das Hoch-

■ Als Generationenaufgabe wurde zur sicheren Erschliessung des Bergdorfes Stoos im Kanton Schwyz eine neue Standseilbahn mit einer Länge von 1740 m und zwei futuristischen Fahrzeugen in Betrieb genommen. (Bilder: Curt Mayer)

plateau. Die Konzession der bestehenden Standseilbahn aus dem Jahr 1933 war abgelaufen und konnte nicht verlängert werden.

Daher nahm die Stoosbahn AG 2007 die Neubauprojektierung in Angriff. Ziel dabei war, die Grunderschliessung Stoos zu sichern und die Kapazität auf 1500 Personen pro Stunde zu erhöhen. Evaluiert worden sind ein Dutzend Lösungsvorschläge, darunter die Sanierung der alten Bahn, eine Dreiseil-Luftseilbahn sowie der Ausbau der Zufahrtsstrasse. 2010 erfolgte der Entscheid für eine neue Standseilbahn mit einer Spurweite von 1,5 m, da für die bisherige Breite von 80 cm keine Bewilligung mehr zu erhalten war.

Die sich daraus ergebende Linienführung zwischen der Talstation im Schlattli im Muotatal und der Bergstation auf dem Stoos forderte von den Ingenieuren völlig neue Lösungsansätze. Im Vordergrund standen die Anforderungen an die hohe Verfügbarkeit der Anlage und die damit verbundene Reduktion von möglichen Betriebsunterbrüchen und zusätzlich eine Verbesserung der Sicherheit vor Naturgefahren. Noch im September 2012 konnte der Spatenstich für den Bau erfolgen.

Futuristisches Fahrzeugdesign und Niveaueausgleich

Die neue Standseilbahn auf den Stoos ist nicht nur ein Generationenbauwerk, sondern auch ein Beispiel modernster Seilbahntechnik der Garaventa AG. Die optisch ins Auge stechenden beiden Fahrzeuge von 22 m Länge können dank den vier in dieser Form erstmals eingesetzten zylindrischen Personenabteilen die unterschiedlichen Neigungen ausgleichen. Dank dieser Neigungskompensation bleibt selbst bei der maximalen Steigung von 110 % die Fahrgastebene horizontal ausgerichtet.

Die neuen futuristisch anmutenden Fahrzeuge werden führerlos betrieben. Den Passagieren steht ein grosszügiger Fahrgastraum zur Verfügung, der dank den grossen Fensterflächen eine freie Sicht gewährleistet. In jedem der beiden von der CWA Constructions SA in Olten hergestellten Fahrzeuge finden 136 Personen Platz. Bei einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von 10 m pro Sekunde ergibt sich daraus eine Förderleistung von 1500 Personen pro Stunde und Richtung. Die Fahrgäste können sowohl in der Tal- wie auch in der Bergstation ebenerdig, das heisst barrierefrei ein- und aussteigen. Der gleichzeitige Gütertransport ist mit einer einseitig vorgelagerten Plattform gewährleistet. Diese nivelliert gleich wie die Fahrgastzellen den Neigungsunterschied automatisch aus.

Auf der Strecke verkehren zwei Wagen, die fest mit einem Drahtseil verbunden



sind, das in der Bergstation über die Antriebscheibe geführt wird. Dank der bodennahen Führung zeichnet sich die Standseilbahn auch bei widrigen Witterungsbedingungen durch eine hohe Verfügbarkeit aus. Aufgrund der Flachstrecken vor der Berg- und Talstation ist ein Gegenseil nötig, das in der Talstation mit einem Spannungsgewicht belastet wird. Dadurch wird die erforderliche Grundspannung erzielt, so dass der Wagen in die Talstation horizontal einfahren kann.

■ Oben: Mit dem Jahrhundertbauwerk ist die steilste Standseilbahn der Welt entstanden. Sie sichert ganzjährig die Grundversorgung des Dorfes mit seinen 150 Einwohnern und den zahlreichen Feriendomizilen. (Bild: zVg)

■ Unten links: Aussergewöhnlich ist das Design der beiden Fahrzeuge mit vier Personenabteilen in Zylinderform, die durch eine hydraulische Neigungskompensation immer waagrecht gehalten werden und sich der aktuellen Steigung anpassen.

■ Unten rechts: Die Überquerung der bei der Talstation gestauten Muota und einer Talmulde vor der Bergstation durch das Fahrbahntrasseee erfolgen durch zwei Stahlbrücken.



■ Oben: Vor dem Wintereinbruch erfolgten bei sonnigem Herbstwetter die ausgedehnten Testfahrten für die Betriebssicherheit.

■ Unten: Die Trasseeführung im 110% beziehungsweise 48 Grad geneigten Steilhang und der Vortrieb von drei Schrägschächten mit 580 m Länge stellten grosse bauliche Herausforderungen.

Zwei massgefertigte Hochleistungsmotoren

Der Antrieb der Bahn erfolgt mit zwei Motoren von ABB mit einer Gesamtleistung von 2,3 Megawatt. Das extreme Längenprofil mit Neigung zwischen 0% bei den Stationen und bis zu 110% (48°) stellt eine grosse Herausforderung an die Dynamik des Antriebs. Bei diesem Streckenprofil benötigen die Fahrzeuge zum Anfahren aussergewöhnlich viel Energie, weil das Trasseesowohl bei der Talstation als auch bei der Bergstation zunächst ansteigt. Dies wird mittels Motoren, Antriebsmechanik und Seil umgesetzt. Den Hauptantrieb bereitstellen zwei Niederspannungsmotoren von ABB mit je 1,15 MW sowie zwei energiesparende Frequenzrichter, die eine stufenlose Drehzahlregulierung gewährleisten.

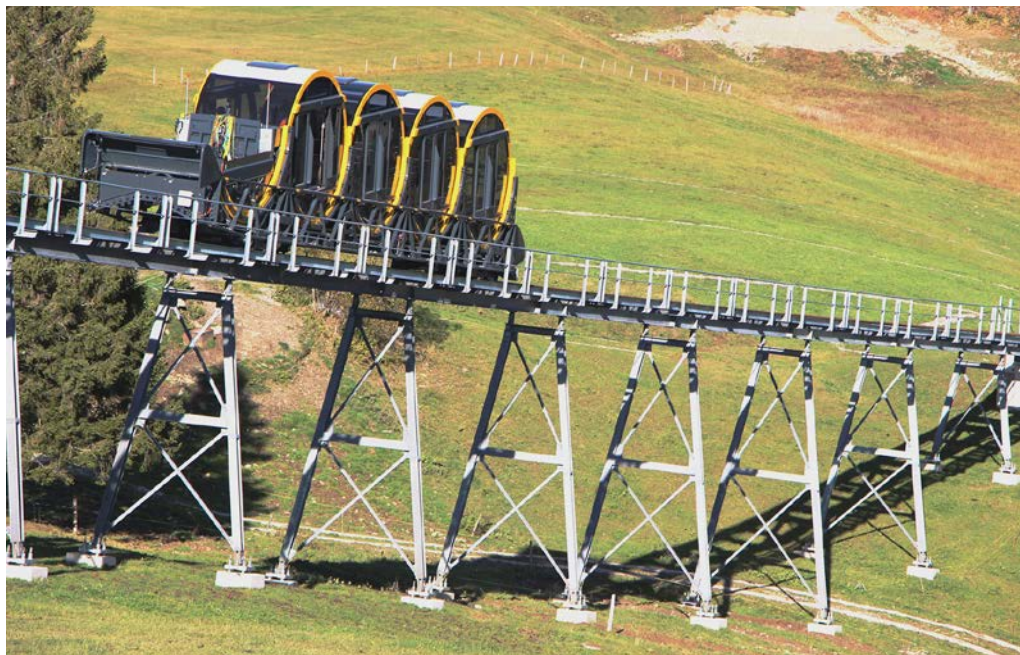
Bahntrasse mit zwei Stahlbrücken

Die Fahrbahntrasse verläuft nach der Talstation und der Überquerung des gestauten Flusses Muota in eine Konkave über eine Stahlbrücke in den Steilhang. Eine zweite Brücke befindet sich in der Talmulde vor der Bergstation. Die Brücke über den Bergbach ist 150 m lang und weist eine grösste Spannweite von 24,4 m auf. Die Konstruktion besteht aus zwei Sprengwerkbindern mit 1,6 m statischer Höhe und einer Breite von 3,3 m einschliesslich Treppensteg. Sie ist mit einem vertikalen Radius von 174 m ausgebildet und endet im Hang mit 32 Grad Steigung. Für die Montage der Stahlträger an der Talstation im Sommer 2015 stand einer der grössten Pneukrane der Schweiz im Einsatz.

Die Stahlbrücke vor der Bergstation hat eine Länge von 146 m und eine Neigung von 11 Grad. Sie ist als durchlaufender Balken auf Pendelstützen ausgeführt, hat eine statische Höhe von 22 cm und weist 11 Felder von 12 m Länge auf.

Sprengvortrieb von drei Schrägtunnels

Aus topografischen Gründen müssen von der Standseilbahn zwei Felsbänder und die Stoosfluh durchquert werden. Für die Trasse-



seeführung waren drei Tunnel mit einer Gesamtlänge von 580 m zu erstellen. Dafür hat im Sommer 2013 die Arbeitsgemeinschaft der Firmen Implenia Schweiz AG und Vetsch AG Klosters den Auftrag für den Bau der Tunnel und des Trassees erhalten. Diese bilden die Herzstücke und gleichzeitig die grösste Herausforderung. Die drei Tunnel sind sprengtechnisch von oben nach unten vorgetrieben worden. Dabei sind die beiden Schrägschächte Tunnel 1 Zingeliflüh mit 151 m und Tunnel 2 Ober Zingeli mit 114 m Länge nach dem Raise-Drill-Verfahren mit einer ersten Bohrung von 25 cm und je einem Schutterloch von 1,4 beziehungsweise 1,8 m Durchmesser ausgeweitet worden. Da hindurch konnte das Ausbruchmaterial mit dem Baggerarm auf den Schutterkübel aufgegeben und nach oben abgeführt werden.

Schienengeführte Vortriebs-einrichtung

Beim 235 m langen Stoosfluchtunnel ist für eine sichere Arbeitsweise eine schienenbasierte Vortriebseinheit konstruiert und eingesetzt worden. Sämtliche für den Ausbruch erforderlichen Geräte und Einrichtungen waren auf einer mittels Seilspielen verfahrenen Tunnelbohr-Installation aufgebaut. Die Ver- und Entsorgung erfolgte über eine schienengebundene Windenbahn. Die 28 m lange von Implenia speziell entwickelte Vortriebseinheit war 4,2 m breit und 5,6 m hoch und hatte mit den Aufbauten ein Gewicht von 74 t. Das Bohrgerät bestand aus einem Bohrarm, Rollover mit Schwenkwerk, Lafette und hydraulischem Bohrhämmer für Sprenglochbohrungen bis 3,4 m und Ankerlängen bis 4 m.

«48 Grad oder 110% maximale Neigung bedeuten steilste Standseilbahn der Welt»

Zur Sicherung ist nach jedem Abschlag von 3 m Spritzbeton auf das Tunnelgewölbe appliziert worden. Das erfolgte mit einem auf einem Baggerarm montierten Spritzroboter per Fernsteuerung. Auf die erste Lage Stahlfaser-Spritzbeton und dem Einbringen der Felsanker kam eine zweite unbewehrte Spritzbetonschicht.

Das anspruchsvolle Projekt und das extrem steile Gelände hat alle Beteiligten herausgefordert und stellte auch höchste Ansprüche an die Arbeitssicherheit. Wie Reinhold Boiger, Baustellenchef des Arge-Partners Implenla, festhält, konnten dank dem Know-how der eingesetzten Mannschaften und der hohen Baustellendisziplin schwere Unfälle verhindert werden. Für die Ausführung des Tunnelbauloses war ursprünglich eine Werkvertragssumme von 26,8 Mio. Franken mit dem Arge-Partner Implenla vereinbart.



Anspruchsvoller Trasseebau im Steilhang

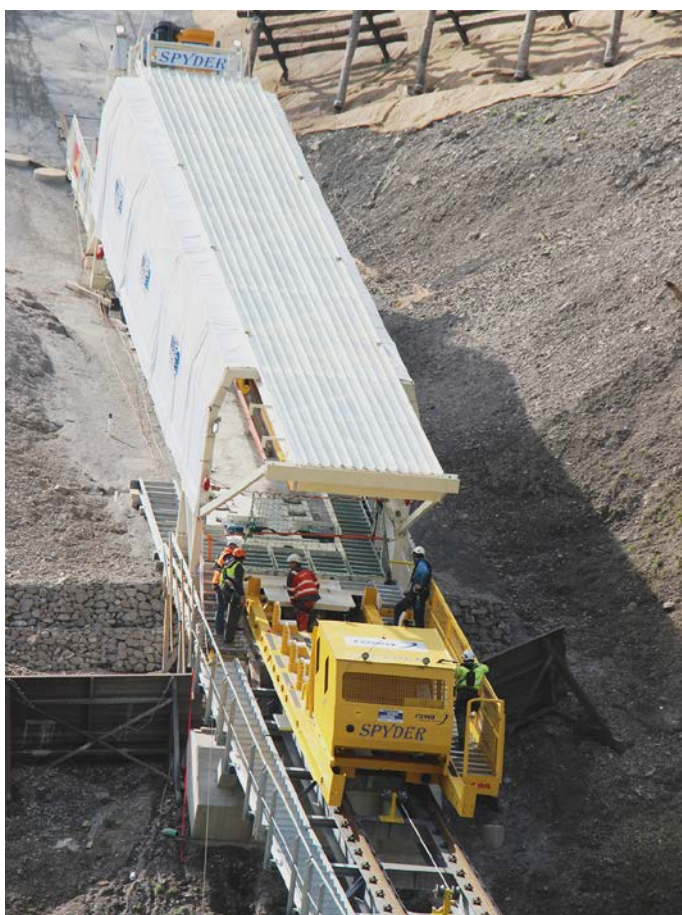
Nachdem die drei Tunnels fertiggestellt waren, konzentrieren sich die Arbeiten auf den Bau des Trassees. Nach der Talstation und der Muotabücke folgt der Übergang in den Steilhang, wo Betonfahrbahnelemente versetzt worden sind. Auf der offenen Strecke und in den Tunnels liegen die Schienen auf einer festen Fahrbahn aus vorfabrizierten Betonelementen, welche im Untergrund und Unterbau kraftschlüssig verbunden sind. Ab Oktober 2016 sind die äusserst schwierigen Arbeiten an dem

bis zu 48 Grad geneigten Trasse abgewickelt worden. Für die Baumeisterarbeiten und den Montagebau der Betonelemente war im Rahmen des Loses 5 Trasse und Tunnelbau die Bauunternehmung Vetsch AG Klosters als Arge-Partnerin der Implenla Schweiz AG verantwortlich. Dabei waren zuerst Schutzdämme und Felsicherungen, ferner Nagelwände in bewehrtem Spritzbeton, Dammbauten und Stützkonstruktionen sowie Steinschlagschutzverbau auszuführen. Für die Hangsicherung wurde ein Verfahren mit Holzwole, das in den USA stark verbreitet ist, angewendet.

■ Oben: Für den obersten der drei Tunnels – den 235 m langen Stoosfluchtunnel – ist eine schienenbasierte Vortriebseinheit von 28 m Länge zum Einsatz gekommen. Das mit einer Windenbahn verfahrbare Bohrgerät besteht aus Bohrrarm, Rollover mit Schwenkwerk und hydraulischer Bohrlafette.

■ Unten links: Für den Trasseebau nach der Muotabücke wurde eine neuentwickelte Montageeinrichtung eingesetzt. Das 60 t schwere Gerät besteht aus einem Transportwagen und einer eingehausten, verschiebbaren Versetzeinrichtung.

■ Unten rechts: In einem Durchgang sind die 222 vorfabrizierten Betonfahrbahnelemente von 5,6 m Länge und einem Gewicht von 6 t maschinell von unten nach oben versetzt und gleichzeitig Schienen, Seilrollen und Dienststeg verlegt worden.



Anschliessend sind die vorgefertigten Betonelemente für den Gleiseinbau versetzt und verankert worden.

Neuartiges Versetzgerät im Einsatz

Nach der eingetretenen Rohbauverzögerung erfolgte als weitere Beschleunigungsmassnahme der Trasseebau mittels einer neuentwickelten Montageeinrichtung. Diese Spezialmaschine besteht aus einem Transportwagen und einer eingehausten, verschiebbaren Versetzeinrichtung. Sie hat ein Gewicht von 60 t und wurde von der Rowa Tunneling AG entwickelt. Wie von der Arge Implenja/Vetsch vorgeschlagen, konnten mit dieser neuartigen Technologie die vorgefertigten Elemente der Betonfahrbahn von 5,6 m Länge und 6 t Gewicht maschinell von unten nach oben versetzt werden. Auf die Betonelemente, auf welche die Seilrollen der Bahn bereits vormontiert waren, sind mit derselben Einrichtung die Schienenabschnitte und der Wartungssteg verlegt und verschweisst worden. Für den Umschlag der Betonelemente sowie der Schienen- und

Stahlbauteile stand bei der Talstation ein Turmdrehkran im Einsatz. Nach Angaben des Bauherrn und der Arge konnten mit dieser Versetzeinrichtung die Arbeiten optimiert und gegenüber dem ursprünglichen Konzept beschleunigt abgewickelt und bis Mitte September abgeschlossen werden.

Schlüsselstelle Ausweiche

Vor dem talseitigen Portal des obersten Tunnels ist die Ausweichstelle auf einer Schüttung (Erdbankett) angeordnet. Im Gegensatz zum restlichen Trasseebau, bei dem vorgefertigte Betonelemente verlegt wurden, mussten bei der Ausweiche verschiedene Teile vor Ort im Steilhang betoniert werden. Dies hat den Bau noch komplexer gemacht als die Arbeit im 110 % steilen Gelände im untersten Tunnel. Daher spricht Marcel Jecklin, Bauführer der Firma Vetsch-Klosters, von einem Meilenstein. Trotzdem konnte der ehrgeizige Zeitplan des Trasseebaus dank einer ausserordentlichen Leistung der Vetsch-Mitarbeiter pünktlich im vergangenen Sommer zum Abschluss gebracht werden. ■

Baufakten

| | |
|--|-----------------------|
| Betriebslänge (schräge Länge) | 1740 m |
| Höhendifferenz | 743 m |
| Horizontale Abwicklung | 1497 m |
| davon auf Brücken | 261 m |
| in Tunnels | 580 m |
| Tunnel 1 Zingeliflugh Raisedrill-Bohrung | 151 m |
| Tunnel 2 Ober Zingeli | 114 m |
| Tunnel 3 Stoosfluh bergmännisch | 235 m |
| Maximale Neigung | 110 % / 48 Grad |
| Spurweite | 1500 mm |
| Fahrzeuge/Plätze | 2/136 |
| Abmessungen L/B/H | 22,4/3,0/4,6 m |
| Leergewicht | 27 t |
| Beförderungskapazität | 1500 Pers/h |
| Leistung Antriebsmotor | 2 x 1546 PS / 1150 kW |
| Durchmesser Zugseil/Gegenseil | 54/30 mm |
| Bruchlast Zugseil | 2099 kN |
| Fahrgeschwindigkeit max. | 10 m/s |

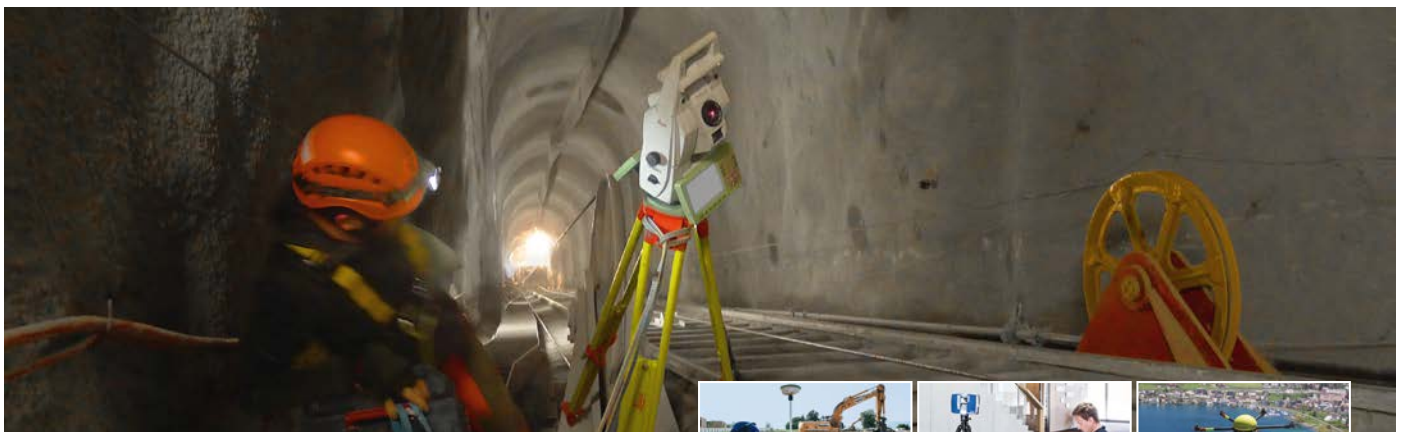
Am Bau Beteiligte

Bauherr: Standseilbahn Schwyz-Stoos AG
Seilbahnprojekt/Bahntechnik: Garaventa AG
Architektur Stationen: BSS Architekten AG
Bauingenieur/Oberbauleitung: CES Bauingenieure AG
Tunnelbauingenieur: Amberg Engineering AG
Vermessung: Terradata AG
Naturgefahren: Geotest AG
Trasse- und Tunnelbau: Arge Implenja/Vetsch
Baumeister Stationen: Bolfling AG
Baugruben Stationen: Schelbert AG

Brücken in Stahlkonstruktion:

Ingenieure: Slongo Röhlin Partner AG
Stahlbau Tragsystem: H. Wetter AG
Fahrzeughersteller: CWA Constructions SA
Steuerung: Sisag AG
Seillieferant: Fatzer AG
Transport- und Montagewagen: Rowa Tunneling AG

«222 vorgefertigte Betonelemente von je 5,6 m Länge bilden das Fahrbahntrasseebau»



WIR MESSEN ÜBERALL

ZUVERLÄSSIG, PRÄZISE, FLEXIBEL

TERRADATA AG
 Grundstrasse 10
 6343 Rotkreuz

www.terradata.ch
 041 790 00 90