

## Variocem, ein innovatives Zementkonzept

Die in den letzten Jahren aufgetretene Siloknappheit in manchen Betonwerken, ausgelöst durch die vermehrte Anzahl von Bindemitteln (Zementen) u/o Zusatzstoffen, war der eigentliche Ausgangspunkt für ein Konzept, projektorientierte, maßgeschneiderte Bindemittelmixprodukte direkt ab dem Zementwerk zu liefern.

Da man bei einer solchen Entwicklung auch zugleich das Bindemittel selbst optimieren muss, wurde seitens der Universität Innsbruck, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, ein Untersuchungsprogramm, das sich mit Rheologie, Wasseranspruch, Wärme- und Festigkeitsentwicklung, etc. beschäftigt, für Spezialanwendungen initiiert, um die Optimierung in gemeinsamer Arbeit durchzuführen.

Die Bezeichnung Variocem rührt ursprünglich daher, dass Zugabemengen, wie etwa Gesteinsmehle für SCC, variiert werden können, d.h. auf die Gegebenheiten eines Herstellers abgestimmt und optimiert werden. Damit ist gesichert, dass für die Dauer eines Bauvorhabens die Lieferungen nach entsprechenden Laboruntersuchungen und der Erstprüfung in gleich bleibender Zusammensetzung und Qualität abgewickelt werden können.

Ein Beispiel soll das erläutern:

Gesteinskörnungen von drei Betonwerken aus dem Tiroler Unterinntal wurden für die Rezeptur eines selbstverdichtenden Betons verglichen. Für die Konsistenz eines solchen Betons ist die Fraktion 0/4 besonders wichtig.

In Bild 1 sieht man, dass selbst in einem regional so kleinen Gebiet die Sande im Feinbereich signifikante Unterschiede aufweisen, die durch Zugabe eines Füllers (i.u.F. Kalksteinmehl) die erforderliche Konsistenz des Betons sicherstellen.

**Bild 1:**

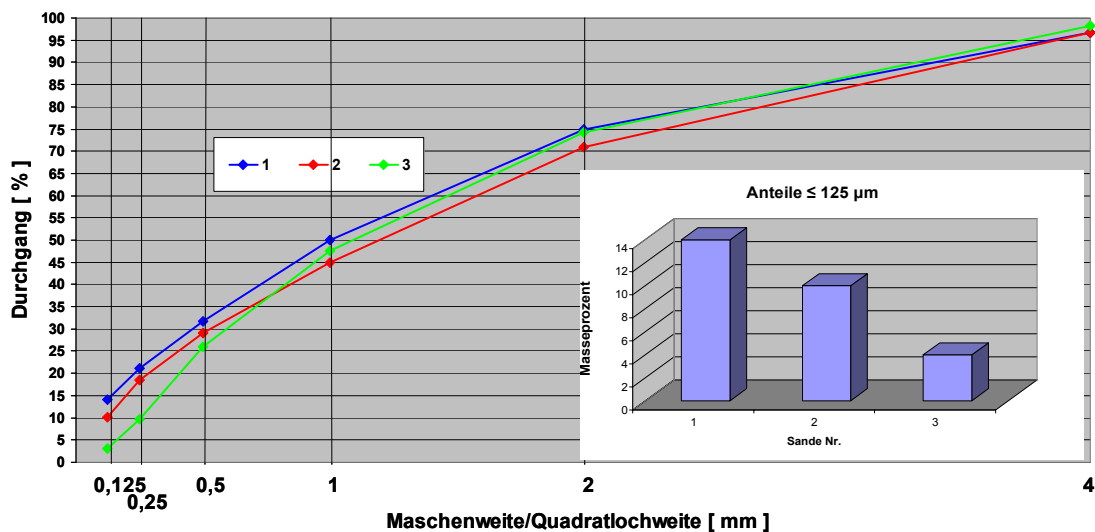


Bild 2 zeigt die im Labor erarbeiteten Betonrezepturen.

Bild 2:

SCC 1		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinststoff	Kstm.Fischbach		2,7	121,1
Sand 0/4	0/4 Fa. 1		2,7	983,3
4/8	Fa. 1		2,7	287,5
8/16	Fa. 1		2,7	533,3
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,000
Zusatzmittel				
Summe				2388,2

SCC 2		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinststoff	Kstm.Fischbach		2,7	162,6
Sand 0/4	0/4 Fa. 2		2,7	942,4
4/8	Fa. 2		2,7	272,6
8/16	Fa. 2		2,7	546,8
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,300
Zusatzmittel				
Summe				2387,7

SCC 3		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinststoff	Kstm.Fischbach		2,7	232,6
Sand 0/4	0/4 Fa.3		2,7	872,4
4/8	Fa. 3		2,7	297,2
8/16	Fa. 3		2,7	522,2
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,300
Zusatzmittel				
Summe				2387,7

Die Zugabemenge an Füller (Typ I - KM) ist für SCC3 fast doppelt so hoch, wie bei SCC1. Der so erhaltene Bindemittelmix kann als fertige Mischung an das Betonwerk ausgeliefert werden. Es bedarf dazu einer Hochleistungsmischanlage, wie sie im Hause Eiberg/Rohrdorf verfügbar ist. Mit der Gesteinskörnung aus Werk2 wurde auch ein Baustellenversuch durchgeführt.

In Bild 3 und 4 ist die Gesamtsieblinie und die Rezeptur mit den Ergebnissen dargestellt.

Bild 3:

Betonzuschlag														
Niederlassung/Werk/Baustelle		SCC Fa. 2	Gesteinskörnung											
<b>Siebergergebnisse der Korngruppen</b>														
Prob.-Knz.	Ko.-Gr. mm	Zuschl.-art	Durchgang in Masse-% / Volumen-% durch die Siebe									Bem. k=		
			0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63,0		
06.10.05	0/4	N-Sand	10,2	18,4	29,1	45,0	70,9	96,8	99,9	100,0	100,0	100,0	2,40	
06.10.05	4/8	Kies	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	90,4	100,0	100,0	100,0	5,09	
06.10.05	8/16	Kies	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	96,6	100,0	100,0	100,0	6,02	
<b>Sieblinien</b>														
Prob.-Knz.	Ko.-Gr. mm	Anteil %	Durchgang in Masse-% / Volumen-% durch die Siebe									St. Nr.:		
			0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63,0		
	0/4	53,5	5,4	9,8	15,6	24,1	37,9	51,8	53,4	53,5	53,5	53,5		
	4/8	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,0	15,5	15,5	15,5		
	8/16	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	29,9	31,0	31,0		
Summe=ist-St.			100	5,5	9,9	15,6	24,1	38,0	51,9	67,8	99	100	100	3,94
A = 0,149				5	10	16	24	38	52	68	99	100	100	
Sollsieblinie A/B 0/32				0	5	12	18	26	35	50	71	100	100	4,83

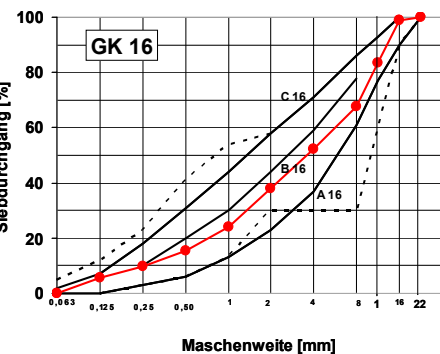


Bild 4:

Firma, Werk		Fa. 2			Eignungsprüfung <input checked="" type="checkbox"/>						
Abnehmer		SCC 2			Güteprüfung <input type="checkbox"/>						
Baustelle					Erhärtungsprüfung <input type="checkbox"/>						
Baunrkt./ Bauteil											
<b>PROBENENTNAHME</b>				<b>FORDERUNGEN</b>							
Probentafel-Nr.	SCC2/1	SCC2/2	SCC2/3	C	F	maxWIP	0,80				
TB-Lieferschein-Nr.											
Entnahmedatum	29.09.2005	29.09.2005	29.09.2005								
Entnahmest.	Labor	Labor	Labor	Betonseiten-Nr.							
Lufttemperatur °C	20°	20°	20°	Eigenschaften							
<b>ZUSAMMENSETZUNG DER MISCHUNG</b>											
Gesamtschüttung											
Trocken # gewicht kg	1761,8	1761,8	1761,8	Zement Art	VARIOCEM						
Zusatzstoff 1 [kg]	162,6	162,6	162,6	Zement	Ruhdorf EN 050						
Zusatzstoff 2 [kg]				Siebfrühe und Grobfrühe	A/B 0/16						
Zement Zs	300	300	300	Zusatzstoff 1, Art	Kstm. Fischbach						
Zugbewehrung [cm²]	160	160	160	Zusatzstoff 2, Art	Gefasium 555						
Gesamtwasser [l]				Zusatzmittel 1, Art	1,3% v.Z.						
Gewicht d. Mischung [kg]	2384,4	2384,4	2384,4	Dosierung							
Volumen d. Mischung [dm³]				Zusatzmittel 2, Art							
V = G/B				Dosierung							
Zementgehalt [kg/m³]											
f = 1000 · v/V											
<b>FRISCHBETONPRÜFUNG</b>											
Betontemperatur °C											
Konsistenz s/v	cm										
Probekörperbezeichnung	SCC2/1	SCC2/2	SCC2/3	<b>Fließmaß a 5min: 740 mm</b> <b>Durchlaufmaß a 5min: 16 sec</b> <b>Temperatur: 20,5°</b>							
Verdichtungsarbeiten [s]											
Gewicht Form + Beton [kg]	12631	12721	12734								
Gewicht Form [kg]	4462	4473	4494								
Gewicht Beton [kg]	8169	8248	8240								
Volumen der Form [dm³]	3375	3375	3375								
Punderte s [kg/cm²]	2,420	2,444	2,441								
Luftprozent [%]											
<b>FESTBETONPRÜFUNG</b>											
Prüfung nach DIN 1045 auf Druckfestigkeit, Bsp. C <sub>30/37</sub> festigkeit, Wasserw <sub>18</sub> schlässigkeit											
Probem-bezeichnung	Profluß	Alter Tage	Abmessungen in mm			Beichte G	Beichte m³	Beichte cm³	Beichte kg	Beichte g/cm³	Porosität %
			Höhe	Länge	Breite						
SCC2/1	30.09.2005	1	150	150	150	8163	22500	3375	260	2,419	11,6
SCC2/2	06.10.2005	7	150	150	150	8272	22500	3375	705	2,451	31,3
SCC2/3	27.10.2005	28	150	150	150	8238	22500	3375	1010	2,441	44,9
Bemerkungen (Lagerung, Zustand d. Proben):										Mitar:	
Probenform: Würfel										Datum, Unterschrift:	

Der Ablauf der Betonierung, die Lieferungen, etc. ging reibungslos vor sich. Gefordert war ein Beton der Klasse C30/37.

Ohne Zweifel wird man mit diesen Mixbindemitteln nicht die großen Massen beim Beton berühren, für Spezialanwendungen meinen wir aber, mit unserem Konzept einen Schritt in die Zukunft und vor allem in die richtige Richtung gesetzt zu haben.

Welche Vorteile bietet ein solches Zement bzw. Betonkonzept?

Wie bereits aufgezeigt, erfolgt bei diesem Zementkonzept eine Optimierung der Bindemittelzusammensetzung.

Die Vorteile einer solchen Optimierung liegen:

- in einem geringen Wasseranspruch,
- in der geringen Temperaturentwicklung
- und in der Verbesserung der Verarbeitbarkeit.

Durch diese positiven Eigenschaften werden neue Möglichkeiten im Bereich der Dauerhaftigkeit erreicht, welche sich infolge einer Erhöhung der Dichtigkeit und der damit zusammenhängenden Verringerung der Porosität einstellt. Die Schädigung des Betons durch Schadstoffe wie dies beispielsweise Chloride und Salzlösungen darstellen, wird dadurch minimiert. Ein positiver Nebeneffekt dieses Effektes liegt weiters in der Erhöhung der Festigkeit.

Durch den geringeren Wasseranspruch bzw. durch die geringe Temperaturentwicklung stellt sich nicht nur eine erhöhte Dichtigkeit ein, sondern es sinkt auch die Rissanfälligkeit.

Weiters ergeben sich Einsparungen im Bereich der Fließmitteldosierungen, wodurch sich vor allem bei der Herstellung von Betonen mit tiefen W/B-Werten sich ein positiver Effekt auf die Verarbeitung einstellt.

Aber nicht nur im Bereich der betontechnologischen Kennwerte werden positive Effekte erzielt, sondern auch im Bereich der Kostenersparnis. So können infolge der erzielbaren höheren Druckfestigkeiten durch die Wassereinsparungen die Zementmengen reduziert werden.

Weiters sind Einsparungen, wie bereits erwähnt, im Bereich der Fließmittel möglich.

Betrachtet man die Einsparungen auf dem Gebiet des erleichterten Arbeitsaufwandes, infolge der günstigeren Verarbeitbarkeit, so sind auch dort nicht unrelevante Einsparungen zu verzeichnen.

Derzeit werden folgende Vorhaben anhand eines solchen Zementkonzeptes im Rahmen von Forschungsarbeiten an der Technischen Universität Innsbruck durchgeführt:

- Herstellung von Hochleistungsbetonen
- Herstellung von Betone für den Tunnelbau
- Herstellung von Brandbeständige Betone
- Herstellung von Sichtbetone
- Herstellung von Monofinishplatten und deren Sanierung

Im Bereich der Hochleistungsbetone wurde anhand eines ähnlichen Zementkonzeptes der Firma Schretter bereits vor eineinhalb Jahren ein Praxisobjekt, wie dies die neu erstellte Brücke zwischen Salzburg und Freilassing darstellt, realisiert.

Damals konnten hervorragende Verarbeitungseigenschaften wie auch eine Senkung der Rissanfälligkeit festgestellt werden.

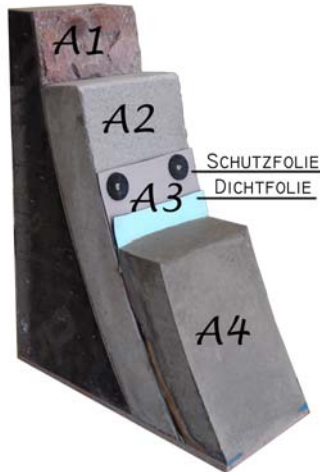
Mittlerweile ist man bereits dazu übergegangen die aus diesem Bauwerk erhaltenen Erkenntnisse für den Bereich von Faserhochleistungsbetone zur Verstärkung von Brückentragwerken zu adaptieren. Erste Versuche zeigen sehr positive Ergebnisse. Speziell im Bereich der Dauerhaftigkeit und des Verbundes zwischen Altbeton und Aufbeton konnten ausgesprochen gute Ergebnisse erzielt werden. Zu wünschen lässt derzeit infolge des Einsatzes von konstruktiven Faser die Verarbeitbarkeit. Diese ist jedoch nicht nur durch eine Bindemitteloptimierung zu lösen, sondern lediglich durch eine Betrachtung des Gesamtpaketes: Bindemittel, Zuschläge, Zusatzmittel und Faserart.

Auch im Bereich des Tunnelbaues werden erste Gehversuche anhand solcher Zemente unternommen. Wie bereits erwähnt lassen sich durch solche Zemente die Qualität der Betone erhöhen, wodurch sich auch die statische Bauteilabmessung reduzieren lässt.

Werden die beiden Modelle (Bild 5) eines Tunnelaufbaues betrachtet, auf der linken Seite ein herkömmlicher Aufbau, rechts das neu konzipierte System welches sich anhand eines qualitativ hochwertigen Betons (vorliegendes Zementkonzept) herstellen lässt hergestellt, so sind klar die Einsparungen im Bereich de Aufbaues erkennbar.

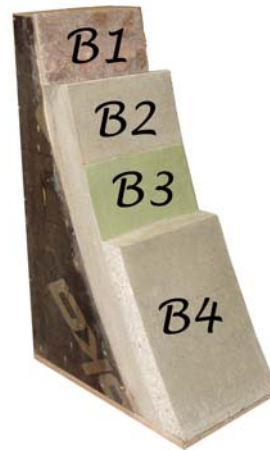
**Bild 5:**

**AUSFÜHRUNG ALT**



- A1 umgebendes Gebirge 25-35cm
- A2 Spritzbeton 0,3-0,5cm
- A3 Dichtfolie aus PVC 25-30 cm
- A4 Innenschale aus Ortbeton

**KONZEPT NEU**



- B1 umgebendes Gebirge 20-25cm
- B2 Spritzbeton - Neu 0,5-0,8cm
- B3 Spritzbare Dichtschicht 15-22 cm
- B4 Innenschale aus Ortbeton - Neu

**Verringerung der Schichtstärken**

Im Zusammenhang mit dem Tunnelbau wurden auch Versuche hinsichtlich der Brandbeständigkeit unternommen. Durch den geringeren Wasseranspruch werden die benötigten Festigkeiten auch infolge der Einfuhr von Luftporen von 5-7% erreicht. Dies wirkt sich in Verbindung mit den herkömmlichen Brandfasern sehr positiv auf die Brandbeständigkeit aus und gibt unter Betrachtung einer möglichen nicht gleichmäßigen Faserverteilung zusätzliche Sicherheit. Weiters stellt die eingeführte Luft einen positiven Aspekt im Bereich der Verarbeitbarkeit dar.

Noch kurz zu zwei Themen die derzeit anstehen. Das sind zum einem die Sichtbetone und zum anderen die Herstellung von Monofinishplatten.

Für Sichtbetone können infolge des geringeren Wasseranspruches die Fließmitteldosierungen gesenkt werden, was eine Senkung der Klebrigkeit zur Folge hat und somit eine Verbesserung der Oberflächenqualität mit sich bringt.

Auch auf dem Gebiet der Herstellung von Monofinishplatten und von Sanierungen, infolge des geringen Schwindens, lässt sich ein solches Zementkonzept ebenfalls durchaus sinnvoll einsetzen.

Dr. Franz Koubowetz SPZ Zementwerk Eiberg, Kufstein

Dr. Dietmar Thomaseth, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, Universität Innsbruck