

BTB Praxis-Tipp

Betonauswahl bei begrenzter früher Betonzugfestigkeit

Bundesverband der Deutschen
Transportbetonindustrie e.V.

Kochstr. 6-7
10969 Berlin

www.transportbeton.org

Stand: 10.12.2013

Betonauswahl bei begrenzter früher Betonzugfestigkeit – Was muss der Betonlieferant beachten?

Oft findet man in Ausschreibungen und/oder anderen baubegleitenden Unterlagen den Hinweis:

„Bei der Begrenzung der Rissbreite für dieses Bauteil wurde ein Beton angenommen, dessen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ nach 5 Tagen höchstens 50 % der mittleren Zugfestigkeit f_{ctm} erreicht ($\max f_{ct,eff,5d} = 0,5 f_{ctm,28d}$). Dies ist bei der Festlegung des Betons und der Bauausführung zu berücksichtigen.“

Mit dieser Festlegung kann der Tragwerksplaner die für die Rissesicherheit notwendige Mindestbewehrung reduzieren. Das Heft 600 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton mit dem Titel „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“ gibt hierzu Hinweise für die Tragwerksplanung und die Betonauswahl. Im Kapitel 7.3.2 „Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite“ heißt es:

„Oft wird in der Tragwerksplanung angenommen, dass ein risserzeugender "früher Zwang" nur aus dem Abfließen der Hydratationswärme herrührt und die Risse in den ersten 3 bis 5 Tagen nach dem Betonieren entstehen. Das Abfließen der Wärme führt zu einer Verkürzung des bereits erhärteten Betons, der nicht mehr plastisch verformbar ist, aber auch noch keine ausreichende Zugfestigkeit hat. Wird die Verkürzung des Betons durch Reibung, Anschluss an ältere Bauteile o. ä. behindert, ist mit Rissen zu rechnen.“

Bei üblichen Betonen darf in diesem Fall die wirksame Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ vereinfacht zu 50 % der mittleren Zugfestigkeit $f_{ctm,(28d)}$ nach 28 Tagen angenommen werden, sofern kein genauere Nachweis für die wirksame Betonzugfestigkeit geführt wird. Falls diese Annahme getroffen

wird, ist dies durch Hinweis des Tragwerksplaners in der Baubeschreibung und auf den Ausführungsplänen mitzuteilen. Auf weitergehende Angaben zur Festlegung des Betons darf dabei verzichtet werden.“

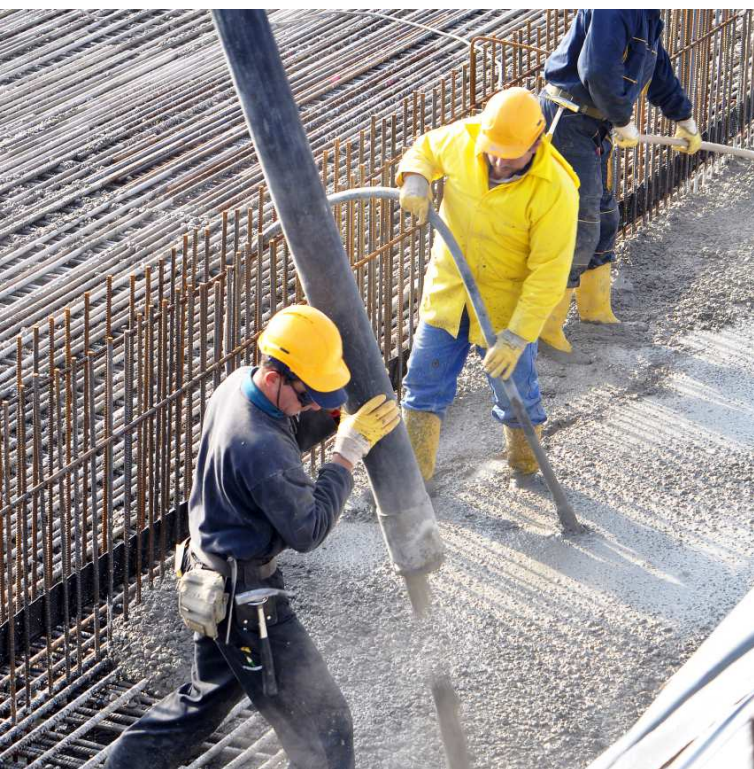
Was bedeutet dies nun für den Betonlieferanten, wenn der eingangs genannte Hinweis in der Ausschreibung erscheint? Nach Heft 600 soll dieser einen üblichen Beton liefern und wird damit seiner Verantwortung gerecht. Nur was ist ein üblicher Beton? Diese Frage ist erst mal nicht einfach zu beantworten. Der Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA) „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken“ kann bei der Lösung dieser Aufgabe helfen.

Das vorgenannte Regelwerk gibt dem Tragwerksplaner im Kapitel 3.1.2 Hilfsmittel zur Berechnung der Entwicklung der Druckfestigkeit (Gleichung 3.1) und Zugfestigkeit (Gleichung 3.4). Als Basis hierfür dient die charakteristische Druckfestigkeit f_{ck} , die über die Betondruckfestigkeitsklasse angegeben wird. Unterschiedliche Zementtypen finden durch einen zementklassenabhängigen Beiwert Berücksichtigung. Der Eurocode 2 teilt hierzu in die Klassen R, N und S ein.

Kl. R (rapid)	CEM 42,5 R, CEM 52,5 N und CEM 52,5 R
Kl. N (normal)	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
Kl. S (slow)	CEM 32,5 N

Das Diagramm der Anlage 1 zeigt beispielhaft für einen Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 für jede Zementklasse jeweils die nach Eurocode 2 berechnete Entwicklungskurve der mittleren Zugfestigkeit bis zum Alter von 91 Tagen. Das Betonalter von 5 Tagen ist durch eine senkrechte schwarze Gerade gekenn-

zeichnet. Die mittlere Zugfestigkeit im Alter von 28 Tagen ist für die drei Betone gleich, ergibt sich mit $2,90 \text{ N/mm}^2$ und soll zur Begrenzung des frühen Zwanges nach 5 Tagen nicht mehr als 50 % des 28 Tagewertes betragen, also $1,45 \text{ N/mm}^2$. Dies ist im Diagramm der Anlage 1 mit der grünen horizontalen Geraden gekennzeichnet. Hiermit wird deutlich, dass keiner der drei Betone diese Anforderung erfüllt. Der Beton mit dem Zement der Klasse S (CEM 32,5 N) weist die geringste Überschreitung dieser Anforderung auf.



Die blaue horizontale Gerade kennzeichnet für die Zementklasse S 50 % des 56-Tagewertes der mittleren Zugfestigkeit und die rote die für den 91-Tagenachweis. Es wird deutlich, dass erst beim Nachweis der Druckfestigkeitsklasse nach 91 Tage und den damit berechneten 5-Tagewert der mittleren Zugfestigkeit die Anforderung zur Begrenzung des frühen Zwanges erfüllt werden kann.

Das Diagramm der Anlage 2 zeigt für jede Zementklasse jeweils die nach Eurocode 2 berechnete Entwicklungskurve der mittleren Druckfestigkeit bis zum Alter von 91 Tagen am Beispiel eines Betons der Druckfestigkeitsklasse C30/37. Weiter sind dort in einer Tabelle die hieraus ermittelten r-Werte für die Druckfestigkeitsentwicklung der besagten Betone für die Nachweialter 28, 56 und 91 Tage angegeben. Der vor beschriebene Beton hat hiernach einen r-Wert von nicht mehr als 0,30.

Diese vor beispielhaft an einem Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 aufgezeigten Berechnungen können für alle Betondruckfestigkeitsklassen in gleicher Weise durchgeführt werden und führen in allen Fällen zur gleichen Betonauswahl.

Hinweis für eine Eurocode 2 konforme Lösung:

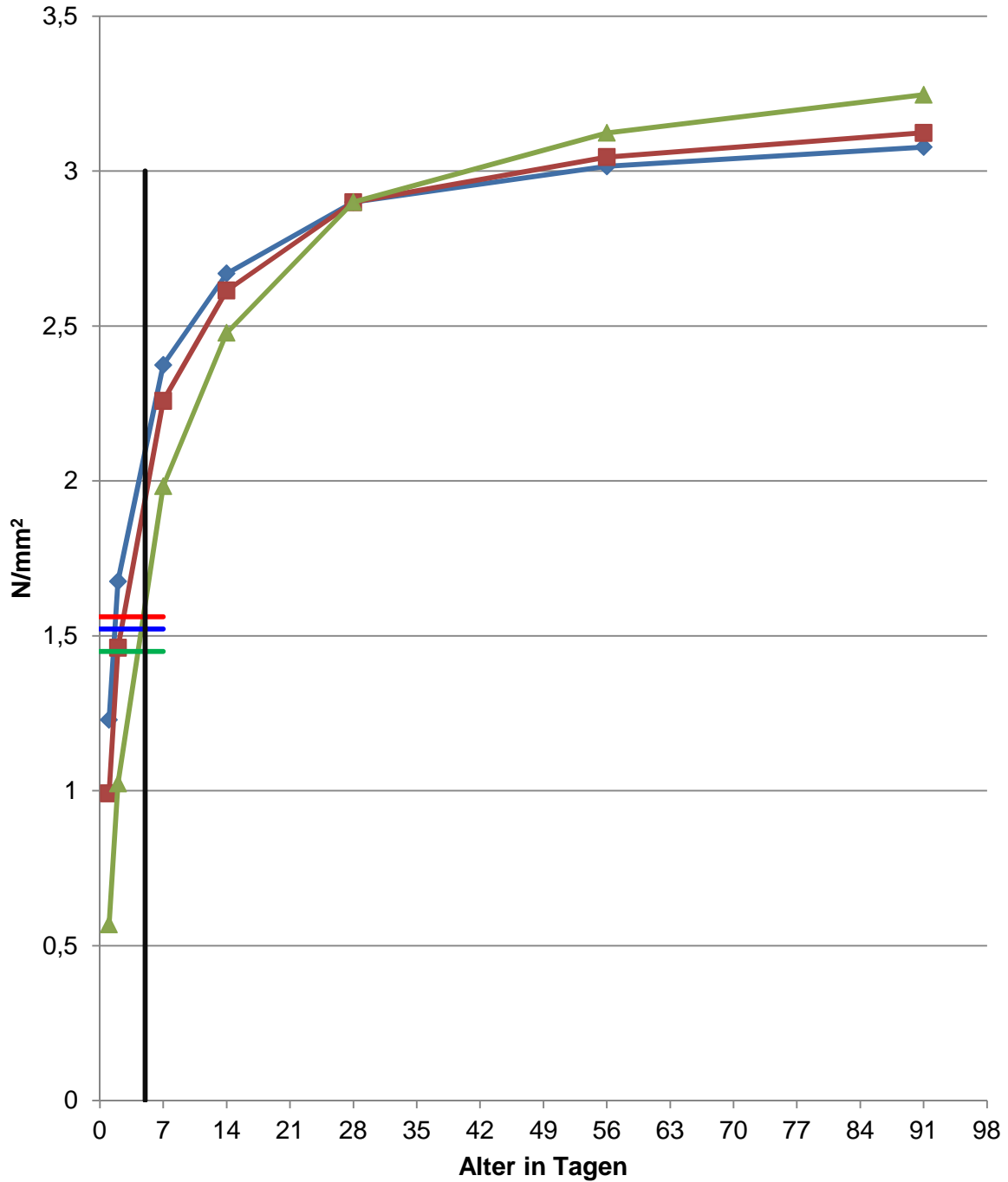
„Wegen des oben genannten Sachverhaltes ist es aus Sicht des Betonlieferanten sinnvoll bei Ausschreibungen mit eingangs gegebenem Hinweis nur Beton auszuwählen, bei dessen Herstellung ein Zementtyp 32,5 N verwendet wird und bei dem der Druckfestigkeitsnachweis nach 91 Tagen erfolgte. Dieser Beton sollte nach Eurocode 2 einen r-Wert von nicht mehr als 0,30 (Nachweialter 91 Tage) aufweisen.“

Nur ein solcher Beton führt zu einer Eurocode 2-konformen Lösung. Die langsame Festigkeitsentwicklung eines solchen Betons verlängert die Nachbehandlungs- und Ausschalzeit. Weiterhin ist zu beachten, dass bei dieser Lösung alle Festlegungen in der Musterliste der Technischen Baubestimmungen (September 2012, Anlage 2.3/1 (4)) des Deutschen Instituts für Bautechnik für einen Druckfestigkeitsnachweis später als nach 28 Tagen einzuhalten sind. Dies sollte dem Tragwerksplaner und dem Bauausführenden bewusst sein.

Anlage 1

Zugfestigkeitsentwicklung von Beton in Abhängigkeit von der Zementfestigkeitsentwicklung über die Zeit [DIN EN 1992-1-1, 3.1.2 (9)]

C30/37 - Zylinder - Lagerung bei 20 °C

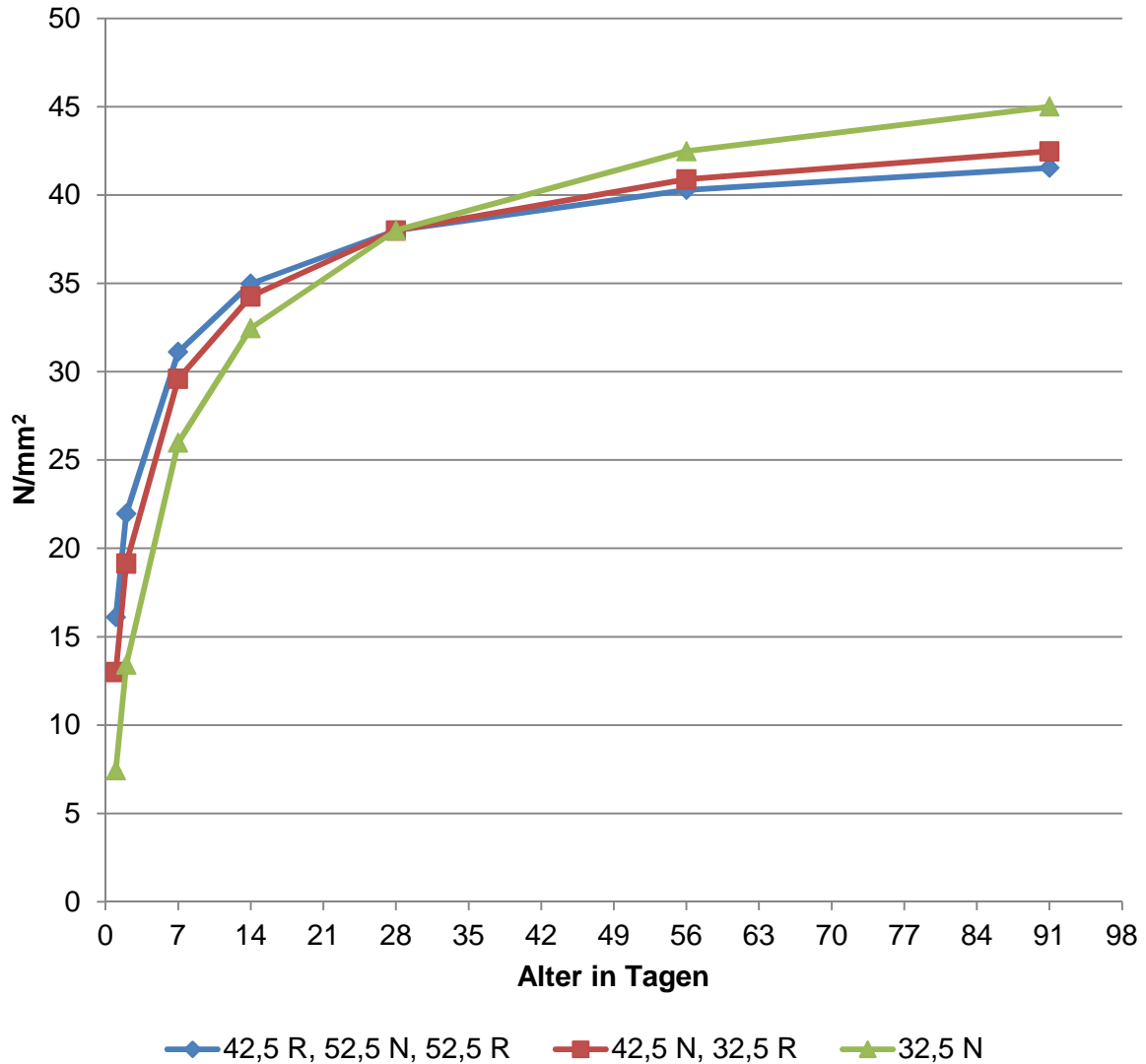


- ◆ 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R
- 42,5 N, 32,5 R
- ▲ 32,5 N
- 50 % fctm 28 d
- 50 % fctm 56 d, 32,5 N
- 50 % fctm 91 d, 32,5 N
- 5 d

Anlage 2

Betondruckfestigkeitsentwicklung in Abhängigkeit von der Zementfestigkeitsentwicklung über die Zeit [DIN EN 1992-1-1, 3.1.2 (6)]

C30/37 - Zylinder - Lagerung bei 20 °C



Festigkeitsentwicklung Bezug	r-Werte für Zementtypen		
	42,5 R 52,5 N 52,5 R	32,5 R 42,5 N	32,5 N
2 d / 28 d	0,58	0,50	0,35
2 d / 56 d	0,55	0,47	0,32
2 d / 91 d	0,53	0,45	0,30
Festigkeitsentwicklung		mittel	schnell