



# Südfahrt Küssnacht

Betonkolloquium  
23. und 25. Mai 2018

Spritzbeton im Untertagebau

Heiko Wirth  
Baustellenchef Untertag, ARGE Küssnacht Süd

## Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle

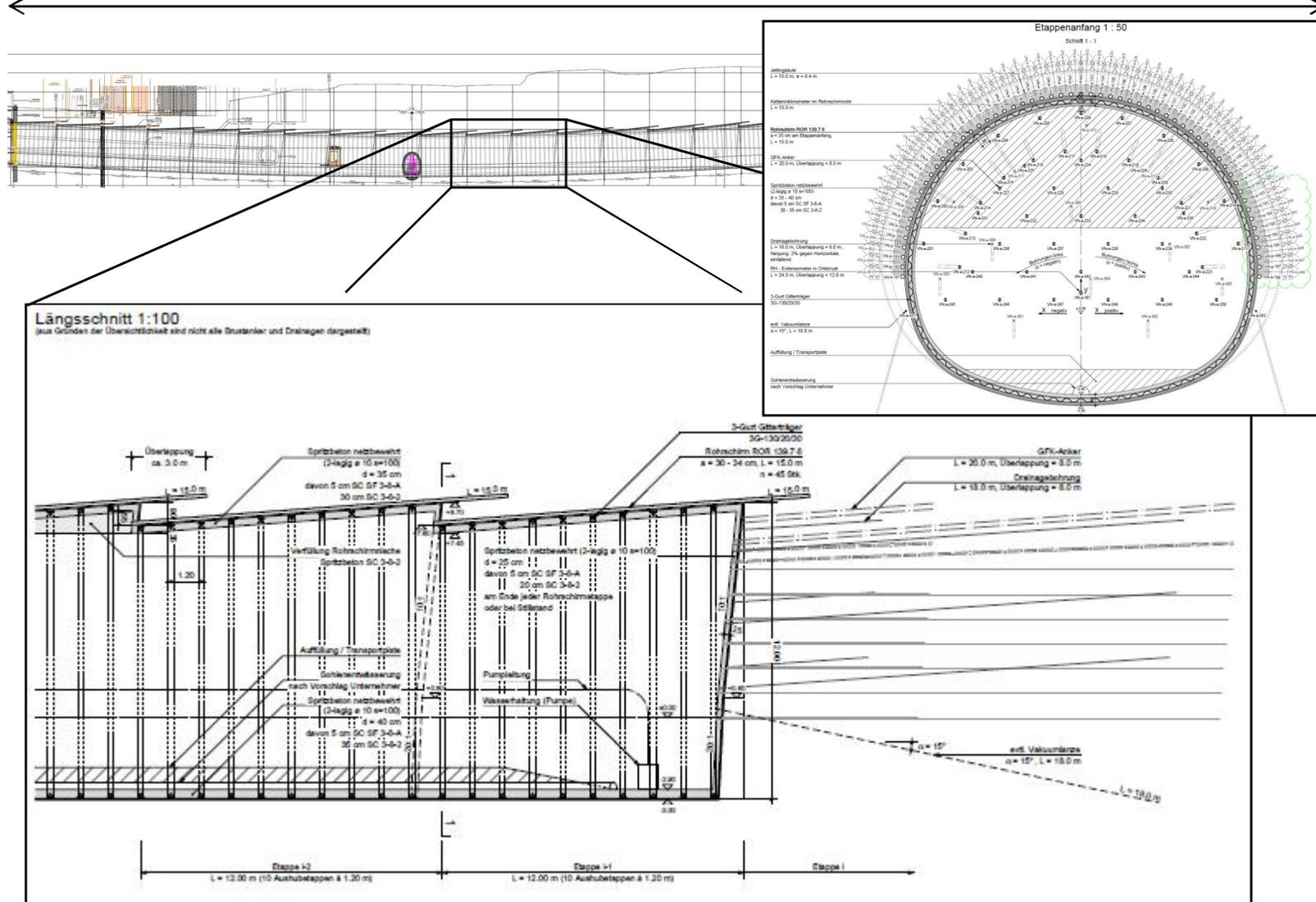
## Spritzbeton

Im Untertagebau aus Sicht des Unternehmers  
Projekt Südumfahrung Küssnacht

# Vortriebsablauf



Bergmännischer Tunnel L = 340.25 m – 29 Etappen je 12 m



Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle

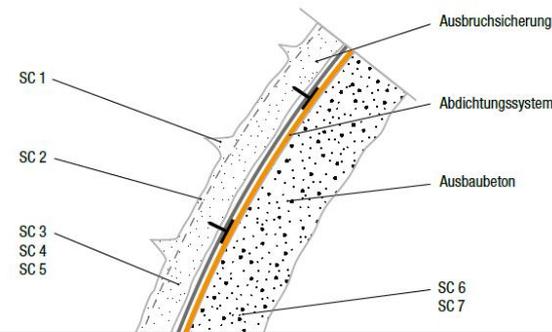


# Anforderungen



Spritzbeton Klasse SC	Druckfestigkeitsklasse	Expositionsklasse	Empfohlene Anwendungsbereiche
SC 1	C16/20	X0	Füllen von Rissen und Hohlräumen
SC 2	C25/30	X0	Sofortige Unterstützung
SC 3	C25/30	XA1, XD1	Weitere Schichten des temporären Auftrags, bzw. erste Schicht, wenn keine besonderen Anforderungen gestellt sind
SC 4	C30/37	XA1, XD1	Temporäre Unterstützung für Einzelschalenausbau, verstärkt
SC 5	C30/37	XA2, XD1	
SC 6	C30/37	XA1, XD1, XC3, XF3	Ausbau für Einzelschalenausbau, verstärkt oder unverstärkt
SC 7	C35/45	XA1, XD3, XC3, XF4	

Tabelle 5-1: Enddruckfestigkeiten gemäss SN 531 198 (Schweiz)



## Anforderungen im Tunnelbau:

- Haftbrücke zum anstehendem Gebirge
- Gebirgsversiegelung
- (Auffüllen von Klüften)
- schnelle Frühfestigkeitsentwicklung
- Übernahme von (temporär) tragenden Aufgaben
- Profilgenaues Auftragen, gleichmäßige Schichtstärke, ebene Oberfläche -> Untergrund für Abdichtungsbahn

## Nebeneffekte:

- Frühzeitiges Anzeigen von Verformungen (durch Rissbildung)
- Anzeige von hydrologischen Veränderungen (Wasserzutritte)

Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle



## Wichtigste Anforderungen für den Unternehmer:

- Schnelle Gebirgsversiegelung, gute Haftung
- Zügige Frühfestigkeitsentwicklung
- Rechtzeitige Übernahme von tragenden Aufgaben
- à hohe Vortriebsgeschwindigkeit
- Geringer Rückprall
- à sparsamer Verbrauch, Wirtschaftlichkeit

## Weitere Parameter (für Planer):

- Endfestigkeit,
- Spritzbetonstärke,
- Widerstand gegen chem. Angriffe
- Stahlfasergehalt

Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle

## Wie wird das erreicht?

- Einsatz von Beschleunigern (BE-Mittel)

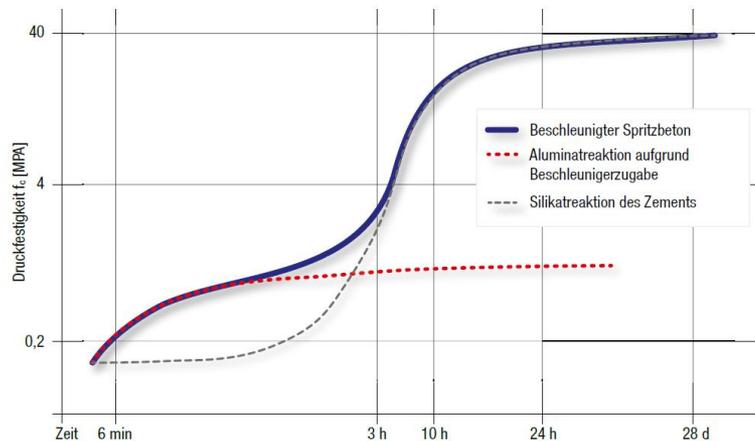


Bild 4-4: Interaktion der Aluminat- und Silikatreaktion

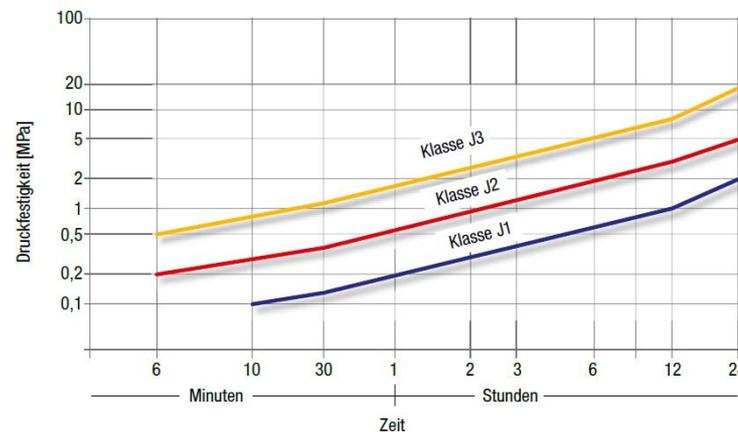


Bild 8-17: Frühfestigkeitsklassen Spritzbeton gemäss EN 14487-1



## 1 m<sup>3</sup> Nassspritzbeton:

### Zement CEM I

(hier Holcim Optimo 4 CEM II/B-M (T-LL) 42.5 N)

400 kg – 130 ltr.



### Gesteinskörnungen 0-8 mm

(optimal nach an Sieblinie EN12620 unten)

1700 kg – 635 ltr.



### Beschleuniger

(alkalifrei,  
ca. 7% zu  
Zement-  
masse)  
28 kg – 19 ltr.



### Wasser (w/z 0.48)

192 kg – 192 ltr.



Verflüssiger 4 kg - 4 ltr.

Luft 0 kg – ca. 40 ltr.

Verzögerer 1 kg - 1 ltr.

### Optimale Parameter Nassspritzbeton 0-8:

Ausbreitmass: 600 mm  
Temperatur: 20°C (mind. +15°C)  
Luftporengehalt: 4%  
Festigkeitsentwicklung: J2  
Verarbeitungszeit: 2 Std. (ggf. +6 Std.)  
Wasser / Zement: < 0,50

### Mögliche Modifikationen:

Bis 30 kg Stahlfasern: - höhere Energieabsorption  
CEM II statt CEM I: - Kostenreduktion  
Weniger Wasser: - höhere Dichte  
Mehr Feinanteile: - bessere Schmierung, kleinerer Pumpendruck

Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle



## Nassspritzbeton:

Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle



VersuchsStollen Hagerbach AG  
Polstrasse 1  
CH-8893 Flums Hochwiese  
www.hagerbach.ch

Baustoff-Prüflabore in:  
**Flums** Tel +41 81 734 14 00 Fax +41 81 734 14 01  
Aldorf Tel +41 41 872 09 71 Fax +41 41 872 09 70  
Regensdorf Tel +41 44 840 22 61 Fax +41 44 840 22 62  
Basel Tel +41 61 322 25 45 Fax +41 61 322 25 46

Seite 1 von 2

**V-S-H-**

**Frühfestigkeit von Spritzbeton** SN EN 14488-2:2006, Richtlinie Spritzbeton (ÖVBB), 2009

Bericht-Nr. **201613640** Projekt-Nr. 50 F10 296 000

Auftraggeber ARGE Tunnel Burg, Walter Futter, Schürmattweg, 6403 Küssnacht am Rigi (SZ)

Baubjekt **Umfahrung Küssnacht, ARGE Tunnel Burg**

Bauteil Vorversuch TAC3, ohne Fasern, 26.07.2016

Beton gem. SN EN 206-1	Angaben gemäss Auftraggeber		Spritzbeton			
Sorte	Festigkeit	Exposition(en)	Konsistenz	D <sub>max</sub> [mm]	Zusätzliche Anforderung(en)	Chloridklasse
TAC3	C25/30	XA1, XD1	F4			0-16
Zement	CEM II B-M (T-LL) 42.5 N	Rezept	420 kg/m <sup>3</sup>	Optim		

**Spritzdüse**

**Spritzmobil PM 500**  
Elektrisch betriebener  
- Betonpumpe 4-3  
- Kompressor 7bar 0m<sup>3</sup>/min

**Druckluft**  
7 bar

**1 m<sup>3</sup> SpB. TAC3**  
- ohne Stahlfaser

**Betonpumpe**

**optimale Parameter:**  
Ausbreitmass: 600 mm

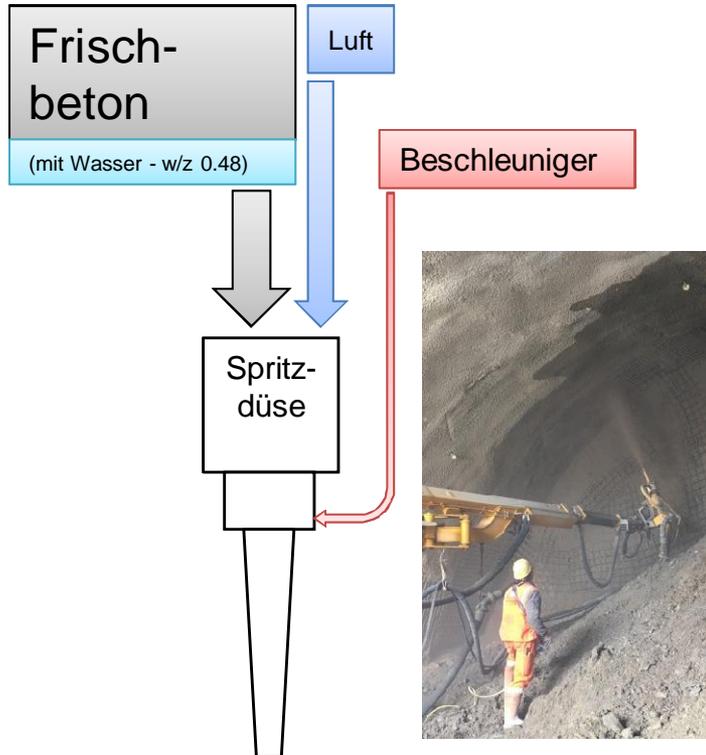
**7 % BE-Mittel** (15°C)  
**Mapeiquick** (+6 Std.)  
**AFK 777 T**  
(von Zementmasse)

**1 m<sup>3</sup> SpB. + 20 ltr. BE = 1.02 m<sup>3</sup>**  
- ca. - 10% Rückprall Gesteinskörnung  
- ca. - 5% Rückprall Zement  
- ca. - 3 % Betonverdichtung  
à 0.84 m<sup>3</sup> appliziert  
à Spritzbetonfaktor 1.18

# Arten von Spritzbeton



## Nassspritzbeton:



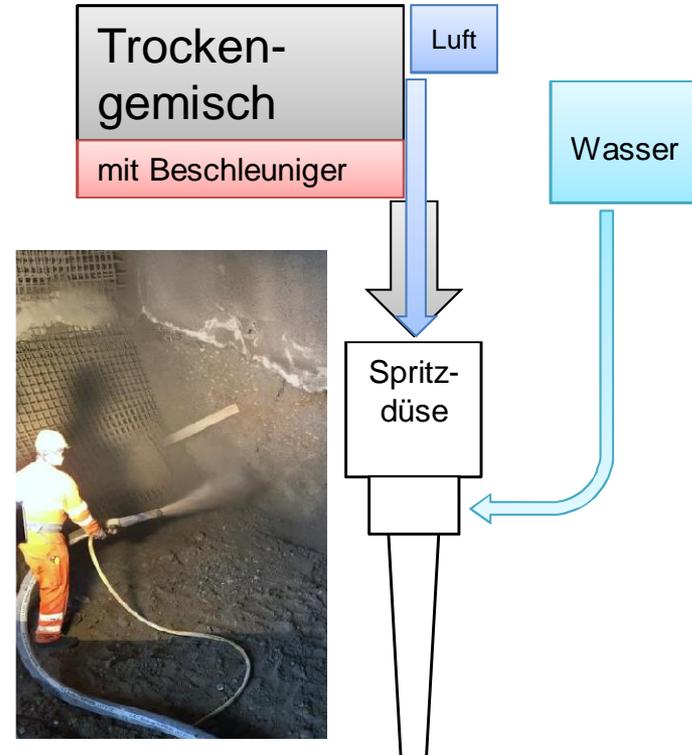
### Vorteile:

- + hohe Leistung 3-25 m<sup>3</sup> / Std.
- + große Reichweite der Maschine (h: bis +16m)
- + geringere Staubentwicklung

### Nachteilig:

- Längere Rüst- / Installationszeiten
- Lieferzeit Beton
- Abhängig von Öffnungszeiten Mischwerk

## Trockenspritzbeton:



### Vorteile:

- + Installationszeit sehr kurz (innert ~3 min. läuft Beton)
- + jederzeit verfügbar,

### Nachteilig:

- Geringere Leistung bis 3-5 m<sup>3</sup> pro Stunde
- Handgeführt, geringe Reichweite
- Höhere Staubentwicklung

Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle

# Anwendung auf Baustelle



Arbeiten mit Spritzbeton:  
Formgebung ohne Schalung

**Noch nicht fertig!**



Allgemein

Vortriebs-  
ablauf

Anforderungen  
an Spritzbeton

Zusammen-  
setzung

Verarbeitung

Arten von  
Spritzbeton

Anwendung  
auf Baustelle



Bezirk  
**Küssnacht**

kantonschwyz



**Herzlichen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit.**



**HEITKAMP**

Construction Swiss GmbH

**ARGE TUNNEL BURG**