

---

# Alkalifreier Spritzbetoneinbau bei der Auffahrung des Tunnels "Alte Burg" Thüringer Wald

---

## ALKALI-FREE SPRAYED CONCRETE IN THE ALTE BURG [OLD CASTLE] TUNNEL

### WOLFGANG LÖBEL, WERNER EISFELD

Bei der Kammquerung des Thüringer Waldes wird auf Grund der Forderungen des Natur- und Landschaftsschutzes die Linienführung der A 71 überwiegend unter Tage realisiert.

Die Kriterien Sicherheit, Gesundheit- und Umweltschutz standen auch beim Bau des Tunnels "Alte Burg" im Vordergrund. Eine tragende Rolle kommt dabei dem Spritzbeton als Felssicherung, wie auch als permanenter Ausbauspritzbeton zu, d. h. Binde- und Zusatzmittel sowie die Verfahrenstechnik des Spritzbetons müssen so gewählt werden, dass eine ökologische Verträglichkeit erreicht wird.

Im Beitrag wird aufgezeigt, wie diesen Vorgaben beim Bau des Start - Tunnels der Thüringer Kammquerung, dem Tunnel "Alte Burg" verwirklicht werden.

*To conserve natural beauty and avoid defacing the landscape, when it crosses the ridge of the Thüringer Wald [Thüringen Forest] the A71 is largely routed underground.*

*The criteria of safety, health and environmental conservation also bulked large in the building of the Alte Burg tunnel. An important part here is played by sprayed concrete as a means of rock support, as also in its role as a permanent lining. That is to say, the binding agents and admixtures, as well as the technological methods chosen for applying the sprayed concrete, must be selected in such a way that environmental sustainability is achieved.*

*In this contribution it will be explained how these tasks were carried out in building the starting tunnel for the crossing of the Thüringen ridge, the Alte Burg tunnel.*

#### 1. Die Kammquerung Thüringer Wald mit der Autobahn A 71

Der Thüringer Wald stellt eine natürliche Barriere sowohl für die Verkehrsverbindungen innerhalb

Thüringens, als auch zwischen Thüringen und Bayern dar. Die Riegelwirkung des Mittelgebirges mit ihren negativen Auswirkungen auf die Standortqualität und auf die weitere wirtschaftliche Entwicklung kann nur mit einer leistungsfähigen Schnell-

straßenverbindung begegnet werden. Diese Verkehrsverbindung wird nunmehr mit dem Bau der Autobahn A 71 realisiert. Sie sichert schnelle Verbindungen zwischen Erfurt und Schweinfurt ab und damit die Erschließung des Südthüringer Raumes. Über die A 70 und A 7 rücken auch Stuttgart und Ulm näher an Thüringen heran und über die A 73 und die A 9 Bamberg und Nürnberg.

Natur- und Umweltschützer waren auf das äußerste sensibilisiert, als es hieß, dass quer durch den Thüringer Wald eine Nord - Süd - Verbindung gebaut werden soll. Es galt also eine Trasse zu finden, die Leistungsfähigkeit und gleichzeitig Umweltverträglichkeit absicherte.

Diesen Forderungen des Natur- und Landschaftsschutzes auf der einen Seite und den Erwartungen der Wirtschaft auf der anderen Seite, wurden in der Weise Rechnung getragen, dass der Kamm des Thüringer Waldes fast vollständig untertunnelt wurde bzw. wird.

Es ergibt sich nunmehr ein Autobahnabschnitt, der auf Grund der dichten Aufeinanderfolge unterschiedlicher Ingenieurbauwerke als der technisch aufwendigste Neubauabschnitt aller Verkehrsprojekte Deutsche - Einheit - Straße gilt. In dem knapp 20 km langen Teilstück zwischen der Anschlussstelle

Geraberg und dem Autobahnstück Suhl liegen drei Großbrücken und vier Untertagebauwerke, mit einer Gesamtlänge von 12,6 km. Im Herzen des Thüringer Waldes werden gegenwärtig mit dem Rennsteigtunnel der längste Straßentunnel Deutschlands und mit der Brücke über die Wilde Gera die größte Bogenbrücke Deutschlands errichtet.

Der kürzeste Tunnel auf der Nordseite des Bergkammes am Beginn der Kammquerung, ist der Tunnel "Alte Burg". Er bildet den Auftakt der "Tunnelkette Thüringer Wald". Auf 874 m unterquert der Tunnel den Höhenrücken "Alte Burg" südlich von Geschwenda und endet vor dem Schwarzbachtal.

Mit der Auffahrung der zwei 25 m auseinander liegenden Röhren, die mit Querstellen verbunden sind, ist im Januar 1999 vom Ostportal aus begonnen worden. Die geologischen Verhältnisse wurden für den Tunnelvortrieb als sehr günstig angenommen. Die rechtzeitige Durchörterung des Tunnels "Alte Burg" galt als Voraussetzung für den Transport der am längsten Tunnel der Kammquerung, dem "Rennsteig - Tunnel", anfallenden Massen nach deren Aufbereitung durch den Tunnel "Alte Burg" zum Einbau in die Trasse.

Im letzten Drittel der Auffahrung wurde in der Nordröhre Altbergbau angefahren und es kam bei 740 m zu einem Verbruch. In dessen Folge mussten 1.500 m<sup>3</sup> Schlamm abgefördert werden. Bei 35 m Überdeckung entstand ein Tagbruch, der anschließend mit Magerbeton verfüllt wurde. Es wurden in beiden Röhren ein Bereich von ca. 50 m mittels Rohrschirmen durchfahren.

## 2. Vorgaben zum Schutz von Umwelt und Natur

Die natürliche Umgebung mit ihrer Vielfalt an Pflanzen und Tierarten ist ein schützenswertes Gut. Der Berg "Alte Burg" wird fast ausschließlich von Nadelforsten eingenommen, wobei die Fichte dominiert. Kleinflächig sind Laubbestände und Wiesenflächen vorhanden, wie z. B. die Rottenwiese. Diese Wiese zählt zu den in Thüringen durch Gesetz

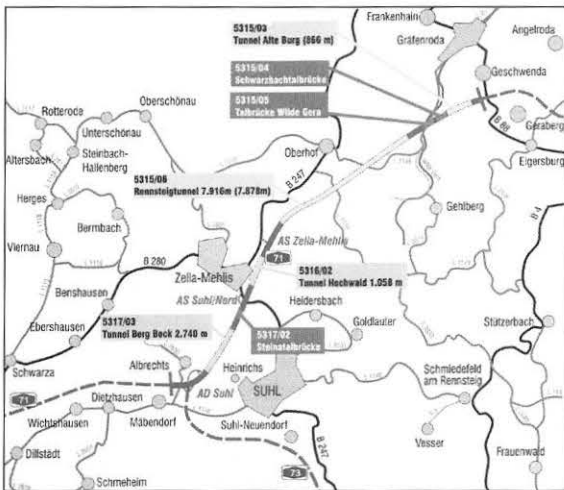


Bild 1: Tunnel und Talbrücken für Kammquerung Thüringer Wald

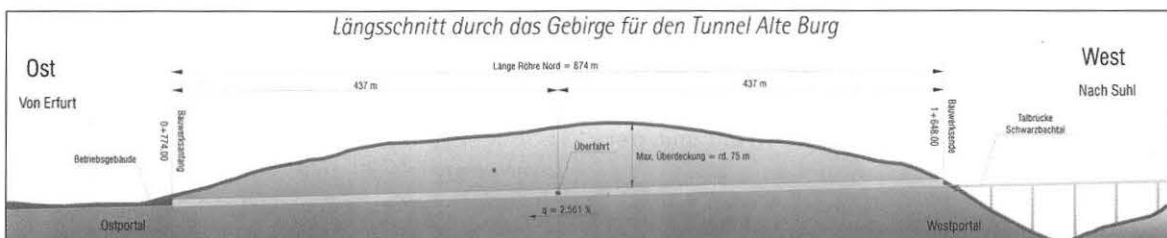


Bild 2: Längsschnitt des Tunnels Alte Burg



Bild 3: Höhenrücken Alte Burg und Rottenwiese

besonders geschützten Biotopen. U.a. sind der Borstgrasrasen und das Arnikavorkommen von besonderer Bedeutung.



Bild 4: Wirbachtal

Die Baustelle des Tunnel "Alte Burg" grenzt westlich an das Schwarzbachtal mit dem Schwarzbach und östlich mit der Nordseite an Quellen, deren Sickerwasserstränge für die Brauchwasserversorgung der Gemeinde Geschwenda genutzt wird. Da der Tunnel mit 2,5 % Steigung aufgeföhren wird, fließen somit sämtliche Wässer in Richtung Osten, in die Vorflut des sogenannten Wirbaches.

Wenn man nun hört, dass das Wirbachtal gekennzeichnet ist durch Quell-, Verlandungs- und Sumpfbereiche, kommt keine Verwunderung auf, dass es sich auch hier um ein besonders zu schützendes Gebiet handelt.

Diese vorgenannten Gewässer sind auf Grund ihrer ökologischen Bedeutung so zu schützen, dass Verunreinigungen oder Beeinträchtigungen unterbleiben. Keine leichte Aufgabe, die nur im Komplex mit einem großen Engagement aller Beteiligten realisiert werden konnte.

Üblicherweise werden alle anfallenden Wässer aus Vortrieb, Einschnitt und Baustelleneinrichtungs-

fläche vor der Einleitung in die Vorflut einer Behandlung durch Absetzbecken, Benzin- und Ölabscheider und einer Neutralisationsanlage unterzogen. In unserem Falle kam für die Behandlung der Sanitärabwässer noch eine biologische Kläranlage zum Einsatz, wie sie manch Gemeinde in Europa sich wünscht bzw. ihr nottut. Die Wirksamkeit unserer Abwasserbehandlung wurde nicht nur messtechnisch, sondern auch durch diverse Forellenaufzuchtanlagen, die vom Wirbach gespeist werden, 24 Stunden/Tag und 31 Tage/Monat überwacht.

Wenn man dann noch einbezieht, dass der Bauherr eine ökologische Bauüberwachung zum Einsatz gebracht hatte, wird sehr deutlich, dass der Umweltverträglichkeit unserer Tunnel- und Betonarbeiten ein sehr hoher Stellenwert beigemessen wurde.

Und da kommt nun dem Spritzbeton mit der von ihm ausgehenden Belastung aus erhöhter Alkalität im jungen Stadium und den diversen Chemikalien, mit denen der Tunnelbauer experimentiert, doch eine zentrale Bedeutung zu.

### 3. Spritzbetonverfahren am Bauvorhaben Tunnel "Alte Burg"

Am Bauvorhaben kamen sowohl das Trockenspritzverfahren als auch das Nassspritzverfahren zum Einsatz. Der Trockenspritzbeton wurde zum Sichern der Baugrube genutzt, die eigentliche Tunnelsicherung wurde mittels Nassspritzbeton vorgenommen. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass auch Stahlfaserspritzbeton in einem bestimmten Abschnitt zum Einsatz kam.

Durch die geforderten Leistungsvorgaben und die genannten ökologischen Vorgaben kam nach unserer Meinung nur ein leistungsstarkes modernes Nassbetonspritzverfahren in Betracht. Unter diesem Aspekt gingen wir an die Vorbereitung des Vortriebes. Während an den Tunnelbaumaschinen, wie

Bohrwagen und der Fördertechnik, dem ökologischen Aspekt durch Einsatz von Bio - Ölen und - Fetten Rechnung getragen wurde, wurde beim Spritzbeton noch Abbindebeschleuniger, meist Alkali Aluminat - Verbindungen in Pulver- oder flüssiger Form eingesetzt. Diese verwendeten Alkalien sind Natrium- oder Kaliumaluminat mit hohem Gehalten an freien, stark ätzenden Laugen. Nachteile dieser teilweise sehr wirksamen, aber auch gefährlichen Produkte sind:

- ein hoher pH-Wert und damit eine potentielle Gefahrenquelle;
- ein hoher Festigkeitsverlust gegenüber der Ausgangsmischung;
- die geforderte Qualität wird meist nur durch Zugabe von Silicafume erreicht.

#### 4. Auswahl des Spritzbetonverfahrens in Abhängigkeit von Umweltschutzvorgaben

Unsere Baustelle musste von Grund auf erst erschlossen werden - als wir ankamen, stand noch Wald - d. h. es waren Berme für den Einschnitt der Tunnelportale zu errichten. Da im oberflächennahen Bereich noch kein Fels anstand, waren die freigelegten Flächen schnell zu versiegeln. Hierfür entschieden wir uns für die Verwendung von vorge-trocknetem Spritzbeton mit enthaltenen Beschleuniger in Siloanlieferung. Nachdem die Portalwand zum Anschlag der Tunnelröhren hergestellt war, sollte der Nassspritzbeton zum Einsatz kommen. Hierfür waren maßgebend:

- die Auswahl der einzusetzenden Nassspritzmanipulatoren;
- die Auswahl des Abbindebeschleunigers;
- umweltverträglicher Spritzbeton in WU - Qualität;
- der Alkaligehalt des Spritzbetons war zu minimieren, durch die Verwendung von:
  - speziellen Spritzementen mit bauaufsichtlicher Zulassung des DIBt;
  - Zementen nach DIN 1164 mit alkalifreien bzw. alkaliarmen Erstarrungsbeschleunigern mit bauaufsichtlicher Zulassung des DIBt;



Bild 5: Voreinschnitt Ost mit Spritzbetonwand

- durch Einhaltung des Gesamt -  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent  $< 1,5 \text{ M.-%}$  bezogen auf die Zementmasse.
- Die Beschleuniger durften nicht ätzend sein, d. h. die entsprechenden MAK-Werte der geltenden Arbeitsschutzordnung waren einzuhalten.
- Die Frühfestigkeit des Spritzbetons musste mindestens nach 12 h  $5 \text{ N/mm}^2$  und nach 24 h  $10 \text{ N/mm}^2$  betragen.

Zur Entscheidungsfindung analysierten wir unsere bisherigen Erfahrungen und bei Konsultationen auf verschiedenen zu der Zeit laufenden Tunnelprojekte, die dort angetroffenen Verhältnisse.

Insbesondere kam es darauf an, neben Leistungsparametern der Spritzbetonmanipulatoren auch eine maximale Zugabedosierung des Spritzbetonbeschleunigers einzuhalten. Das ist ein entscheidender Kostenfaktor, aber auch eine Voraussetzung für das Erfüllen der ökologischen Forderungen.

Mit Beginn des Vortriebes wurde begonnen, die Rezeptur und verschiedene Beschleuniger zu testen. Ziel war von Anfang an, einen alkalifreien Beschleuniger einzusetzen, wobei aber auch alkaliarme Beschleuniger getestet wurden.

Die ersten Ergebnisse waren nicht befriedigend. Zu viele Faktoren erschwerten den Nassspritzinsatz, z. B.:

- das Erreichen einer optimalen Rezeptur;
- Betonherstellung - nicht auf der Baustelle sondern im Transportbetonwerk;
- Witterungseinflüsse - Winterbeginn usw..

Nachdem eine gewisse Einarbeitungszeit vergangen war, stabilisierten sich die Ergebnisse, doch eine optimale Situation durch Einsatz des Nassspritzbetons war noch nicht erreicht.

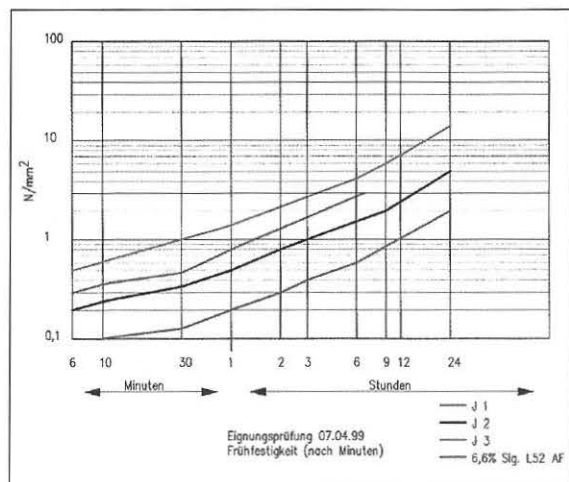


Bild 6: Frühfestigkeitsentwicklung bei der Eignungsprüfung im Bereich J<sub>2</sub>

Insbesondere war die Frühfestigkeit des Nassspritzbetons noch nicht optimal und der Verbrauch von Abbindebeschleuniger noch zu hoch.

Erst nach Einsatz eines alkalifreien flüssigen Beschleuniger, verbesserten sich die Ergebnisse.

Innerhalb kurzer Zeit erreichten wir folgende Ergebnisse:

- die geforderte Frühfestigkeit wurde erreicht;
- der Verbrauch bewegte sich in dem gewünschten Rahmen von 5 - 7 %, bezogen auf das Zementgewicht in Abhängigkeit von der Geologie.

Die Richtigkeit der Entscheidung für diesen Beschleuniger wurde über die gesamte Bauzeit bestätigt.

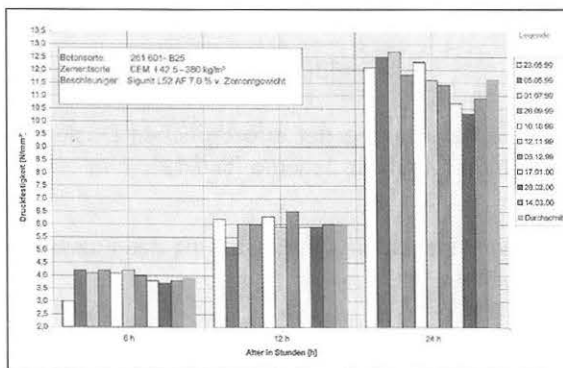


Bild 7: Frühfestigkeit nach 6, 12 und 24 Stunden

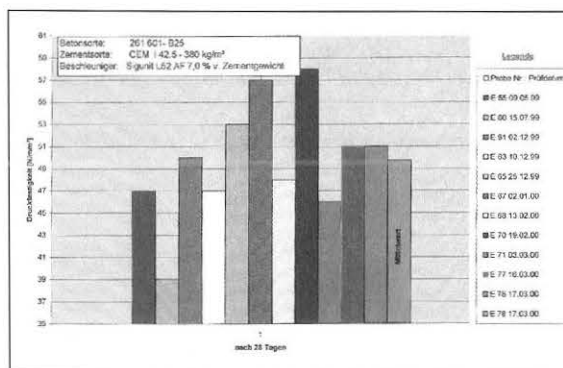


Bild 8: Festigkeit nach 28 Tagen

Insbesondere beim Auffahren des vorher genannten Störungsbereiches war die Anwendung eines funktionierenden Spritzbetons sozusagen lebensnotwendig.

Jeder Praktiker weiß, dass in schwierigen Gebirgsverhältnissen der Tunnelbagger und der Spritzmanipulator die wichtigsten Geräte sind. Jeder mit dem Bagger aufgemachte m<sup>2</sup> muss sofort gesichert werden.

Mit dem optimierten Spritzbeton wurde dies erreicht. Auch die Endfestigkeiten gegenüber dem Nullbeton fielen nicht ab, wie aus Bild 8 zu ersehen ist.

### 5. Eingesetzter Abbindebeschleuniger am Bauvorhaben

Beim Einsatz des alkalifreien Abbindebeschleunigers konnten wir folgende Vorteile feststellen:

- verbessertes Arbeitsumfeld für den Verarbeiter:
  - Durch den günstigen pH-Wert entstehen keine ätzenden Wasserspritznebel und Aerosole in der Tunnelluft und somit keine Schädigungen von Haut, Schleimhaut und Augen.
  - Das flüssige Produkt birgt für den Verarbeiter kein Gefahrenpotential beim Lagern, Transportieren, Umfüllen und Dosieren.
- Erreichen angestrebter Festigkeiten:
  - bewirkt eine gute Festigkeitsentwicklung in den ersten Stunden, verbunden mit hohen Endfestigkeiten;
- keine Entsorgungsprobleme des Rückpralls; (Durch alkalifreien Beschleuniger werden keine zusätzlichen Natrium- oder Calciumhydroxyde aus dem Rückprall gelöst, die das Grundwasser belasten.)
- Dank hoher Klebhaft, geringe Rückprallmengen, < 10 %;
- keine Versinterung der Tunnel - Drainagen.

Wir stellten fest, dass die Versinterung der Drainagen und die Einleitung von hoch alkalischen Abwasser in die Vorflut durch den alkalifreien Abbindebeschleuniger deutlich verringert werden konnte.

### 6. Eingesetzte Spritztechnik

Beim Auffahren des Tunnels "Alte Burg" wurde ein Spritzbetonmanipulator AL 500 eingesetzt.

Wie bereits erwähnt, wurde das Nassspritzgerät besonders nach den Leistungskriterien und der Dosier-



Bild 9: Spritzbetonmanipulator AL 500

barkeit des flüssigen Beschleunigers ausgewählt. Die optimale Dosierung des Beschleunigers wurde durch das Flüssigdosiergerät AL 403.5 gewährleistet.



Bild 10: Flüssigdosiergerät AL 403.5

Die installierte Dosierleistung dieses Gerätes, deren digitale Einstellbarkeit und die der Spritzleistung optimal ständig angepasste Zuteilmenge an alkalifreiem Abbindebeschleuniger beim Betonspritzen, schafften optimale Voraussetzungen für den umweltschonenden Umgang mit dieser Chemikalie.

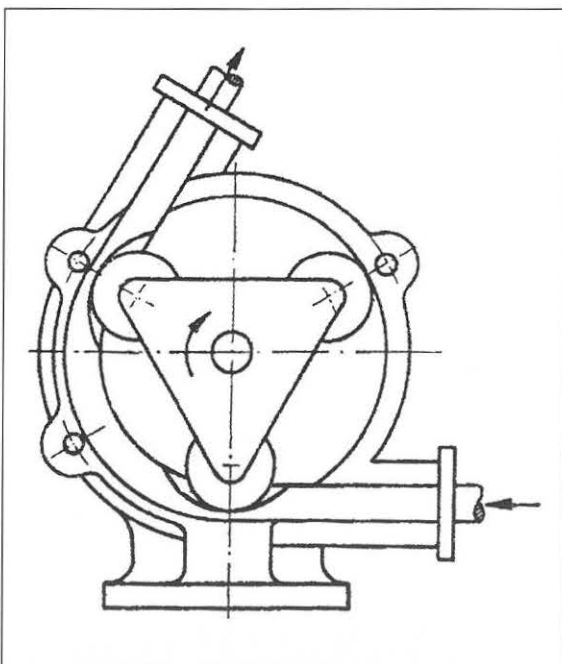


Bild 11: Schlauchpumpe (schematische Darstellung)

Realisiert wird dies durch eine Verdrängerpumpe, die unabhängig vom Gegendruck arbeitet. Diese sogenannte Schlauchpumpe, die im Gegensatz zur konventionellen Kolbenpumpe den Parameter "kontinuierlich" am besten umsetzt. Dazu arbeitet die Schlauchquetschpumpe mit zwei sich gegenüberliegenden Druckkolben bzw. 3 segmentisch verteilten Druckkolben.

Je nach Auslegung der volumenbestimmenden Elemente in solch einer Pumpe (Schlauch: Durchmesser und Länge), lassen sich in Verbindung mit einer variablen Drehzahl, z.B.: durch eine Frequenzumrichtersteuerung, nahezu alle Volumenströme  $V' = [l/h]$  realisieren.

Für den Abbindebeschleuniger beim Betonspritzen mit einer Spritzleistung von bis zu 30 m<sup>3</sup>/h liegt dieser Volumenstrom bei

$$V' = [30 - 700 l/h].$$

Für die Berechnung der erforderlichen Dosierung nutzt man folgendes Schema (Bild 12):

**Berechnungsblatt für die Einstellung des Flüssigdosiergerätes**

Gegeben:

Ausgangsgröße	Symbol/Dimension	Dosierung 1	Dosierung 2
Zementgehalt	Z [kg/m <sup>3</sup> ]	380	380
Dosierung	p [%]	5	7
Dichte BE-Mittel	ρ [kg/l]	1,41	1,41
Spritzleistung	N [m <sup>3</sup> /h]	10	10

Gesucht:  
Volumenstrom BE-Mittel

$$v' [l/h] = \frac{Z \cdot p \cdot N}{100 \cdot \rho} = \frac{380 \cdot 5(7) \cdot 10}{100 \cdot 1,41}$$

Dosierung 1	Dosierung 2
$V' = 134,75 [l/h]$	$V' = 188,65 [l/h]$
Einstellung auf Digitalanzeige	
Dosierung 1	Dosierung 2
$V' = 134 [l/h]$	$V' = 189 [l/h]$

Bild 12: Berechnungsblatt für Einstellung des Flüssigdosiergerätes

Dosiertabelle Sigunit -L 52 AF (Dichte 1.41 kg/l, 380 kg/m <sup>3</sup> Zement)																	
m <sup>3</sup> /h	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	Liter/h
5,0	7,4	8,9	10,4	11,9	13,4	14,8	16,3	17,8	19,3	20,8	22,3	23,7	25,2	26,7	28,2	29,7	
5,5	6,7	8,1	9,4	10,8	12,1	13,5	14,8	16,2	17,5	18,9	20,2	21,6	22,9	24,3	25,6	27,0	
6,0	6,2	7,4	8,7	9,9	11,1	12,4	13,6	14,8	16,1	17,3	18,6	19,8	21,0	22,3	23,5	24,7	
6,5	5,7	6,9	8,0	9,1	10,3	11,4	12,6	13,7	14,8	16,0	17,1	18,3	19,4	20,6	21,7	22,8	
7,0	5,3	6,4	7,4	8,5	9,5	10,6	11,7	12,7	13,8	14,8	15,9	17,0	18,0	19,1	20,1	21,2	
7,5	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,8	15,8	16,8	17,8	18,8	19,8	
8,0	4,6	5,6	6,5	7,421	8,3	9,3	10,2	11,1	12,1	13,0	13,9	14,8	15,8	16,7	17,6	18,6	
8,5	4,4	5,2	6,1	7,0	7,9	8,7	9,6	10,5	11,3	12,2	13,1	14,0	14,8	15,7	16,6	17,5	
9,0	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2	9,1	9,9	10,7	11,5	12,4	13,2	14,0	14,8	15,7	16,5	
9,5	3,9	4,7	5,5	6,2	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	10,9	11,7	12,5	13,3	14,1	14,8	15,6	
10,0	3,7	4,5	5,2	5,9	6,7	7,4	8,2	8,9	9,6	10,4	11,1	11,9	12,6	13,4	14,1	14,8	
10,5	3,5	4,2	4,9	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	12,7	13,4	14,1	
11,0	3,4	4,0	4,7	5,4	6,1	6,7	7,4	8,1	8,8	9,4	10,1	10,8	11,5	12,1	12,8	13,5	
11,5	3,2	3,9	4,5	5,2	5,8	6,5	7,1	7,7	8,4	9,0	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3	12,9	
12,0	3,1	3,7	4,3	4,9	5,6	6,2	6,8	7,4	8,0	8,7	9,3	9,9	10,5	11,1	11,8	12,4	
12,5	3,0	3,6	4,2	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,7	8,3	8,9	9,5	10,1	10,7	11,3	11,9	
13,0	2,9	3,4	4,0	4,6	5,1	5,7	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,1	9,7	10,3	10,8	11,4	
13,5	2,7	3,3	3,8	4,4	4,9	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,2	8,8	9,3	9,9	10,4	11,0	
14,0	2,7	3,2	3,7	4,2	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,4	8,0	8,5	9,0	9,5	10,1	10,6	
14,5	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2	9,7	10,2	
15,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4	8,9	9,4	9,9	
15,5	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7	8,1	8,6	9,1	9,6	
16,0	2,3	2,8	3,2	3,7	4,2	4,6	5,1	5,6	6,0	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,8	9,3	
16,5	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2	7,6	8,1	8,5	9,0	
17,0	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,2	5,7	6,1	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,7	
17,5	2,1	2,5	3,0	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,5	5,9	6,4	6,8	7,2	7,6	8,1	8,5	
18,0	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	
18,5	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	
19,0	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,9	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	
19,5	1,9	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,7	6,1	6,5	6,9	7,2	7,6	
20,0	1,9	2,2	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	5,9	6,3	6,7	7,1	7,4	

Bild 13: Dosiertabelle

Die Werte werden in einer Dosiertabelle zusammengefasst, die den Mineur in die Lage versetzt, die Dosierung zu überwachen und so ständig Einfluss auf den Verbrauch zu nehmen.

## 7. Zusammenfassung

Der moderne Tunnelbau wird durch die "Neue Österreichische Tunnelbauweise" bestimmt. D.h. unmittelbar nach dem Ausbruch erfolgt die Sicherung je nach angetroffenen Gebirgsverhältnissen, durch eine Kombination von Spritzbeton, Ausbaubögen, Bewehrungsmatten, Ankern und Spießen. Die Sicherung dient dazu, Gebirgsauflockerungen

zu reduzieren und einen möglichst schnellen Kraftschluss mit dem Gebirge herzustellen. Der Hohlraum wird so stabilisiert, gleichzeitig werden die Belastungen für das endgültige Bauwerk reduziert.

Spritzbeton ist ein wesentlicher Bestandteil dieses modernen Untertagebaus und gewinnt weiter an Bedeutung. Binde- und Zusatzmittel sowie die Verfahrenstechnik des Spritzbetonauftrages müssen heute so gewählt werden, dass eine ökologische Verträglichkeit des Spritzbetons erreicht wird.

Für die Schonung der Umwelt ist die sparsame Verwendung von Chemikalien ein unbedingtes MUSS.



Bild 14: Spritzbetonmanipulator im Einsatz

Auch und gerade bei dem Einsatz von alkalifreien Zusatzmitteln muss das Motto lauten:

"Soviel wie nötig, jedoch so wenig wie möglich!"

Diesen Anforderungen müssen wir uns alle stellen, ob Ausführer, Gerätehersteller oder Equipment-Lieferer. Je besser wir zusammenarbeiten, je größer wird der Erfolg sein.

Beim Bau des Tunnels "Alte Burg" haben wir versucht, unserer Verantwortung gerecht zu werden. Die erreichten Ergebnisse stimmen uns optimistisch und können in Zukunft durch Innovation und Engagement noch verbessert werden.

## 8. Literatur

### [1] Projektblätter DEGES:

- \* A 71 Erfurt-Schweinfurt, Kammquerung Thüringer Wald
- \* Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 16, Tunnel "Alte Burg"

### [2] Sika:

Produktblatt Sigunit - L 52 AF.

### [3] Aliva:

Berechnungsblatt zur Einstellung des Flüssigdosiergerätes AL 403.5.