



## Wasserbehandlungsanlage Erstfeld

Martin Bühler, Matthias Ensinger und Raphael Wick, Gähler und Partner AG

### Überblick / Zentrale Elemente

Die Wasserbehandlungsanlage in Erstfeld besteht hauptsächlich aus drei Elementen (Abbildung 1): dem Rohrkeller Nord mit den dazugehörigen Einlaufbecken, dem Rohrkeller Süd mit dem angegliederten Pufferbecken sowie dem Vereinigungs- und Trennbauwerk und den beiden Rückhaltebecken. Im Vereinigungs- und Trennbauwerk erfolgt die Zusammenführung des sauberen Bergwassers mit dem im Normalfall ebenfalls sauberen Betriebswasser. Im Unterhalts- oder Havariefall wird verschmutztes Wasser separat in den zwischen den beiden Gebäuden liegenden Rückhaltebecken resp. dem Pufferbecken gefasst und gesetzeskonform entsorgt.

### Wassermengen, -temperatur und -chemismus

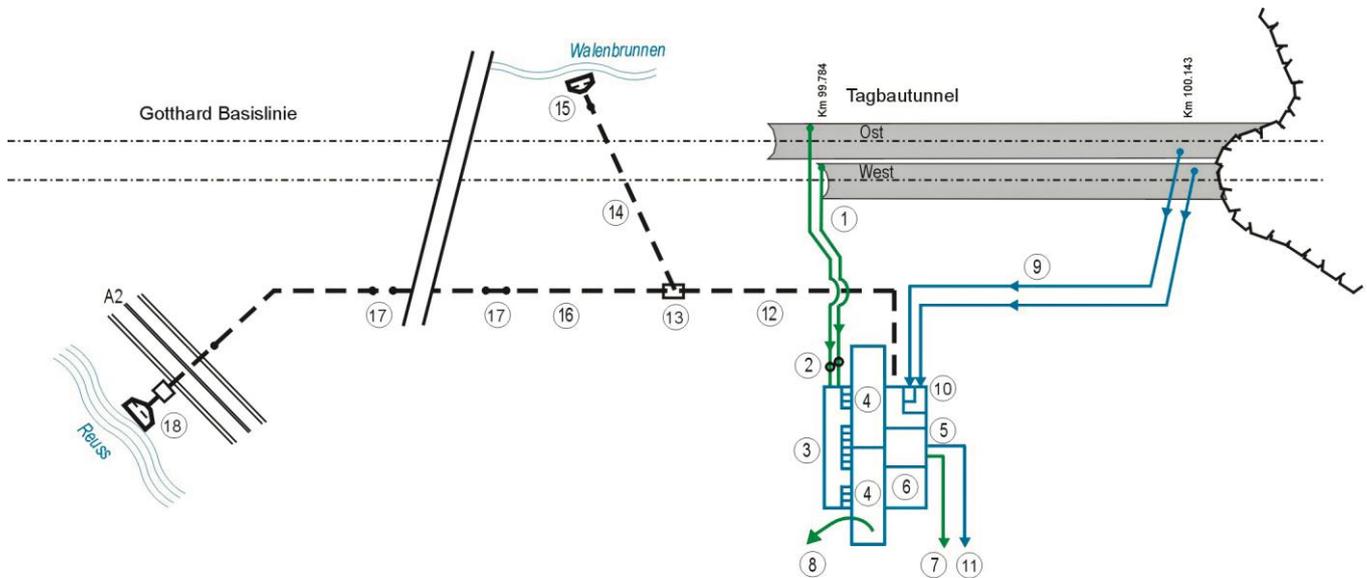
Das in Erstfeld zu behandelnde Bergwasser stammt zu über 90% aus dem Teilabschnitt (TA) Erstfeld. Die folgenden Angaben beschränken sich deshalb auf die

Bergwasserzutritte in diesem Teilabschnitt. Detailliertere Angaben zum Bergwasseranfall können dem Buchbeitrag VIII 1 «Ausserordentlicher Wasseranfall im Teilabschnitt Erstfeld» entnommen werden.

Die Wassermenge ist stark schwankend und weist eine ausgeprägte Jahresganglinie auf. Mit der Schneeschmelze im Juni steigt die Wassermenge sehr rasch auf rund 450 l/s an (Maximalwert gemessen 463 l/s). Im Herbst und Winter gehen die Mengen kontinuierlich zurück und erreichen im Februar/März Tiefstwerte von 150 l/s bis 200 l/s. Die Wassertemperaturen liegen bei  $(13.5 \pm 0.7)^\circ\text{C}$  für die Oströhre bzw.  $(11.9 \pm 0.8)^\circ\text{C}$  für die Weströhre. Der Temperaturunterschied ist auf die unterschiedlich starke Beeinflussung durch das Oberflächenwasser zurückzuführen. Der Härtegrad des Bergwassers ist je nach Zone sehr weich bis mittelhart ( $< 1 -$

23.1°fH), der Sulfatgehalt liegt mit  $\leq 158$  mg/l im nicht betonaggressiven Bereich, der Chloridgehalt ist

in der Regel.  $< 1$  mg/l und gegen Ende der Vortriebsstrecke (Km 106.760 – 106.875) ist er leicht erhöht (100 mg/l – 150 mg/l).



**Abbildung 1:** Schema Wasserbehandlungsanlage und Ableitungen

*Tunnelwasserableitung:* (1) Tunnelwasserleitungen PE 400/12.3, (2) Koaleszensabscheider, (3) Rohrkeller Nord inkl. Einlaufbecken, (4) Rückhaltebecken 2 x 500 m<sup>3</sup>, (5) Rohrkeller Süd, (6) Pufferbecken 250 m<sup>2</sup>, (7) Tunnelwasserleitung zur ARA, Guss 170/6, (8) Abpumpen falls Tunnelwasser nicht der ARA zugeführt werden darf

*Bergwasserableitung:* (9) Bergwasserleitungen PE 630/19.3 bzw. Guss 738/10.8, (10) Vereinigungs- und Trennbauwerk, (11) Bergwasserleitung zur ARA Guss 429/8.1, (12) Bergwasserleitung zu den Vorflutern Reuss und Walenbrunnen Guss 945/12.6, (13) verzweigungsbauwerk KS 23, (14) Bergwasserleitung zum Walenbrunnen Guss 635/9.9, (15) Auslaufbauwerk Walenbrunnen, (16) Bergwasserleitung zur Reuss SBR 700, (17) Düker PE 500/15.3, (18) Auslaufbauwerk Reuss

### Entwässerungskonzept

Das **Bergwasser** aus dem Tunnel wird über ein Vereinigungs- und Trennbauwerk in den Fluss Reuss abgeleitet. Aufgrund der Kapazität der Leitung in die Reuss wurde nach der Unterführung Rynächt eine Abzweigung in den Walenbrunnen erstellt. Diese Leitung kann in den Monaten Mai bis Oktober bei hohem Bergwasseranfall in Betrieb genommen werden. Im Winterhalbjahr erfolgt zum Schutz der Fauna keine Einleitung in den Walenbrunnen. Falls diese beiden Ableitungen nicht genügend Kapazität aufweisen, kann ab dem Vereinigungs- und Trennbauwerk mittels Pumpen die restliche Wassermenge in den Druckturm der Abwasserreinigungs-

anlage (ARA) Erstfeld und von dort in die Reuss gefördert werden. Die Fördermengen der Druckleitung zur ARA sind so bemessen, dass bei geringem Bergwasseranfall (Winterhalbjahr) die Ableitungen in die Reuss und in den Walenbrunnen für Revisions- und Unterhaltszwecke ausser Betrieb genommen werden können.

Folgende Wassermengen sind den verschiedenen Einleitstellen zugeordnet:

- Einleitung in die Reuss: max. 420 l/s
- Einleitung in den Walenbrunnen: max. 90 l/s, in den Monaten Mai bis Oktober
- Einleitung über den Druckturm der ARA: max. 300 l/s

Beim **Betriebswasser** handelt es sich um potenziell verschmutztes Wasser. Die Wassermenge und -zusammensetzung am Portal Erstfeld kann mit drei Hauptszenarien charakterisiert werden:

- Normalbetrieb: Das in der Schmutzwasserleitung anfallende unverschmutzte Wasser stammt aus einem Reservoir im Schachtkopf Sedrun, aus dem im Kulminationspunkt ein Stetslauf von 5 l/s und Röhre zudosiert wird. Dazu kommt sauberes Bergwasser aus den Nebenbauwerken des GBT, das über Koaleszenzabscheider in die Schmutzwasserleitung eingeleitet wird. Die Wassermenge beim Portal beträgt ca. 9 l/s in der Oströhre und 13 l/s in der Weströhre.
- Erhaltungsbetrieb: Das am Portal anfallende Wasser setzt sich aus dem Stetslauf sowie Waschwasser zusammen. Die Wassermenge wird im Gegensatz zu einer Havarie oder einem Unfall nur leicht erhöht, aber es liegt eine relevante Verschmutzung (Reinigungsmittel, Spülwasser, Feinanteile usw.) vor.
- Ereignisbetrieb: Infolge Havarie oder Unfall in einer Tunnelröhre können grosse Mengen an Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung am Portal Erstfeld anfallen. Als Maximalwert für den Wasseranfall am Portal wurde die hydraulische Kapazität der Schmutzwasserleitung angenommen, das heisst circa 60 l/s. Dazu fallen noch maximal 13 l/s sauberes Wasser aus der anderen Tunnelröhre an. Dieses kann im Falle einer Havarie dem Vorfluter auch direkt zugeführt werden.

Die **Interventionszeiten** wurden mit 8 h für die Oströhre respektive 10 h für die Weströhre angenommen. Bei der Bemessung der Beckengrössen wurden die Ereignisse Havarie/Freisetzungsmenge inkl. Löschmassnahmen sowie Wasseranfall durch den Stetslauf innerhalb der Interventionszeit aufsummiert. Aus diesen Vorgaben resultierte ein erforderliches Rückhaltevolumen von 725 m<sup>3</sup>.

**Einleitbedingungen Vorfluter:** Neben der erforderlichen Qualität des Wassers bei der Einleitung ist vor allem die

Einhaltung der Anforderungen an die Temperatur massgebend. Hierfür spielen die Verhältnisse am Einleitungs-ort eine bedeutende Rolle. Gemäss Gewässerschutzverordnung darf nach Einleitung in den Vorfluter die maximale Temperatur 25.0°C und die maximale Erwärmung 1.5°C (massgebende Werte für Gewässerabschnitte mit Forellen) betragen. Die maximal zulässige Temperatur des einzuleitenden Wassers beträgt 30.0°C.

Massgebend bei der Einleitung in die Reuss ist das Winterhalbjahr, in dem die minimale Wasserführung 3.5 m<sup>3</sup>/s bis 4.0 m<sup>3</sup>/s und die minimale Temperatur ca. 3.5°C betragen.

Gemäss dem Amt für Umwelt des Kantons Uri gelten für den Walenbrunnen verschärfte Einleitbedingungen bezüglich der Wassertemperatur. So darf die maximale Temperatur des Vorfluters nach Einleitung lediglich 13.0°C betragen. Aufgrund der deutlich geringeren Wassermengen im Winter und einer möglichen Gefährdung laichender Fische im Walenbrunnen darf im Winter (November bis April) kein Bergwasser in den Walenbrunnen eingeleitet werden.

#### **Kurzbeschreibung Wasserbehandlung**

Das **Betriebswasser** wird im Portalbereich seitlich weggeführt. Die Leitungen führen zu jeweils einem der eigentlichen Wasserbehandlungsanlage vorgeschalteten Koaleszenzabscheider. Jedem Koaleszenzabscheider ist ein Überlauf- und Vereinigungsschacht zugeordnet. Ausgelegt sind die Koaleszenzabscheider auf eine Normalwassermenge von 13 l/s sowie eine Maximalwassermenge von 20 l/s. Wird im Falle einer Havarie mehr Flüssigkeit zugeleitet, tritt der Überlauf in Kraft, der eine hydraulische Überlastung der Abscheider ausschliesst.

Nach den Koaleszenzabscheidern führen die Schmutzwasserleitungen in den **Rohrkeller Nord**. Dieser weist Abmessungen von rund 36.0 m x 8.0 m x 4.0 m auf. Neben den Zulaufleitungen mit den Qualitätsüberwachungen und Regelklappen beinhaltet der Gebäudeteil

auch vier Einlaufbecken und die erforderlichen Schalt-schränke. Im Gebäude ist eine Krananlage zum Heben der Klappen und Armaturen installiert. Sämtliche Rohr-leitungen sind aus Chromstahl. Um die Elektroinstalla-tionen trocken zu halten und damit auch Korrosion zu verhindern, wurde ein Entfeuchtungsgerät eingebaut.



**Abbildung 2:** Rohr Keller Nord kurz vor Abschluss der Bauarbeiten

Nach erfolgter Überprüfung der Wasserqualität im Rohr Keller Nord (permanente Überwachung der Durchflussmenge sowie eine Überprüfung von Trübung, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit) wird das Wasser über die Einlaufbecken alternierend in die **Rückhaltebecken** eingeleitet. Das offene Doppelbecken wurde bereits für die Wasserbehandlung in der Bauphase erstellt und lediglich auf die Bedürfnisse der Betriebsphase angepasst. Die lichte Breite und Länge der Becken betragen jeweils 9.20 m x 27.95 m. Die mittlere Beckentiefe ab Oberkante Beckenrand liegt bei rund 3.80 m. Das nutzbare Beckenvolumen beträgt insgesamt ca. 2 x 500 m<sup>3</sup>. Um die Dichtigkeit des Beckens zu gewährleisten, wurde ein hoher Bewehrungsgehalt vorgesehen und die Arbeitsfugen wurden mit Injektionskanälen ausgestattet und mit Dichtungsbändern abgedichtet. Der maximale Grundwasserspiegel liegt oberhalb der Beckensohle. Deshalb musste die Auftriebssicherheit für den Fall «Becken leer» statisch nachgewiesen werden. Der Beckenrand steht 30 cm über Gelände. Zur Unfallverhütung wurde um das Becken ein Geländer erstellt.



**Abbildung 3:** Montage der Schieber im Rohr Keller Nord

Da die Becken nach oben nicht abgedeckt sind, kann es auch im Havariefall wegen des Luftaustausches nicht zur Bildung eines explosionsfähigen Gasgemisches oberhalb des Wasserspiegels der Becken kommen. Zusätzlich zu den beiden Becken aus der Bauphase wurde neben dem Rohr Keller Süd noch ein drittes Becken angeordnet. Dieses Pufferbecken weist einen Nutzinhalt von 250 m<sup>3</sup> auf.

Je nach Verschmutzungsgrad des **Betriebswassers** ergeben sich nun drei unterschiedliche Möglichkeiten für den weiteren Weg des Wassers. Falls es sich um stark verschmutztes Wasser handelt, wird dieses mittels Saugwagen abgepumpt und gesetzeskonform entsorgt. Bei Verschmutzungen, welche eine Einleitung in die ARA Erstfeld erlauben, wird das Wasser über die dafür vorgesehenen Pumpleitungen zur ARA geleitet. Sauberes Betriebswasser wird in das Vereinigungs- und Trennbauwerk geleitet und dem Vorfluter zugeführt.

Die **Bergwasserleitungen** (2 x DN 600) zweigen in Erstfeld im Bereich des Rezirkulationsschachtes vom GBT ab und führen über einen Bypass- und Überlaufschacht ebenfalls in das Vereinigungs- und Trennbauwerk. Der Bypass- und Überlaufschacht hat in der Bauphase eine zentrale Rolle gespielt und eine frühzeitige Ableitung des sauberen Bergwassers bereits während des Baus der Wasserbehandlungsanlage ermöglicht. In der Betriebsphase kann er weiterhin bei Revisionen genutzt werden. Das Vereinigungs- und Trennbauwerk dient somit neben der Zusammenführung der beiden Wasserarten Bergwas-

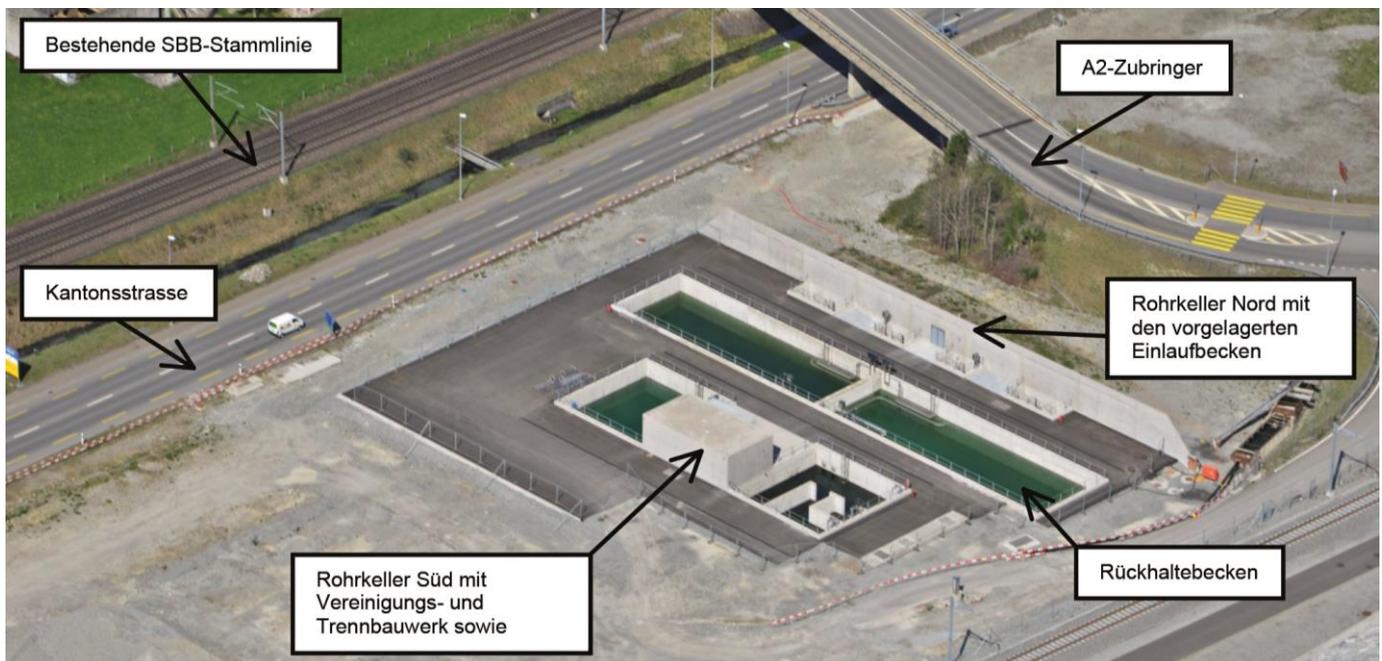
ser und sauberes Betriebswasser auch als Pufferbecken für den Pumpbetrieb zum Druckturm der ARA Erstfeld. Das Puffervolumen für den Pumpbetrieb beträgt rund 200 m<sup>3</sup>. Durch die beiden Einlaufbecken können die Zuläufe getrennt beprobt werden.

Nach dem Vereinigungs- und Trennbauwerk beginnt die Auslaufleitung in die Reuss. Sie verläuft grossteils im neuen Bahndamm. Ab dem Vereinigungs- und Trennbauwerk bis zum Verzweigungsbauwerk ist sie als Gussleitung DN 945/12.6 ausgebildet. Anschliessend beträgt die Nennweite 700 mm und die Leitung wird auf gerader Strecke in Zementrohr und bei den Querungen der Neubaustrecke oder der Autobahn A2 in PE im Stahlschutzrohr ausgeführt. Die Querung der Unterführung (UF) Rynächt erfolgt mittels zweier PE-Leitungen als Düker. Für Unterhaltungszwecke ist am tiefsten Punkt der Dükerleitung ein Entleerungsschacht angeordnet. Bei einer Entleerung läuft das Wasser in einen Pumpensumpf, von wo es mittels Pumpen über eine fest installierte Druckleitung in das Auslaufbauwerk des Dükers eingeleitet wird.

Die Leitung zur Reuss hat eine Länge von knapp 3 km und weist exkl. der Dükerbauwerke ein Gefälle von 1.1‰ bis 4.9‰ auf. Sie mündet in das Auslaufbauwerk Reuss auf Kote 451.67 m ü. M. Damit ist die Auslaufleitung bei Mittelwasserführung der Reuss nicht eingestaut. Bei Hochwasser wird sie eingestaut, im Falle eines hundertjährigen Hochwassers (HW100 = 454.00 m ü. M.) fast auf die ganze Länge. In diesem Fall beträgt der Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel der Auslaufleitung kurz nach dem Vereinigungs- und Trennbauwerk und dem Reusswasserspiegel nur noch rund 4 m. Dieser Druckunterschied reicht nicht aus, um bei einem hohen Bergwasseranfall (max. 550 l/s) sämtliches Wasser in die Reuss ableiten zu können. Daher wurden nach dem Verzweigungsbauwerk eine zusätzliche ca.

50 m lange Gussleitung DN 635/9.9 in den Walenbrunnen und ab dem Vereinigungs- und Trennbauwerk eine ca. 270 m lange Druckleitung (Guss DN 429/8.1) in den Druckturm der ARA vorgesehen. Da bei Hochwasser in der Reuss ein Rückstau in die Bergwasserleitung erfolgt, werden die Kontrollschächte KS 2 bis KS 25 mit dichten Deckeln ausgebildet. Somit kann sich das Bergwasser aufstauen und durch den höheren Druck in der Leitung in die Reuss abgeleitet werden.

Im **Verzweigungsbauwerk** ist je Leitungsstrang eine automatische Klappe angeordnet. In der Ableitung zum Auslaufbauwerk Walenbrunnen ist zusätzlich ein Durchflussmesser installiert. Reicht die Kapazität der Ableitung in die Reuss aus, um alles anfallende Wasser ableiten zu können, bleibt die Leitung zum Walenbrunnen hin geschlossen. Der Abgang zum Walenbrunnen kann in den Monaten Mai bis Oktober je nach Durchfluss geöffnet werden. Es darf eine maximale Wassermenge von 90 l/s in den Walenbrunnen eingeleitet werden. Der Nachweis der Einhaltung der Einleitbedingungen erfolgt über zwei Messstellen im Walenbrunnen. Es ist aufgrund der im Rahmen der Projektierung getroffenen konservativen Annahmen zu erwarten, dass auch Wassermengen, welche grösser als 90 l/s sind, eingeleitet werden können, ohne dass die Einleitbedingungen verletzt werden. Daher wurde die Betriebssteuerung so ausgelegt, dass die Klappenstellung und damit die definierte Durchflussmenge in Richtung Walenbrunnen in Abhängigkeit der Wassertemperaturen im Walenbrunnen bestimmt werden können. Falls die anfallende Wassermenge die Kapazität der beiden Ableitungen in die Reuss und in den Walenbrunnen übersteigt, stehen im Rohrkeller Süd zwei Pumpen zur Förderung in den Druckturm der ARA Erstfeld zur Verfügung.



**Abbildung 4:** Luftaufnahme der Wasserbehandlungsanlage

Das **Auslaufbauwerk** in die Reuss befindet sich ca. 500 m oberhalb der Mündung des Schächenbachs. Die ca. 200 m unterhalb des Auslaufbauwerks gelegene Kurve der Reuss unterstützt mit der dadurch erzeugten Querströmung zusätzlich zur Einmündung des Schächenbachs eine rasche Durchmischung des Bergwassers mit dem Reusswasser. Das Auslaufbauwerk ist in die Dammböschung des bestehenden Reussufers integriert. Es weist die Dimensionen von ca. 4 m x 5 m x 2.75 m (L x B x H) auf. Als Kolkschutz bei Hochwasser ist einerseits ein Betonriegel am Ende des Auslaufs vorgesehen, andererseits ein

Blocksatz rund um das Bauwerk, der zusätzlich mit Weidenstecklingen teilweise begrünt ist.

Das Auslaufbauwerk in den Walenbrunnen befindet sich rund 100 m nördlich der UF Rynächt. Die Konstruktion erfolgte mittels eines Blocksatzes. Die seitlichen Böschungen sind mit Weidenstecklingen bepflanzt. Die Einleitung des Bergwassers erfolgt knapp über der Bachsohle. Für die bessere Durchmischung ist der Blocksatz mit punktuell hochstehenden Einzelblöcken versehen.

## Referenzen

- [1] Gotthard-Basistunnel, Bauprojekt Entwässerung, 2012, IG Gotthard-Basistunnel Nord / IG Gotthard-Basistunnel Nord / IUB Ingenieur-Unternehmung AG (nicht veröffentlicht)
- [2] Gotthard-Basistunnel TA Erstfeld, Schlussbericht der örtlichen Bauleitung, 2013, IG Gotthard-Basistunnel Nord (nicht veröffentlicht)

## Impressum

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

www.satw.ch

Juli 2016

Dieser Artikel entstand für die SATW Rubrik „Im Fokus“ zum Thema Gottardo 2016.

Gestaltung: Claudia Schärer

Bilder: IG GBT Nord und A. Wildbolz, ATG