



„Der Gotthard-Eisenbahntunnel aus Sicht der Betontechnologie“

Jürg Schlumpf

Am 15. Oktober 2010 war es so weit: Der weltweit längste Tunnel wurde Realität. Vor zahlreichen Gästen fand der Hauptdurchschlag am Gotthard statt. Es war ein verkehrspolitischer Meilenstein für die Schweiz und Europa. Während der eigentliche Eisenbahntunnel 57 Kilometer lang ist, umfasst das gesamte Tunnelsystem 135.5 Kilometer. Ab Ende 2017 werden die Züge mit einer Geschwindigkeit von bis zu 250 Kilometer pro Stunde durch die neue Röhre fahren und damit die Reisezeit zwischen Zürich und Mailand um fast eine Stunde verkürzen. Sika arbeitet an diesem hochkomplexen Bauwerk seit Beginn mit und ist an der Realisierung sämtlicher fünf Baulose beteiligt. Das Unternehmen leistet somit einen wesentlichen Beitrag dazu, dass der NEAT-Basistunnel (**N**eue **E**uropäische **A**lpen **T**ransversale) wasserdicht ist und damit dauerhaft bleibt.



Abbildung 1: Betonanlage am Südportal des Gotthard-Basistunnels in Bodio (Tessin)

Der Ausbau des Tunnels zwischen Erstfeld und Bodio ist mit einem Gesamtvolumen von CHF 200 Mio. einer der grössten Einzelaufträge für Sika in den vergangenen hundert Jahren. Gleichzeitig kehrte das Unternehmen mit diesem Projekt im Jubiläumsjahr 2010 zu seinen Wurzeln zurück: 1910 hatte Firmengründer Kaspar Winkler mit Sika-1, einem Mittel, das Mörtel und Beton wasserdicht macht, sein erstes Produkt auf den Markt gebracht. Acht Jahre später schafften der Erfinder und sein junges Unternehmen bei der Elektrifizierung des Gotthardtunnels den Durchbruch. Kaspar Winkler erhielt den Auftrag, mit seinem Produkt den Eisenbahntunnel

durch den Gotthard vor Wassereintritt zu schützen. Dabei mussten die Fugen des bestehenden Bruchsteinmauerwerkes für die bevorstehende Elektrifizierung der Bahn wasserdicht abgedichtet werden. Auch der Bau des neuen Basistunnels ist geprägt durch hohe Anforderungen an die Dichtheit und Dauerhaftigkeit. Sika ist seit den ersten Tests im Jahr 1994 an der Entwicklung beteiligt. Die Ingenieure erprobten in einem aufwendigen Präqualifikationsverfahren die verschiedenen Rezepturen des Betons, des Spritzbetons und der Abdichtungslösungen. Dabei mussten die hohen Temperaturen von bis zu 45 Grad Celsius und die enorme Feuchtigkeit im Tunnel berücksichtigt werden. Es galt, unter bis zu 2 000 Metern Fels ein Betonsystem zu entwickeln, das den Anforderungen sowohl des Bauherrn als auch des Verarbeiters genügt. Wichtig war unter anderem, den Spritzbeton über mehrere Stunden und weite Strecken pumpbar zu halten. Vor Ort eingebracht, musste der Beton dann rasch erhärten.

Um diese Anforderungen zu erreichen, ist es von grösster Bedeutung, den bezüglich Volumenanteils bedeutendsten Bestandteil des Betons, die Zuschlagstoffe (Sand und Kies) unter Kontrolle zu halten. Es ist eine Vorgabe des Bauherrn AlpTransit, dass nur Zuschläge aus dem Ausbruch des Tunnels zur Herstellung der Betone verwendet werden dürfen. Dazu muss das gesamte Ausbruchmaterial, ob aus dem Sprengvortrieb oder dem

TBM-Vortrieb (TBM = TunnelBohrMaschine) zuerst gesichtet und in Qualitätsgruppen eingeteilt werden. Danach werden Kornfraktionen gebildet, aus denen die Betonrezepturen für die verschiedensten Anforderungen bei der Betonproduktion neu zusammengestellt werden. In einzelnen Losen haben sich dabei grosse Herausforderungen mit volumenmässig hohen Anteilen an Glimmer ergeben, die für die dauerhafte Betonqualität nachteilig sind. Mittels aufwändiger Verfahren wurde diese Komponente bereits bei der Aufbereitung aus dem Sand getrennt. Im Bild dargestellt handelt es sich beim Glimmer um die dünnen, schichtartigen Plättchen.

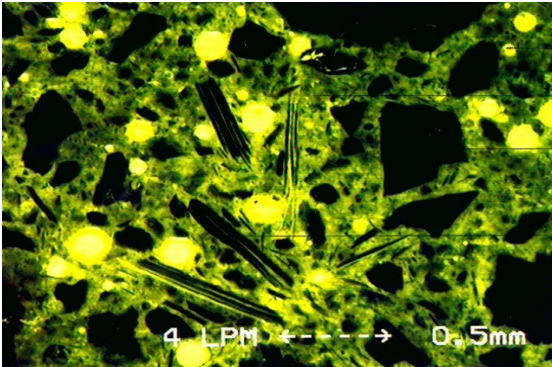


Abbildung 2: Dünnschliffanalyse LPM AG Beinwil, Labor für Prüfung & Materialtechnologie

Zur Verarbeitung der Betone werden verschiedene Beton- und Spritzbeton-Zusatzmittel eingesetzt: Fließmittel, Erstarrungsbeschleuniger, Langzeitverzögerer, Verarbeitungshilfen, Luftporenbildner und Mischungsstabilisatoren, welche alle chemisch und/oder physikalisch auf die Feinanteile im Beton wirken. Alle diese Additive geben dem Beton, dem wichtigsten Werkstoff eines Tunnelprojektes, die gewünschte Flexibilität und Beständigkeit. Die zu erfüllenden Hauptanforderungen sind dabei:

- Zuverlässige mechanische Eigenschaften (Druckfestigkeit, E-Modul, Schwinden)
- Lange und kontrollierte Verarbeitungszeiten (hohe Temperaturen und lange Transportwege)
- Hohe Frühfestigkeitsentwicklung (kurze Ausschalzeiten)
- Kontrolliertes Schwindverhalten
- Erhöhte Sulfatbeständigkeit
- Hohe Wasserundurchlässigkeit
- Hoher Widerstand gegen Alkali-Aggregat-Reaktion

Um den mannigfaltigen, zum Teil widersprüchlichen Anforderungen Rechnung zu tragen, werden der Betonrezeptur neben der Wahl des geeigneten Bindemitteltyps und der vorsichtigen Wahl der Komponenten und Siebkurven Kombinationen von Betonzusatzmitteln und –stoffen zur Steuerung all dieser Anforderungen zugegeben. Es gilt dabei komplizierten Wechselwirkungen der fünf im Beton eingesetzten Komponenten Rechnung zu tragen. Folgende Grafik zeigt schematisch die Wirkungsweise unterschiedlicher Zusatzmittelarten.

Auch an die Abdichtungsmembranen (Folien) und deren Verarbeitung vor Ort werden höchste Anforderungen gestellt. Die Membranen in den Abdichtungssystemen müssen das Eindringen von Wasser verhindern und das Bauwerk vor chemisch und biologisch aggressiven Stoffen schützen, die im Grundwasser und im Erdreich vorkommen. Insgesamt wurden für den Bau des Gotthard-Basistunnels mehr als drei Millionen Quadratmeter Abdichtungsmembranen verlegt. Sämtliche Tests haben ergeben, dass die Lösungen der Ingenieure für den Gotthard-Basistunnel den hohen Anforderungen entsprechen. Der Gotthard-Basistunnel wird so ab 2017 für die nächsten 100 Jahre den Güter- und Personentransport zwischen Nord und Süd erheblich beschleunigen und vereinfachen.

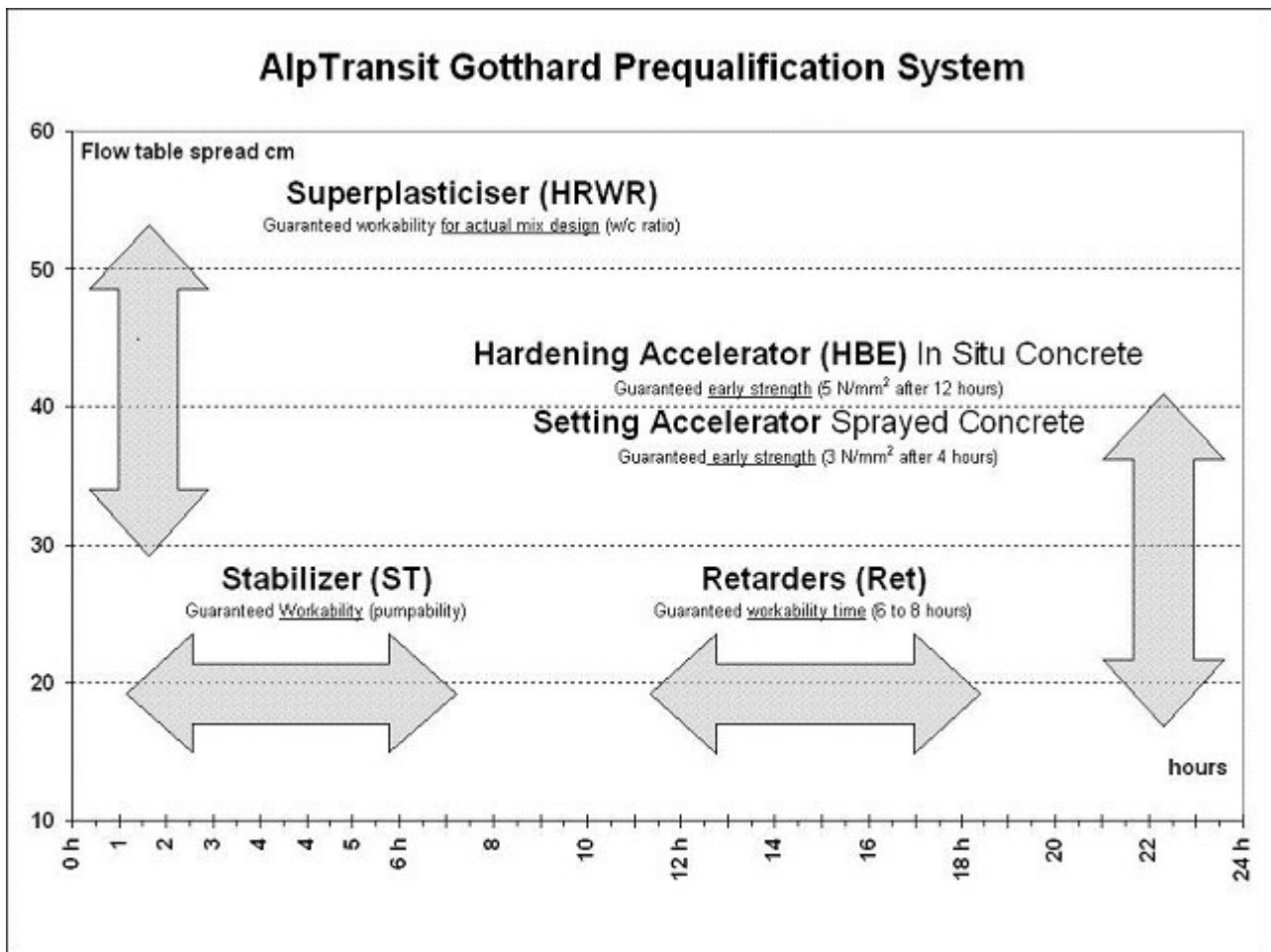


Abbildung 3: Matrix der Wirkungsweise verschiedener Betonzusatzmittelarten

Kontakt:		Schlauer Fuchs
	<p>Jürg Schlumpf Head Concrete Technology Sika Services AG Corporate Business Unit Concrete CH-8048 Zürich E-Mail: schlumpf.juerg@ch.sika.com</p>	<p>Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:</p> <p>Welche Additive geben dem Beton die für den Tunnelbau gewünschte Flexibilität und Beständigkeit?</p>
	<p>http://www.sika.com/</p>	