

# Massenbetone für die Gewichtsstaumauer Talsperre Leibis/Lichte

Von Jörg-Peter Wagner, Mannheim

## 1 Projektskizze

Die Talsperre Leibis/Lichte ist Teil und zugleich Kernstück des Projekts Fernwasserversorgung Schwarza. Dieses Vorhaben dient der mittel- und langfristigen Stabilisierung der Trinkwasserversorgung in Ostthüringen. Dabei ist die Talsperre Leibis/Lichte mit einem nutzbaren Stauraum von 39,2 Mio. m<sup>3</sup> kapazitätsbestimmend für die Rohwassergewinnung. Sie staut die Flüsse Lichte und Schlage auf. 5,4 Mio. m<sup>3</sup> des nutzbaren Stauraums werden ständig für den Hochwasserschutz freigehalten. Nach wasserrechtlicher Bewilligung beträgt die mittlere Rohwasserabgabe 43.700 m<sup>3</sup>/d. Die Staupflache beläuft sich auf 119,7 ha. Das Einzugsgebiet deckt eine Fläche von 72 km<sup>2</sup> ab. Nach Inbetriebnahme der Talsperre Leibis/Lichte können 300.000 Einwohner in Ostthüringen über die Trinkwasseraufbereitungsanlage in Zeigerheim nachhaltig mit Trinkwasser versorgt werden. Der Bau der Gewichtsstaumauer Leibis/Lichte mit den dazugehörigen Nebenanlagen ist das letzte Bauvorhaben des Gesamtprojekts Fernwasserversorgung Schwarza.

Das Genehmigungsverfahren zog sich über acht Jahre hin und wurde erst mit der Abweisung der Klage des BUND durch das Oberlandesgericht Gera am 17.10.2001 abgeschlossen.

Am 19.09.2000 konnte einer Bietergemeinschaft der Auftrag zum Bau erteilt werden. Bauherr ist die Thüringer Fernwasserversorgung (ehemals Thüringer Talsperrenverwaltung), Anstalt des öffentlichen Rechts.

Das Hauptbauwerk ist die zu erstellende Gewichtsstaumauer. Daneben sind weitere Bauwerke zu errichten, wie z.B. Tosbecken, Stolleneinlauf-turm oder Schieberhaus (Bild 1).

## 2 Einige Kenndaten der Talsperre

Die Talsperre – eine Betongewichtsstaumauer in Blockbauweise mit einem

Bauwerksvolumen von 620.000 m<sup>3</sup> – ragt 102 m über die Gründungssohle bzw. 93,5 m über die Talsohle hinaus und verbindet die beiden Talseiten mit einer Kronenlänge von 369 m. Sie verjüngt sich von 80,60 m am Mauerfuß bis auf 9,00 m Breite an der Krone (Bild 1).

Der Staumauerkörper wird im Grundriss mit gerader Achse ausgeführt. Die Neigung der Mauer beträgt luftseitig  $h : b = 1,0 : 0,78$ , die Wasserseite ist lotrecht. Zur Anwendung kommt die Blockbauweise mit rechtwinklig zur Mauerachse angeordneten Feldfugen, die über den gesamten Mauerquerschnitt reichen, in Feldern über 10,0 m an den Hängen und 12,5 m bis 15,0 m in der Talau. Die Blöcke sind i.d.R. 2,5 m hoch und zwischen 7,0 m und 30,0 m lang.

Die Hochwasserentlastung erfolgt durch Kronenüberfall über den Mauerrücken, durch eine Schussrinne in Sprungschanzenform und durch Tosbecken. Für die Rohwasserentnahme sind fünf Einläufe im Mauerkörper vorgesehen mit einer Gesamtkapazität von 52.100 m<sup>3</sup>/d.



Bild 1: Talsperre Leibis/Lichte im Bauzustand, Juni 2004

### 3 Herstellung und Verarbeitung der Massenbetone für die Gewichtstaumauer

Den größten Teil der für das Gesamtbauwerk benötigten 620.000 m<sup>3</sup> Beton machen mit etwa 580.000 m<sup>3</sup> die Massenbetone für die Gewichtstaumauer aus. Schon die Bereitstellung der Ausgangsstoffe stellt eine logistische Herausforderung dar. Innerhalb der geplanten Bauzeit von rd. drei Jahren werden im Einzelnen benötigt:

- ❑ rd. 1.000.000 t Splitt und Schottermaterial,
- ❑ rd. 325.000 t Sand,
- ❑ rd. 90.000 t Zement (CEM II/B-S 32,5 R-NA),
- ❑ rd. 30.000 t Steinkohlenflugasche und insgesamt
- ❑ 350 t Betonzusatzmittel (Luftporenbildner und Betonverflüssiger).

Zur Herstellung des Betons stehen zwei leistungsfähige Doppelwellenmischer mit jeweils 4,5 m<sup>3</sup> Mischer-

inhalt zur Verfügung (Bild 2), die zusammen bis zu 240 m<sup>3</sup> Beton pro Stunde herstellen können. Jede Mischanlage ist zusätzlich mit einer Scherbeneanlage mit Stundenleistungen von 2.900 kg Scherbeneis versehen. Dies entspricht einer maximalen Tagesproduktion von 140 t. Dagegen steht ein prognostizierter maximaler Scherbeneisbedarf zur Betonkühlung von 100 t pro Tag.

Der Transport des Betons zum Kübelkai erfolgt mit Muldenkippern. Von dort können mit jedem der beiden Kabelkräne je Hub 6 m<sup>3</sup> Beton an die Einbaustelle transportiert werden (Bild 3). Die Verteilung des Betons erfolgt mit Raupenfahrzeugen (Bild 4). Anschließend wird der Beton mittels eines speziell ausgerüsteten Kettendozers verdichtet, der dazu an einer Traverse drei hydraulisch betriebene Rüttelflaschen mit Ø 150 mm befestigt hat (Bild 5).

Eine wichtige Maßnahme zur Sicherstellung der Qualität der Gewicht-

staumauer ist die Steuerung der Wärmeentwicklung in der Staumauer während der Bauphase. Hierzu sind bereits vor Beginn des Betonierens umfangreiche wärmetechnische Untersuchungen durchgeführt worden. Das vom Zentralen Labor für Baustofftechnik entwickelte Programm TEMP RISS zur Berechnung von Temperaturprofilen wurde um diese spezielle Anwendung sehr zementarmer Betonzusammensetzungen erweitert und wird für die Festlegung der einzubauenden Frischbetontemperaturen und Blockfolgen eingesetzt [1].

Parallel hierzu werden über Thermoelemente die Temperaturprofile an ausgewählten Blockfolgen gemessen und mit den Berechnungen verglichen. Zur Überwachung der Betonherstellung ist die Arge Labor Talsperre Leibis/Lichte gegründet worden, die mit dem vor Ort vorhandenen Labor und Personal eine qualitativ hochwertige Betonherstellung und -verarbeitung sicherstellt.



Bild 2: Ansicht der Betonmischanlage auf der Baustelleneinrichtung „Pferdekoppel“



Bild 3: Kabelkrananlage im Einsatz: Betoneinbau mit einem 6 m<sup>3</sup>-Kübel



Bild 4: Verteilung des Betons in einem Block mit einem Raupenfahrzeug



Bild 5: Einbau und Verdichtung des Betons mit Rüttelflaschen, die ein Kettendozer an einer Traverse führt

#### 4 Betontechnologische Randbedingungen für die Massenbetone

Für die gewählte Blockbauweise der Gewichtsstaumauer werden fünf verschiedene Betone eingesetzt:

- ❑ Kernbeton mit einem Größtkorn 125 mm
- ❑ Vorsatzbeton mit einem Größtkorn 125 mm
- ❑ Sohlenfeinbeton mit einem Größtkorn 32 mm
- ❑ Sohlenbeton mit einem Größtkorn 125 mm
- ❑ Arbeitsfugenbeton mit einem Größtkorn 32 mm

Wesentliche Anforderungen an diese Massenbetone sind [2]:

- ❑ Optimierung des Zementleim- bzw. Bindemittelgehalts
- ❑ Minimierung der Hydratationswärmeentwicklung
- ❑ gleich bleibend gute Verarbeitbarkeit in der Konsistenzklasse KS mit garantierter Verdichtbarkeit
- ❑ konstante Luftgehalte
- ❑ Regulierung der Frischbetontemperaturen zwischen 7 °C und 15 °C

Für die beiden Hauptsorten Kernbeton und Vorsatzbeton war darüber hinaus jeweils eine Mindestfestbetonrohichte von 2.300 kg/m<sup>3</sup> gefordert, die – ausgehend von den Voruntersuchungen der Bauhaus-Universität Weimar – mit den in die Untersuchungen eingeschlossenen Ausgangsstoffen nur schwierig zu erreichen war. Dieses Problem konnte jedoch durch den Einsatz von Grauwacke aus Kamsdorf gelöst werden.

Bezüglich der maximal zulässigen Temperaturgradienten zwischen den einzelnen Blöcken bzw. dem angrenzenden Fels waren folgende Forderungen einzuhalten:

- ❑ Temperaturgefälle innerhalb der Betonierblöcke zwischen Kern und Oberfläche in den ersten 14 Tagen: maximal 18 K
- ❑ Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Felstemperatur und maximaler mittlerer Betontemperatur des ersten Blocks: maximal 20 K
- ❑ Temperaturdifferenz der mittleren Betontemperaturen zwischen unterem Block und frisch betoniertem Block: maximal 25 K

Lediglich bei Blöcken mit  $h < 2,5$  m und/oder  $l < 15$  m waren Ausnahmen möglich.

#### 5 Blockbauweise

Die Gewichtsstaumauer wird beton-technologisch in drei verschiedene Blockarten unterteilt:

- ❑ Blöcke luft- und wasserseitig
- ❑ Blöcke mit Felskontakt
- ❑ innen liegende Blöcke

Insgesamt werden 1.163 Blöcke hergestellt.

Bedingt durch die Staumauer-geometrie werden quer zur Staumauerängsachse wiederum drei verschiedene Blocktypen definiert (Bild 6):

- ❑ Wasserseite: A-Blöcke
- ❑ innen liegend: B-Blöcke
- ❑ Luftseite: C-Blöcke

##### *Innen liegende Blöcke*

Bis zur zehnten Blockebene sind 108 innen liegende Blöcke angeordnet. Diese Blöcke haben nur Kontakt zu benachbarten Blöcken und werden

aus Kernbeton hergestellt. Der horizontale Anschluss zum darunter liegenden Block wird durch eine etwa 10 cm dicke Schicht aus Arbeitsfugenbeton gebildet.

*Blöcke luft- und wasserseitig*  
Luft- und wasserseitig werden 915 Blöcke hergestellt und zwar bis zur 29. Blockebene als A- und C-Blöcke, ab der 30. Blockebene nur noch als A-Blöcke.

Die wasserseitigen A-Blöcke müssen einem hohen Frostangriff in der Wasserwechselzone widerstehen können. Für diese Beanspruchungen ist der Vorsatzbeton ausgelegt. Er wird abhängig von der Staumauerhöhe in einer Dicke von 1,5 m bis 2,5 m auf der Wasserseite eingebaut. Die letzten fünf Blockebenen werden vollständig mit Vorsatzbeton betoniert.

Luftseitig sind die Blöcke durchgängig mit Vorsatzbeton 1,5 m dick herzustellen. Die horizontalen Arbeitsfugen werden den innen liegenden Blöcken entsprechend ausgeführt. Zusätzlich können diese Blöcke auch Felskontakt haben und müssen dann den Anforderungen an Blöcke mit Felskontakt entsprechen.

*Blöcke mit Felskontakt*  
Es werden rd. 140 Blöcke mit Felskontakt hergestellt. Davon sind

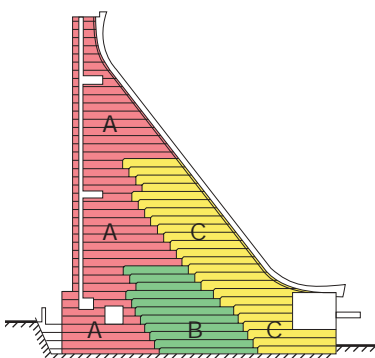


Bild 6: Anordnung der verschiedenen Blocktypen

sechs Blöcke Sohlblöcke. Alle anderen haben seitlichen Felskontakt. Die Anforderungen an den Sohlenbeton liegen zwischen denen des Kern- und des Vorsatzbetons. Aus baupraktischen Überlegungen heraus wurde auf den Sohlenbeton verzichtet und dafür der Vorsatzbeton mit dem zusätzlichen hohen Frostwiderstand eingesetzt. Für den Anschluss zum Fels ist Sohlenfeinbeton als Anschlussmischung in einer Mindestschichtdicke von 20 cm einzubringen, gefolgt von einer mindestens 1,0 m dicken Schicht Sohlenbeton = Vorsatzbeton.

Die Einbettung der Dehnfugenbänder erfolgt i.d.R. im Vorsatzbeton. Eine Ausnahme bilden die luft- und wasserseitig liegenden vertikalen Fugenbänder, die 50 cm tief in die Gründungssohle einbinden und mit Sohlenfeinbeton zu umschließen sind.

## 6 Voruntersuchungen und ausgewählte Anforderungen an die Ausgangsstoffe

Den Eignungsprüfungen vorlaufend wurden umfangreiche Voruntersuchungen zur Auswahl der Ausgangsstoffe durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk lag hierbei, wie bereits erwähnt, auf der Auswahl der Gesteinskörnungen, geeigneter Bindemittelkombinationen und auch der Betonzusatzmittel.

Diese Voruntersuchungen zur Auswahl geeigneter Baustoffe waren mit einem vorgegebenen Zeitrahmen von nur sechs Wochen zeitlich äußerst begrenzt. In dieser kurzen Zeit wurden

- fünf verschiedene Zemente,
- vier Flugaschen,
- 19 Betonzusatzmittel (vier Lieferanten) sowie

- zehn nach Art und Vorkommen unterschiedliche Gesteinskörnungen

hinsichtlich ihrer Eignung bezüglich der Anforderungen nach ZTV-Beton Leibis/Lichte [2] und ihrer möglichen Kombination untereinander untersucht [3]. Um einen derartigen Umfang realisieren zu können, wurde – ausgehend von Zementleimversuchen über Mörtelversuche bis zu ausgewählten Betonversuchen (Kernbeton) – ein Prüfplan aufgestellt und abgearbeitet. Nach Abschluss aller Untersuchungen konnten technisch mehrere Alternativen für die vertragliche Bindung zwischen Baustofflieferanten und Betonhersteller vorgeschlagen werden.

Die Anforderungen an die zu verwendenden Ausgangsstoffe sind nachfolgend auszugsweise dargestellt:

### 6.1 Zement

- Zemente nach DIN 1164-1 (Ausgabe Oktober 1994)
- Festigkeitsklasse 32,5 oder 32,5 R
- Mahlfineinheit, bestimmt als spezifische Oberfläche nach Blaine: zwischen 3.400 cm<sup>2</sup>/g und 4.100 cm<sup>2</sup>/g
- Erstarrungsbeginn bei 20 °C frühestens nach zwei Stunden
- Hydrationswärme nach einem Tag ( $Q_1$ )  $\leq 150$  J/g bzw. Hydrationswärme nach sieben Tagen ( $Q_7$ )  $\leq 270$  J/g, (Nachweis mit Differentialcalorimetrischer Analyse [DCA] zulässig)

Dabei sind folgende Schwankungsbreiten einzuhalten:

- Druckfestigkeit nach 28 Tagen  $\pm 2,5$  N/mm<sup>2</sup>
- Hüttensandgehalt  $\pm 3$  %
- Spezifische Oberfläche  $\pm 200$  cm<sup>2</sup>/g
- Erstarrungsbeginn  $\pm 30$  Minuten



## 6.2 Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnungen bestehen aus sechs Korngruppen (KGr), von denen vier bzw. sechs eingesetzt wurden:

KGr 1: 0,09/1 mm Natursand  
 KGr 2: 1/4 mm Natursand  
 KGr 3: 4/11 mm Splitt  
 KGr 4: 11/32 mm Splitt  
 KGr 5: 32/63 mm Schotter  
 KGr 6: 63/125 mm Schotter

Die Unbedenklichkeit aller Gesteinskörnungen gegenüber Alkali-Kieselsäure-Reaktionen (AKR) ist nachzuweisen. Außerdem sind die erhöhten Anforderungen nach DIN 4226 Teil 1 eQ, eCl und bei gebrochenem Material eK und eFT verlangt.

Weiterhin sind erhöhte Anforderungen an die Wasseraufnahme,

abschlammbare Bestandteile und bzgl. des Abnahmekriteriums für den Frostwiderstand gefordert.

## 6.3 Flugasche

Es dürfen nur Steinkohlenflugaschen nach DIN EN 450 (Ausgabe Januar 1995) verwendet werden.

Steinkohlenflugasche aus Trockenfeuerung hat insbesondere folgende Kriterien zu erfüllen:

- Kornrohddichte  $\geq 2,3 \text{ kg/dm}^3$
- Wasseranspruch  $< 30 \text{ M.-%}$
- Glühverlust  $< 5 \text{ M.-%}$

Eine geringere Kornrohddichte als  $2,3 \text{ kg/dm}^3$  ist möglich, wenn die Festbetonrohddichte von  $2.300 \text{ kg/m}^3$  nicht in Frage gestellt ist.

## 6.4 Betonzusatzmittel

Verwendete Betonzusatzmittel müssen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBT) und eine Zulassung nach der Richtlinie für Kunststoffe im Trinkwasserbereich (KTW) besitzen. Luftporenbildner dürfen sowohl zur Verbesserung des Frostwiderstands als auch zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit eingesetzt werden.

## 7 Eignungsprüfungen

Das Zentrale Labor für Baustofftechnik der Bilfinger Berger AG wurde im Dezember 2000 mit der Durchführung der Eignungsprüfungen beauftragt. Die Eignungsprüfungen beinhalteten Festbetonuntersuchungen bis zu 360 Tagen und eine Frostprüfung nach

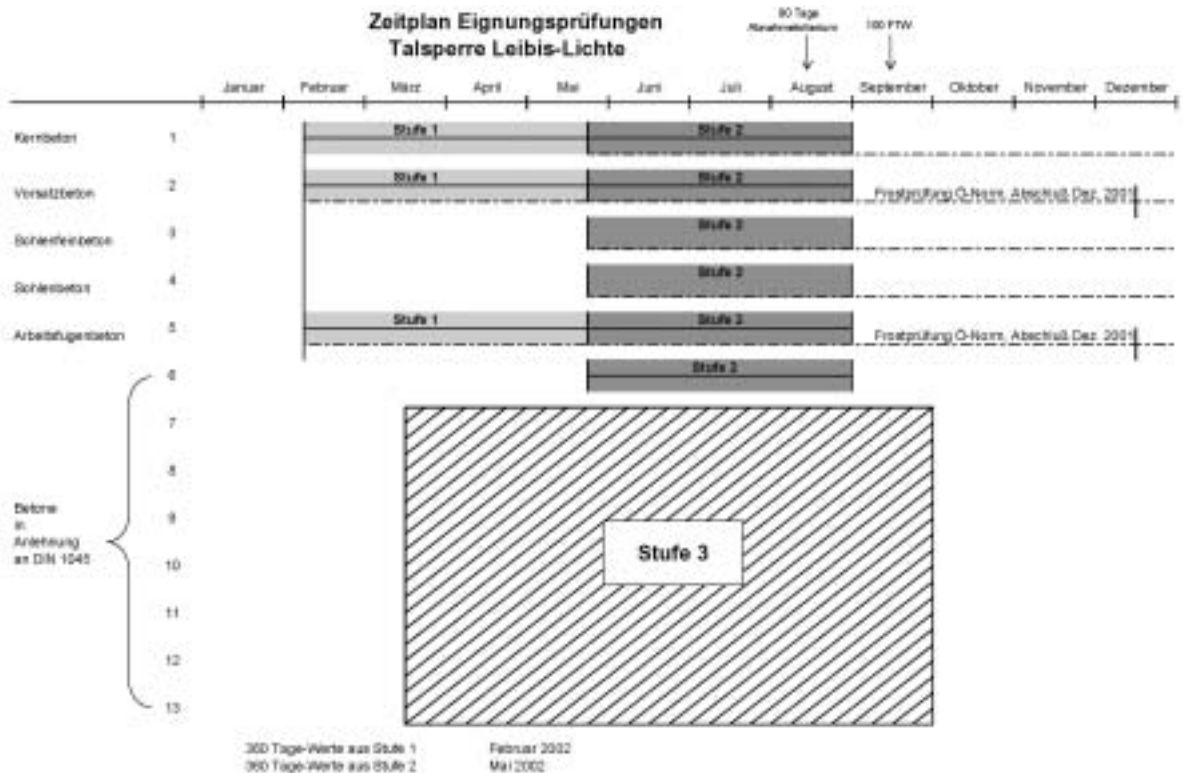


Bild 7: 3-Stufen-Zeitplan für die Eignungsprüfungen

Tafel 1: Anforderungen an die Zusammensetzung und an die Festbetonkennwerte der Massenbetone in der Eignungsprüfung

Prüfmerkmal	Kernbeton	Vorsatzbeton	Sohlen- feinbeton	Sohlen- beton	Arbeitsfugenbeton
maximaler Zementgehalt z	180 kg/m <sup>3</sup>	240 kg/m <sup>3</sup>	k.A.	k.A.	k.A.
äquivalenter Wasserzementwert	≤ 0,75	≤ 0,60	k.A.	k.A.	k.A.
Anrechenbarkeitswert k bei max. 25 % FA von z	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7
Größtkorn	125 mm	125 mm	32 mm	125 mm	32 mm
Konsistenzklasse	KS	KS	KR	KS	KR
Druckfestigkeit nach 90 Tagen	Nachweiskriterium Nennfestigkeit 20 N/mm <sup>2</sup> bei Einhaltung der 5 %-Fraktile				
Wasserundurchlässigkeit (WU) nach 90 Tagen	WU 0,4 / 90 max. Prüfdruck 4 bar	WU 1,0 / 90 max. Prüfdruck 10 bar			
Frostwiderstand nach ÖNORM B3303 mit 200 FTW	k.A.	Abnahme dyn. E-Modul nach 50 FTW ≤ 15 % nach 200 FTW ≤ 25 %	k.A.	k.A.	Abnahme dyn. E-Modul nach 50 FTW ≤ 15 % nach 200 FTW ≤ 25 %
Festbetonrohddichte nach 360 Tagen	> 2.300 kg/dm <sup>3</sup>	> 2.300 kg/dm <sup>3</sup>	k.A.	k.A.	k.A.

k.A.: keine Anforderung

ÖNORM B3303 mit 200 Frost-Tauwechseln (FTW) über einen Prüfzeitraum von 290 Tagen.

Durch die Einbeziehung zusätzlicher Prüfverfahren und eines 3-Stufen-Plans für die Eignungsprüfungen (Bild 7) gelang es, in enger Kooperation mit dem Planungsbüro und deren eingeschalteten Sachverständigen den Zeitraum für die Eignungsprüfungen von vorgesehenen 12 Monaten auf 6 Monate zu verkürzen und somit den geplanten Baubeginn im Oktober 2001 abzusichern.

Grundlage dieses 3-Stufen-Plans war es, nach 90 Tagen Untersuchungsergebnisse vorzuweisen, die eine zielsichere Auswahl geeigneter Betonzusammensetzungen ermöglichen. Aus diesem Grunde wurde neben der geforderten Frostprüfung nach ÖNORM nach 290 Tagen zusätzlich eine Frostprüfung mit dem CIF-Verfahren nach 90 Tagen durchgeführt. Diese Maßnahme

gewährleistet eine Beurteilung und letztendliche Festlegung der Betonzusammensetzung nach 90 Tagen, wobei durch die parallele Frostprüfung nach ÖNORM B3303 kein zeitlicher Verzug eintritt.

In Stufe 1 wurden der Vorsatzbeton und der Arbeitsfugenbeton aufgrund der Anforderungen an den Frostwiderstand und der Kernbeton (Hauptsorte der Gewichtsstaumauer) einbezogen. Es wurden für alle drei Betone obere und untere Bindemittelmengen festgelegt und Eignungsprüfungen dafür durchgeführt, um aufgrund der Ergebnisse innerhalb

der Spannweite die geeignete Zusammensetzung festzulegen. In Stufe 2 wurden, wenn notwendig, die bereits eingeschlagenen Betone nochmals eignungsgeprüft bzw. die noch offenen Hauptsorten ergänzt. Parallel hierzu läuft die Stufe 3. Bei diesen Betonen sind maximale Nachweise bis zu 90 Tagen notwendig.

Die wichtigsten Anforderungen an die Massenbetone sind in Tafel 1 aufgeführt.

Die gewählten Probekörperabmessungen weichen durch das verwendete Größtkorn von 125 mm erheblich

Tafel 2: Probekörperabmessungen in Abhängigkeit vom Prüfmerkmal

Prüfmerkmal	Probekörperabmessungen H x B x L [mm]
Verdichtungsmaß	300 x 300 x 600
Rohddichte	300 x 300 x 300
Spaltzug- und Druckfestigkeit	300 x 300 x 300
statischer E-Modul, Biegezugfestigkeit	200 x 200 x 800
Frostwiderstand	200 x 200 x 800
Wasserundurchlässigkeit	400 x 400 x 300



Bild 8: Kernbeton vor der Probekörperherstellung (links), während der Bestimmung (Mitte) und nach der Bestimmung des Verdichtungsmaßes (rechts)

von den üblichen Maßen ab; sie sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Einen Eindruck vom Umfang der Eignungsprüfungen (Bild 8) vermitteln einige Zahlenwerte:

- ❑ Herstellung von rd. 15 m<sup>3</sup> Beton unter Laborbedingungen!
- ❑ Herstellung und Prüfung von etwa 400 Probekörpern
- ❑ minimales Eigengewicht der Probekörper mit Größtkorn 125 mm 65 kg
- ❑ Prüfmuster i.d.R. nach 90 Tagen, d.h. 69 Tage Wasserlagerung und anschließend 21 Tage Luftlagerung oder in einigen Fällen Lagerung bis zur Prüfung unter Wasser

Tafel 3: Zusammensetzung der Massenbetone in der Eignungsprüfung

Betonsorte		Kernbeton	Vorsatzbeton	Sohlenfeinbeton	Sohlenbeton	Arbeitsfugenbeton
Zementart und Festigkeitsklasse		CEM II/B-S 32,5 R-NA	CEM II/B-S 32,5 R-NA	CEM II/B-S 32,5 R-NA	CEM II/B-S 32,5 R-NA	CEM II/B-S 32,5 R-NA
Zementgehalt z	kg/m <sup>3</sup>	120	150	215	150	180
Wassergehalt (w/z) <sub>eq</sub>	kg/m <sup>3</sup>	103 (k = 1,0) 0,64	110 (k = 0,7) 0,59	173 (k = 0,7) 0,62	110 (k = 0,7) 0,59	155 (k = 0,7) 0,74
Gesteinskörnung						
Sand (NS <sup>1)</sup> ) 0,09/1 Mittwitz	kg/m <sup>3</sup>	276	227	263	227	281
Sand (NS <sup>1)</sup> ) 1/4 Nobitz	kg/m <sup>3</sup>	212	268	351	268	375
Splitt (GW <sup>2)</sup> ) 4/11 Kamsdorf	kg/m <sup>3</sup>	332	322	366	322	390
Splitt (GW <sup>2)</sup> ) 11/32 Kamsdorf	kg/m <sup>3</sup>	391	380	808	380	862
Schotter (GW <sup>2)</sup> ) 32/63 Kamsdorf	kg/m <sup>3</sup>	497	483	-	483	-
Schotter (GW <sup>2)</sup> ) 63/125 Kamsdorf	kg/m <sup>3</sup>	452	419	-	419	-
Gesamtgehalt		2.160	2.099	1.788	2.099	1.908
Betonzusatzstoff Art		Steinkohlenflugasche	Steinkohlenflugasche	Steinkohlenflugasche	Steinkohlenflugasche	Steinkohlenflugasche
Gehalt	kg/m <sup>3</sup>	40	50	90	50	70
Betonzusatzmittel Art		LP	LP	LP BV	LP	LP BV
Gehalt	% von (z + k · f)	0,15	0,18	0,09 0,20	0,18	0,06 0,40
Betonkonsistenz		KS	KS	KR	KS	KR
Luftgehalt (eingerechnet)	Vol.-%	3,0	3,2	4,5	3,2	4,5
Frischbetonrohddichte (rechnerisch)	kg/m <sup>3</sup>	2.423	2.408	2.267	2.408	2.294

<sup>1)</sup> Natursand, <sup>2)</sup> Grauwacke

Aufgrund der Ergebnisse der Eignungsprüfungen konnten die zunächst vorgesehenen fünf Massentbetone auf vier reduziert werden, da anstelle des Sohlenbetons auch der Vorsatzbeton eingesetzt werden konnte.

Die nach den Eignungsprüfungen gewählten Zusammensetzungen dieser vier Betone sind in **Tafel 3**, die Festbetoneigenschaften in **Tafel 4** zusammengestellt.

Alle Anforderungen konnten sicher erreicht werden. Insbesondere die als

kritisch betrachtete Festbetonroh-dichte konnte mit einem deutlichen Vorhaltemaß von über 100 kg/dm<sup>3</sup> eingestellt werden.

Die Festbetonkennwerte der beiden Hauptsorten Kernbeton und Vorsatzbeton weisen vergleichbare Eigen-

*Tafel 4: Festbetonkennwerte der Massentbetone in der Eignungsprüfung*

Betoneigenschaft		Kernbeton	Vorsatzbeton	Sohlenfeinbeton	Arbeitsfugenbeton
Druckfestigkeit $\beta_{w200}$ nach 3 Tagen 7 Tagen 28 Tagen 90 Tagen 180 Tagen 360 Tagen	N/mm <sup>2</sup>	10,9	10,7	8,0	8,0
	N/mm <sup>2</sup>	16,3	15,4	13,6	11,6
	N/mm <sup>2</sup>	26,7	24,5	25,4	23,9
	N/mm <sup>2</sup>	30,6	29,1	30,7	27,6
	N/mm <sup>2</sup>	32,8	31,8	33,4	32,3
	N/mm <sup>2</sup>	35,2	34,0	35,8	35,0
Biegezugfestigkeit nach 7 Tagen 28 Tagen 90 Tagen	N/mm <sup>2</sup>	2,33	2,54	-	-
	N/mm <sup>2</sup>	3,26	3,35	4,19	3,77
	N/mm <sup>2</sup>	4,83	4,15	4,85	4,69
Spaltzugfestigkeit nach 3 Tagen 7 Tagen 28 Tagen 90 Tagen 180 Tagen	N/mm <sup>2</sup>	0,77	0,82	0,94	0,88
	N/mm <sup>2</sup>	1,02	1,11	1,56	1,26
	N/mm <sup>2</sup>	2,06	1,85	2,68	2,36
	N/mm <sup>2</sup>	2,15	2,01	3,06	2,61
	N/mm <sup>2</sup>	2,96	2,85	-	-
statischer Elastizitätsmodul nach 4 Tagen 7 Tagen 28 Tagen 90 Tagen	N/mm <sup>2</sup>	13.302	20.734	14.752	15.271
	N/mm <sup>2</sup>	17.007	21.917	18.308	-
	N/mm <sup>2</sup>	27.604	27.335	22.039	21.412
	N/mm <sup>2</sup>	30.192	30.246	22.365	21.738
Wassereindringtiefe (1,0 MPa) nach 28 Tagen 90 Tagen	mm	37	47	26	45
	mm	40	24	30	25
Festbetonroh-dichte nach 3 Tagen 7 Tagen 28 Tagen 90 Tagen	kg/dm <sup>3</sup>	2,430	2,390	2,290	2,320
	kg/dm <sup>3</sup>	2,422	2,401	2,291	2,337
	kg/dm <sup>3</sup>	2,426	2,405	2,282	2,299
	kg/dm <sup>3</sup>	2,434	2,405	2,306	2,340
Frostwiderstand 1) nach ÖNORM dynamischer E-Modul nach 25 FTW 50 FTW (< 15 %!) 100 FTW 150 FTW 200 FTW (< 25 %!) 2) nach CIF-Verfahren Abwitterung	%	-	4,4	-	4,8
	%	-	5,0	-	4,8
	%	-	7,4	-	6,0
	%	-	10,6	-	8,4
	%	-	16,3	-	4,8
	g/m <sup>2</sup>	-	667	-	598



schaften auf und sind somit Garant für einen weitestgehend homogenen Staumauerkörper.

Die Umsetzung der Betonzusammensetzung aus den Eignungsprüfungen an der Mischanlage erfolgte problemlos.

## 8 Qualitätssicherung / Güteüberwachung

Für die Qualitätssicherung wurde eine Laborarbeitsgemeinschaft mit einem sowohl in personeller als auch in technischer Hinsicht umfassend ausgestatteten Baustellenlabor eingerichtet.

Die Entnahme des Frischbetons erfolgt zwischen Mischanlage und Befüllstation der Krankübel mit einem Kippbehälter (Bild 9) aus dem Transportbetonfahrzeug. Transportiert werden die Betonproben mit einem Hubwagen (Bild 10). Die Wasserundurchlässigkeit z.B. wird an einer eigens für dieses Bauvorhaben gefertigten Messvorrichtung (Bild 11) geprüft.

Für den gesamten Ablauf des Betonbaus ist ein Qualitätsmanagement-(QM-)System entwickelt worden, das alle Bereiche umfasst – von der Prüfung der Ausgangsstoffe bis zum fertig gestellten Bauteil.

Ein entscheidender Aspekt beim Betoneinbau ist die Notwendigkeit der Einhaltung der maximal zulässigen Frischbetontemperatur. Zur Aussteuerung, insbesondere in den Sommermonaten, stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- ❑ Begrenzung der Anlieferungstemperatur der Ausgangsstoffe
- ❑ Abschattung und/oder Kühlung der Ausgangsstoffe im Vorratslager, z.B. mit Wasser oder Scherbeneis



*Bild 9: Kippbehälter*



*Bild 10: Transport der Betonproben*



*Bild 11: WU-Prüfeinrichtung*

- Absenken der Frischbetontemperatur durch Austausch von Anmachwasser gegen Scherben- eis, begrenzt allerdings auf etwa 80 kg/m<sup>3</sup> Beton

Während des bisherigen Bauablaufs konnten selbst im außergewöhnlich heißen Sommer 2003 die jeweils geforderten Frischbetontemperaturen eingehalten werden.

Die Güteüberwachungen wurden gegenüber den Vorgaben aus der ZTV-Beton zugunsten von zusätzlichen bzw. häufigeren Untersuchungen an den Ausgangsstoffen und einem für die Güteüberwachung eigens entwickelten Referenzmörtel verschoben. Im Gegenzug konnten die durchzuführenden Festbetonprüfungen reduziert werden. Dadurch ist eine bessere Aussteuerungsmöglichkeit bei den unvermeidbaren Schwankungen in den Ausgangsstoffen gegeben.

## 9 Stand der Arbeiten

Bis Ende Mai 2004 sind etwa 400.000 m<sup>3</sup> der Massenbetone eingebaut worden und die Arbeiten in der 27. von 41 Blockebenen angekommen., d.h. die Arbeiten befinden sich bereits im Bereich, der nur aus A- und C-Blöcken besteht.

## 10 Zusammenfassung

Die aufgezeigte Vorgehensweise bei den Eignungsprüfungen ermöglichte einen kürzeren Zeitraum der Entscheidungsfindung bezüglich geeigneter Betonzusammensetzungen als üblicherweise für derartige Baumaßnahmen notwendig. Eine modifizierte Güteüberwachung mit stärkerem Augenmerk auf die Eingangsgrößen hat den Vorteil einer schnelleren Einflussnahme auf Veränderungen in den Ausgangsstoffen und führt i.d.R. zu geringen Prüfstreuungen.

## 11 Literatur

- [1] Nietner, L.; Schmidt, D.: Temperatur- und Festigkeitsmodellierungen durch Praxiswerkzeuge, Grundlage dauerhafter Betonteile. Beton- und Stahlbetonbau 98 (2003) H. 12, S. 738 - 746.
- [2] ZTV-Beton – Talsperre Leibis/Lichte, Ausgabe 2, 1999 (Bestandteil des Vertrags, erarbeitet i.A. der Thüringer Fernwasserversorgung von HPI - Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft, Erfurt, und Büro Schattschneider, Weimar).
- [3] Bilfinger Berger AG, Zentrales Labor für Baustofftechnik, Talsperre Leibis/Lichte, Prüfberichte und Projektunterlagen.

## Bauschild Talsperre Leibis/Lichte

Bauherr	Thüringer Fernwasserversorgung
Bauausführung	Arbeitsgemeinschaft Talsperre Leibis/Lichte: Bilfinger Berger AG Ingenieurbau (techn. Federführung) Oevermann GmbH & Co. KG (kfm. Federführung) Bickardt Bau AG Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG
Planung und Bauüberwachung	Arbeitsgemeinschaft Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft, Erfurt, und Lahmeyer International, Frankfurt
Prüfingenieur und Bauherrenberatung	Prüfingenieur für Baustatik Dr. Linse, München Ingenieurbüro Schattschneider, Weimar F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Weimar Prof. Dr.-Ing. habil. J. Stark, Dipl.-Ing. W. Burkert
Projektsteuerung	GS Salveter GmbH, Netphen
Betonlieferant	Rapid-Beton GmbH, Teltow
Betonentwurf und Eignungsprüfungen	Bilfinger Berger AG Zentrales Labor für Baustofftechnik
Betonüberwachung	Laborarbeitsgemeinschaft Talsperre Leibis/Lichte: Bilfinger Berger AG Zentrales Labor für Baustofftechnik (techn. Federführung) BPB Baustofftechnik Prüf- und Beratungsgesellschaft mbH (kfm. Federführung)