
Dosiergarantie bei Spritzbetonarbeiten am Beispiel des Heidkopftunnels

WET-MIX SPRAYED CONCRETE, A BONUS SCHEME USED AT THE HEIDKOPFTUNNEL

HELMUT GÖHRINGER, WOLFGANG ALDRIAN

Südlich von Göttingen verbindet der „Heidkopftunnel-Tunnel der Deutschen Einheit“ als Autobahntunnel der A38 die Länder Niedersachsen und Thüringen. Der Ausbruch erfolgte überwiegend im Sprengvortrieb, die Sicherung mit Nassspritzbeton, welcher von der Baustellenmischanlage angeliefert wurde. Die bei Tunnelbaustellen übliche Konstellation der verschiedenen Vertragspartner rund um den Spritzbeton war auch hier anzutreffen. Die Schwierigkeit einer praxisnahen und effektiven Zusammenführung aller Überwachungsstationen ist hinlänglich bekannt, gefordert wird sowohl ein technischer als auch wirtschaftlicher Erfolg. Die Baustelle entschied sich daher mit dem Beschleuniger-Lieferanten eine Dosiergarantie mit einem Bonus-Malus System einzugehen. Ein mit der Überwachung betrauter, tagsüber ständig anwesender Beton-Laborant entwickelte sich zum wichtigsten Eckpfeiler der Dosiergarantie.

The „Heidkopftunnel-Tunnel der Deutschen Einheit“ is a road tunnel linking Lower Saxony and Thuringia. The excavation was done using the drill and blast technique. Wet-mix sprayed concrete, supplied from a batching plant located at site, was used as the means of providing ground support. At the beginning of the wet-mix sprayed concrete application the setup was as known from other sites, a difficult contractual situation with different priorities for each party involved. The site concept was to streamline the priorities in order to achieve their technical and commercial goals. For that reason a contract was signed with the sprayed concrete set accelerator supplier, where the accelerator dosage was linked to a bonus scheme. It turned out, that a technician especially employed for checking the wet-mix sprayed concrete proved vital for the commercial and technical success of the bonus scheme.

1. Die Baustelle

Südlich von Göttingen verbindet der Heidkopftunnel - Tunnel der Deutschen Einheit - als Autobahntunnel der A 38 die Bundesländer Niedersachsen und Thüringen. Beide Röhren haben eine Länge von je ca. 1700 m und sind mit insgesamt fünf

Querschlägen verbunden. Alle Querschläge wurden bereits während der Kalottenauffahrung ausgebrochen und so groß konzipiert, dass sie mit den Vortriebsgeräten befahren werden konnten. Die Auffahrung der Kalotten im Sprengbetrieb erfolgte parallel, wobei eine Kalotte ca. 50 m voraus eilte. Ab dem Beginn des Strossenvortriebes nach Auf-

4. Idee der Vereinbarung über den zu erwartenden Beschleunigerverbrauch

Bis zu diesem Zeitpunkt sind noch keine neuen Erkenntnisse gegenüber anderen Baustellen zu verzeichnen. Bei der Umsetzung von Spritzbetonprüfplänen treten jedoch oft Probleme auf, da eine Fülle von Prüfkriterien zu berücksichtigen sind und vor allem aufwendige Routinearbeiten den Blick für das Wesentliche erschweren. Vier bis fünf Überwachungsstationen und die unterschiedlichen damit befassten Personen arbeiteten zwar nach dem abgestimmten Prüfplan, sind aber im Allgemeinen zu sehr voneinander isoliert.

Die Zulieferer erfüllen im Normalfall die geforderten Qualitätsanforderungen und dokumentieren dies auch entsprechend. Treten jedoch Probleme auf, dauert es meist viel zu lange die Ursachen zu finden. Ob die Ursachenforschung durch die von den jeweiligen Vertragspartner dokumentierte Qualitätserfüllung nicht sogar erschwert wird, soll hier nicht beantwortet werden. Jeder Vertragspartner beweist in solchen Fällen mit der entsprechenden Menge Papier, dass jeweils sein Produkt ganz genau den Anforderungen entspricht, dies obwohl das Endprodukt Spritzbeton offensichtlich nicht die Qualitätsvorgaben erfüllt.

Abgesehen von der Verantwortungsproblematik ist es unter den Tunnelbauern weit verbreitetes Wissen, dass die beim Einzelversuch erreichten Beschleunigerdosierungen oft signifikant von den später realisierbaren Werten abweichen.

Das Interesse sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht konzentriert sich deshalb nahezu ausschließlich bei der ausführenden Tunnelbaufirma. Es galt somit ein System zu finden, das schnell und wirksam greift und trotzdem die geforderten Qualitätskriterien erfüllt.

Die Tunnelbaufirma sah im Beschleunigerlieferanten den idealen Partner, um die oben angesprochene Problematik in effizienter Weise gemeinsam zu lösen. Dazu wurde zwischen den beiden Partnern in Vorgesprächen ein zweistufiges Vorgehen erarbeitet. Nach einer mehrwöchigen Test- und Beobachtungsphase sollte versucht werden ein geeignetes Modell zu finden, welches die auf der Baustelle im Dauerbetrieb erzielten Beschleunigerdosierungen möglichst nahe an die der Vorversuche bringt. Eine Dosiergarantie sollte auf jeden Fall in diesem Modell enthalten sein.

Der Vorteil lag für beide Parteien auf der Hand. Für die Tunnelbaufirma ergab sich eine kommerzielle

Eingrenzung der zu erwartenden Beschleunigerkosten und die Gewissheit, dass der Beschleunigerlieferant sich intensiv um den Spritzbeton kümmert und etwaige Missstände schnellstmöglich abstellt. Für den Beschleunigerlieferanten ergab sich ein Wettbewerbsvorteil und die Möglichkeit, als Partner der Tunnelbaufirma zu arbeiten und nicht nur als Lieferant angesehen zu werden.

5. Versuchsphase

Das von der Tunnelbaufirma vorgeschlagene Spritzbetonrezept, 380 kg/m³ CEM I 52.5 R Zement, 50 kg/m³ Kalksteinmehl wie auch der Einsatz eines Polycarboxylatethers (PCE) als Fließmittels zeigten sich sofort als gut geeignet für die gegebenen Anforderungen. Es wurde deshalb der Schwerpunkt der Betreuungsarbeit auf das möglichst korrekte Feststellen des "Ist-Zustandes" im Vortriebsalltag gelegt. Eine "rund um die Uhr Beobachtung" und das Beheben der Abweichungen war hierzu unumgänglich.

Die Beobachtung wurde deshalb auf 4 Säulen gestellt:

- Automatische Datenerfassung auf dem Spritzmobil und dessen Auswertung
- Intensive Betreuung durch Techniker vor Ort
- Systematische Auswertung aller spritzbetonrelevanten Lieferscheine
- Verknüpfung aller Informationen



Bild 3: Spritzmobil im Portalbereich West

5.1 Automatische Datenerfassung auf dem Spritzmobil

Moderne Spritzmobile sind mit automatischen Datenerfassungseinheiten ausgestattet. Aufgezeichnet werden dabei meist die Einsatzzeit, geförderte Beton- und Beschleunigermenge, eingestellte Dosierung, Störungsmeldungen und oft auch der Zeitpunkt von Eingabeänderungen. Die grafische Auswertung erfolgt dann nach Mittelwerten der geför-

dernten Mengen bzw. der Beschleunigerdosierungen, wobei der Auswertungszeitraum relativ frei gewählt werden kann [2]. Bild 4 zeigt die Datenerfassungseinheit eines namhaften Spritzmobilherstellers.



Bild 4: Datenerfassungseinheit für Spritzmobil

Die Erfassung der Beschleunigermenge erfolgt direkt durch einen Durchflussmesser, die der gepumpten Betonmenge durch einen Kunstgriff. Dabei wird die Anzahl der Förderzylinderhübe mit oft leistungsabhängigen Füllungsgraden multipliziert und aufsummiert. Die erreichbare Genauigkeit hängt deshalb ganz allgemein an der Gleichmäßigkeit des Betons - um immer gleiche Zylinderfüllungsgrade zu gewährleisten - und auch an der Softwareverknüpfung mit der Förderleistung.

Die Auswertung des mehrere Wochen langen Beobachtungszeitraums ergab folgendes Bild: Es wurden 2817 m³ Beton verspritzt, die mittlere von der Software des Spritzmobils errechnete Beschleunigerdosierung lag bei 5,44 % des Zementgewichts, der maximale Tagesverbrauch lag bei 6,74 % und der minimale bei 4,80 %. Die Genauigkeit dieser Angaben war jedoch noch zu überprüfen.

Die Dosiereinstellungen für den Beschleuniger am Spritzmobil variierten zwischen minimal 3,80 % und maximal 8,10 %. Für die Darstellung in Bild 5 wurden Spritzvorgänge von 10 Tagen im Mai ausgewertet. Die Dosiereinstellungen (minimal - maximal) pendeln um 6,5 %. Die Düsenführer kehrten zu diesem Zeitpunkt also immer zu der von ihnen offensichtlich für richtig befundenen Einstellung zurück. Zusätzlich zeichnete die Datenerfassung eine größere Anzahl an automatischen Maschinenabschaltungen auf, welche im Normalfall auf Leistungsstopfer hinweisen.

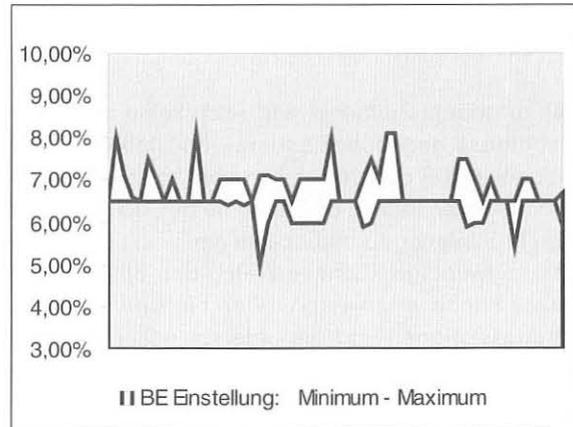


Bild 5: Dosierbereich, minimale - maximale Dosiereinstellungen am Spritzmobil, jeder einzelne Spritzvorgang ist dargestellt

5.2 Betreuung durch Techniker

Da zu diesem Zeitpunkt eine wirkliche "rund um die Uhr Betreuung" des Spritzbetons aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich war, wurde die Baustelle an jeweils 2-3 Tagen pro Woche intensiv tagsüber und auch teilweise nachts von meist 2 Technikern des Beschleunigerlieferanten betreut.

Eine ihrer Aufgaben war es, das Bereitstellungsgemisch auf das Einhalten der Rezeptvorgaben zu untersuchen, was am Gelände der Mischanlage durchgeführt wurde. Schwerpunkt war dabei die Prüfung des Gesamtwassers durch Darrversuche, die Beobachtung des Konsistenzverhaltens des Betons und die Temperatur des Bereitstellungsgemisches. Zusätzlich war vor Ort der Spritzvorgang zu beobachten, die Beschleunigerdosiereinstellungen am Gerät zu dokumentieren, stichprobenartig der Beschleunigerverbrauch am Tankcontainer des Spritzmobils durch Abstichmessungen zu überprüfen, allfällige Auffälligkeiten beim Spritzvorgang zu notieren und die Frühfestigkeitsentwicklung mit der Penetrationsnadel festzuhalten.

Bei den Prüfungen zeigte sich, dass vor allem das Gesamtwasser des Bereitstellungsgemisches stärkeren Schwankungen unterworfen war.

Generell versuchten die Düsenführer den Spritzbeton zum Halten zu bekommen. Kam er ihnen zu weich vor, wurde die Dosierung sofort aufgedreht, was gut mit den parallel ermittelten zu hohen w/z Werten des Betons korrelierte.

Andererseits führte zu starkes Zurücksteifen der Bereitstellungsmischungen zufolge zu wenig Wasser öfters zu "Stopfern", zeitweise noch verschärft durch sehr hohe Betontemperaturen.

Die Beobachtungen ergaben außerdem, dass die Dosiereinstellungen relativ oft nachjustiert wurde.

Die Frühfestigkeit des Spritzbetons lag im oberen J2 Bereich, die Betonauftragsstärken meist zwischen 20 und 30 cm. Bei guten bis optimalen Frischbetoneigenschaften wurde gegen Ende der Versuchszeit mit etwa 5 % Dosiereinstellung am Spritzmobil gearbeitet.

5.3 Lieferscheinkontrolle

Aussagen zu Beschleunigerverbräuchen wurden auf vielen Baustellen meist sehr schnell durch eine einfache Kontrolle der gelieferten Massen relativiert. Es war deshalb unumgänglich, sofort in relativ engen Intervallen diese Kontrolle mitzuziehen. Man hat damit die Möglichkeit, einerseits in kleinen Betrachtungszeiträumen die Voreinstellung des leistungsabhängigen Füllungsgrades am Spritzmobil zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren und andererseits durch einen langen Betrachtungszeitraum auch alle "Streuverluste" der Beschleunigerlogistik auf der Baustelle einzuarbeiten.

Dazu mussten, zusätzlich zu den Lieferscheinen, zum jeweiligen Kontrollzeitpunkt alle Beschleunigerlagerbehälter und deren Füllmenge erfasst werden. Bei den Betonmengen einigte man sich auf die auf den Lieferscheinen angegebenen Mengen.

Die Auswertung ergab am Ende des Versuchszeitraumes einen mittleren Verbrauch inklusive aller Verluste von 22,5 kg Beschleuniger je m³ Spritzbeton, was einer Dosierung von 5,92 % entsprach.

5.4 Verknüpfung aller Informationen

Setzt man den aus den Lieferscheinen errechneten Beschleunigerverbrauch als korrekt voraus, so ergab sich daraus eine um 8,6 % zu optimistische Dosieranzeige am Spritzmobil. Die dort erfassten Tagesmittelwerte schwankten demnach zwischen 5,2 % und 7,3 %.

Die Ungenauigkeit dieser "Fehlerabschätzung" lag in der Bewertung des Beschleunigerlagerbestandes, der noch relativ groß war im Vergleich zum verspritzten Beschleuniger. Ein längerer Beobachtungszeitraum würde dieses Verhältnis ändern und damit automatisch die Genauigkeit der "Fehlerabschätzung" erhöhen.

Der Grund für die Schwankungen der Dosierungen lag an den teilweise zu hohen w/z Werten und der daraus resultierenden Unsicherheit der Düsenführer.

Die zu optimistische Beschleunigeranzeige am Spritzmobil hatte ihre Ursache in den zeitweise schlechteren Zylinderfüllungsgraden und den beobachteten Verlusten auf der Baustelle.

Die geforderten Frühfestigkeiten wurden mit den angepassten Dosierungen problemlos erreicht.

Aus Sicht des Beschleunigerlieferanten bestand auf dieser Baustelle nun die Möglichkeit, mit einer engen Kontrolle des Bereitstellungsgemisches dessen w/z - Wert Schwankungen zu reduzieren und mit einem gleichmäßigen Beton das Vertrauen der Düsenführer in geringere Beschleunigerdosierungen zu gewinnen.

6. Vertrag

Die Versuchsphase hatte schon gezeigt, dass nur mit einer permanenten Anwesenheit eines Technikers oder qualifizierten Laboranten auf der Baustelle die beobachteten, meist berechtigten Beschleuniger - Dosierschwankungen abzustellen waren.

Nach mehreren Diskussionen entschied man sich, gemeinsam einen Betonlaboranten einzustellen, der ständig vor Ort sein sollte und neben der Abarbeitung des Prüfplanes auch die Überwachung der gesamten Produktionskette Spritzbeton durchzuführen hatte.

Der Laborant wurde eingestellt und vom Beschleunigerlieferanten in die Spritzbetonüberwachung eingewiesen. Durch seine zentrale Tätigkeit hatte er zwar für mehrere Vertragsparteien gearbeitet, seine Koordination und damit auch die Verantwortung die Produktionskette Spritzbeton betreffend blieb jedoch beim Lieferanten des Beschleunigers. Die bestehende Eigenverantwortung der Lieferanten bzw. der Eigenüberwacher blieb jedoch unangetastet.

Der zwischen der Tunnelbaufirma und dem Beschleunigerlieferanten abgeschlossene Vertrag beinhaltete zusätzlich zur gemeinsame Finanzierung des Betonlaboranten und dessen administrativer Einbindung einen garantierten Beschleunigerverbrauch.

Die Garantiedosierung wurde nach zähem Ringen als Zieldosierung mit 5,75 % und Übergangsbereich darüber bzw. darunter festgelegt. Sie lag damit unter dem bis zu diesem Zeitpunkt ermittelten mittlerem Verbrauch. Der Übergangsbereich sah eine Teilung der Mehrkosten bzw. des Ersparnis vor (Bonus-Malus System). Dieser Anreiz zur Minimierung des Beschleunigerverbrauchs war, zusätzlich

zum Laboranten, der Hauptgrund der Tunnelbau-firma für den Vertragsabschluss.

Als Vertragsbeginn wurde Mitte Juni 2004 festgelegt, der Hauptteil des Tunnels war somit noch aufzufahren. Der Isolierträgerauftrag war nicht Bestandteil des Vertrages.

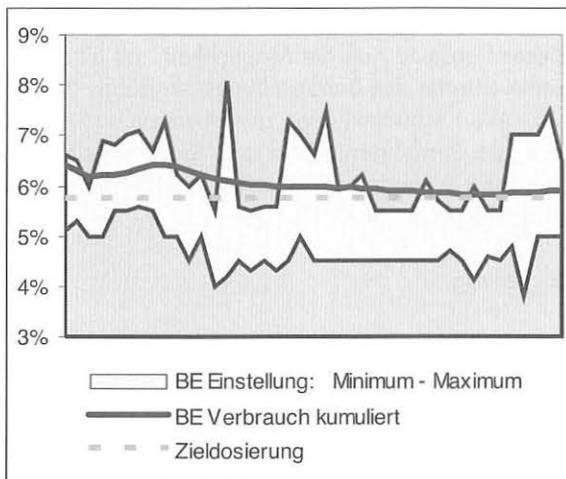


Bild 6: Dosiereinstellungen, minimale-maximale Beschleunigereinstellung (Tagesmittel), geeichter kumulierter Verbrauch sowie Zielwert vor Beginn der Garantiezeit, Darstellungszeitraum 5 Wochen

7. Dosiergarantie - Erfahrungen

Der Versuchszeitraum hatte gezeigt, dass die meisten Düsenführer jeweils ihre persönliche "richtige" Dosiereinstellung im Kopf hatten. Sie kehrten immer wieder dorthin zurück, nachdem sie die Dosierung kurzzeitig erhöht hatten, meist wegen zuviel Wasser im Bereitstellungsgemisch. Andere wiederum übernahmen einfach ungeprüft die Einstellungen ihrer Vorgänger und spritzten damit weiter.

Für ein möglichst gleichmäßiges Bereitstellungsgemisch zu sorgen und gleichzeitig die notwendige Dosierung auch in den Köpfen der Mineure abzusenken war das erklärte Ziel.

7.1 Vorgangsweise

Die Verbrauchswerte für den Erstarrungsbeschleuniger wurden täglich überprüft. Darüber hinaus fanden regelmäßig Besprechungen mit Erfahrungsaustausch statt.

Wesentlich dabei war die Vorschau auf zu erwartende Probleme mit möglichen Lösungsvorschlägen. Außentemperaturschwankungen, erhöhter Wasserandrang im Tunnel etc. waren Beispiele da-

für. Wichtig war auch, darauf zu achten, dem Laboranten genügend Zeit zu lassen, sich auch um das gewünschte Optimierungspotential kümmern zu können. Zum Beispiel wurden zeitweise die Spritzbetonkerne von der Tunnelbau-firma selbst gebohrt, weil die intensive Betreuung der Frischbetoneigenschaften vordringlicher war.

Die Dosiergarantie bezog sich auf errechnete/gemessene Prozente des Beschleunigers, der Fokus der Optimierung war jedoch auf die eingestellten Dosierungen zu legen. Da ließen sich die Schwächen des gelieferten Betons und die Anpassungen der Düsenführer an geänderte Verhältnisse bzw. deren Dosiervorlieben besser erkennen.

In der Versuchsphase wurde, wie bereits oben erwähnt, eine geringfügig zu optimistische Dosieranzeige am Spritzmobil ermittelt. Da zu erwarten war, dass bei sehr gleichmäßigen Betonlieferungen die Anzeigengenauigkeit automatisch steigen würde, wie auch aus psychologischen Gründen, sah man von einer Nachjustierung der Gerätesoftware bezüglich leistungsabhängigem Füllungsgrad ab. Bei der Auswertung der Rohdaten wurde jedoch ein Korrekturfaktor für den Verbrauch angesetzt. Einstelldosierungen wurden weiterhin unkorrigiert dargestellt.

Durch den Laboranten und die zeitnahe Auswertung der Datenerfassungseinheit wurden alle Dosierhöhungen erfasst und konnten den jeweiligen Bereitstellungsgemischen zugeordnet werden. Bild 7 zeigt die Auswertung der Spritzvorgänge vom 21.6. bis zum 26.6. Der Dosieranstieg kann dabei genau dem 23.6., in der Zeit von 11:20 bis 12:00, zugeordnet werden. Mit der erhöhten Dosierung von 8% wurde der zu nasse Beton, dies wurde durch paralleles Darren festgestellt, im Vortriebsbereich platziert.

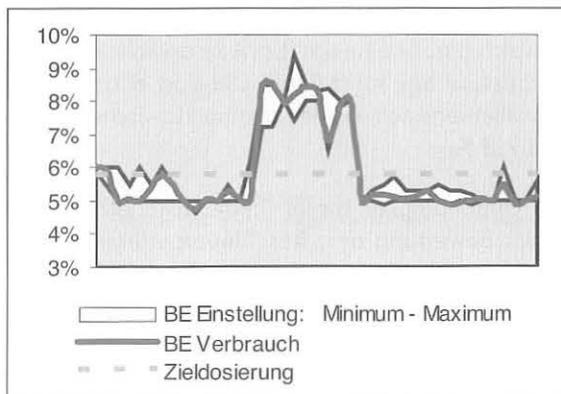


Bild 7: Auswertung Spritzvorgang mit Rohdaten aus Datenerfassungseinheit, Dosiereinstellungen, Verbrauch und Zieldosierung

Es zeigte sich recht schnell, dass die Ursache der w/z Schwankungen in der variablen Zuschlagsfeuchte lag. Der Zuschlag lag frei neben der Mischanlage, wurde durch Platzregen völlig durchnässt und danach durch das warme Frühsommerwetter sofort wieder angetrocknet. Die Sonde zur Feuchtemessung auf der Mischanlage reagierte zu träge um die Schwankungen auszugleichen.

Zur schnellen Abhilfe wurde deshalb begonnen, den Zuschlag grundsätzlich zu beregnen und damit immer feucht zu halten.

Parallel dazu wurden die Beschleuniger - Einstell-dosierungen zeitnah ausgelesen und gefiltert. Hervorgehoben wurden dabei Bereiche mit hohen bzw. zu hohen Dosierungen (Tabelle 1).

Abgesehen von dem Feststellen der Werte zeigte sich das zeitnahe Reagieren auf Abweichungen als das wichtigste Element. Hohe Dosiereinstellungen wurden rückverfolgt, deren Ursachen festgestellt und falls notwendig, sofort behoben.

Nach der Optimierung der Einzelschritte fassten die Düsenführer Vertrauen in den immer gleichmäßiger kommenden Beton und reduzierten auch eigenständig die Dosiereinstellung. Man kann in Bild 8 sehr

Spritzvorgang	Beschleuniger	
	min. [%]	max. [%]
21.06.2004/190 (01:25 - 05:40)	5,90	6,00
21.06.2004/191 (06:08 - 07:56)	5,40	6,00
21.06.2004/193 (10:50 - 16:49)	5,00	6,00
21.06.2004/194 (16:54 - 17:15)	5,00	5,50
21.06.2004/195 (17:16 - 21:30)	5,00	6,00
21.06.2004/196 (21:55 - 00:36)	5,00	5,50
22.06.2004/197 (01:37 - 05:28)	5,00	6,00
22.06.2004/198 (08:09 - 10:24)	5,00	5,50
22.06.2004/199 (10:31 - 14:14)	5,00	5,00
22.06.2004/200 (14:21 - 16:51)	4,60	5,00
22.06.2004/201 (17:05 - 21:02)	5,00	5,00
22.06.2004/202 (21:40 - 23:34)	5,00	5,00
22.06.2004/203 (23:41 - 03:49)	5,00	5,50
23.06.2004/204 (04:04 - 08:04)	5,00	5,00
23.06.2004/205 (08:15 - 11:20)	5,00	6,20
23.06.2004/206 (11:20 - 12:00)	7,20	8,50
23.06.2004/207 (12:13 - 15:24)	7,20	8,50
23.06.2004/208 (15:43 - 16:59)	8,00	8,00
23.06.2004/209 (17:47 - 19:02)	7,40	9,40

Tab. 1: Gefilterte Beschleuniger - Dosiereinstell-dosierungen

schön sehen, wie gering die Variation im Vergleich zu Bild 5 ist. Der dargestellte Zeitraum deckt alle Spritzvorgänge innerhalb von 10 Tagen im August ab und ist deshalb auch als repräsentativ für die Düsenführer aller Vortriebsdritte anzusehen. Die Einstellungen pendeln jetzt auch um 5 % und nicht, wie vor der Optimierung, um höhere Werte.

Es wird hier besonders betont, dass die gleichbleibend gute Zementqualität den Erfolg der Optimierungsarbeiten erleichtert, wenn nicht sogar erst ermöglicht hat.

Als logische Konsequenz der reduzierten Dosiereinstellungen ging natürlich auch der tatsächliche Beschleunigerverbrauch zurück.

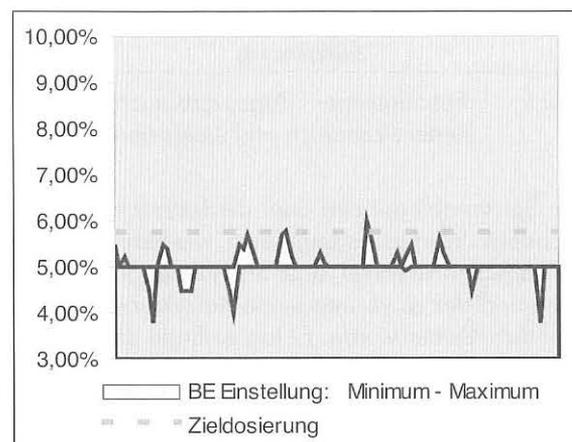


Bild 8: Zieldosierung, Dosierbereich mit minimaler - maximaler Dosiereinstellung am Spritzmobil. Jeder einzelne Spritzvorgang ist dargestellt

Es hatte sich bewährt, einmal pro Woche der Baustelle einen kurzen Bericht über die jeweils letzte Woche wie auch eine Gegenüberstellung der parallel laufenden Verbrauchsmessungen (errechnet aus Lieferscheinen und gemessen mit der Datenerfassung) zukommen zu lassen. Bild 9 zeigt eine Grafik aus diesen Berichten. Dargestellt wird der mittlere Tagesverbrauch, der kumulierte Verbrauch und die vereinbarte Zieldosierung.

Man kann gut erkennen, dass ab Mitte des dargestellten mehrmonatigen Zeitraums die relativ großen Schwankungen im Tagesverbrauch signifikant geringer werden. Dieser Zeitpunkt fällt mit der Bewässerung der Zuschläge und mit der permanenten Anwesenheit des eingestellten Laboranten auf der Baustelle zusammen. Der zusätzliche weitere Rückgang etwas später wurde außerdem durch den Strossenvortrieb begünstigt.

Der längere Beobachtungszeitraum ermöglichte nun einen genaueren Vergleich der Dosieranzeige

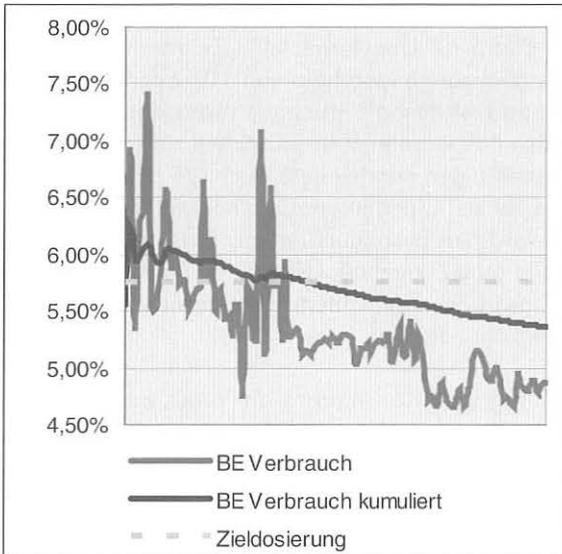


Bild 9: Beschleuniger - Tagesverbrauch, kumulierter Verbrauch und Zieldosierung

am Spritzmobil mit den über die Lieferscheinen errechneten Werten. Es zeigte sich, wie bereits zu Garantiebeginn vermutet, dass die Anzeigegenauigkeit stieg und der zu verwendende Korrekturwert kontinuierlich kleiner wurde. Er lag zu Ende der Garantiezeit bei nur mehr 1,024 (2,4% zu optimistische Anzeige). Die tatsächlichen Beschleunigerdosierungen lagen damit 0,10 - 0,15 Prozentpunkte über den am Gerät angezeigten.

7.2 Ergebnis

Als die Vortriebsarbeiten nahezu fertig waren und Spritzbeton nur mehr für den Abdichtungsträger und einige Arbeiten an der Strosse gebraucht wurde, lief das Garantiemodell aus. Es hatte sich gezeigt, dass durch die permanente Anwesenheit des Betonlabo-

ranten und seine Fokussierung auf den Spritzbeton ein rasches Reagieren auf Fehlentwicklungen in der Produktionskette Spritzbeton möglich war. Die benötigten Beschleunigerdosierungen konnten dadurch nahezu kontinuierlich abgesenkt werden. Folgende Ergebnisse lagen zu Ende der Garantiezeit vor:

- Durchschnittlich 19,2 kg alkalifreien Beschleuniger pro m³ dosiert.
- Der Verbrauch entspricht einer Dosierung von 5,07 % bezogen auf 380 kg Zement.
- Die Frühfestigkeit lag dabei im obersten J2 Bereich.
- Die mittlere 12 h Festigkeit lag bei 7,7 MPa.
- Die mittlere 24 h Festigkeit lag bei 18,2 MPa.
- Die mittlere 28 d Festigkeit lag bei 39,7 MPa.

8. Zusammenfassung

Das bei Vertragsabschluss gesteckte Ziel, eine Absenkung des Beschleunigerverbrauchs bei gleichzeitiger Gewährleistung der Spritzbetonqualität, konnte mit dem Modell eines auf den Spritzbeton fokussierten Laboranten und einem Bonus-Malus Systems für den Beschleunigerverbrauch erreicht werden. Besonders erfreulich war es, dass beide Vertragspartner aus diesem Modell einen Vorteil ziehen konnten.

9. Literatur

- [1] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik:
Richtlinie Spritzbeton. S 27-28, Wien 2004.
- [2] Meyco:
Betriebsanleitung MEYCO Data. MEYCO Equipment, Winterthur 2005.