

Sichere Betonproduktion für Stahlbetontragewerke

T 2801

T 2801

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1998, ISBN 3-8167-5427-9

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

Sichere Betonproduktion für Stahlbetontragwerke

- Schlußbericht -

(DBV-Nr. 199)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König

Dr.-Ing. Dmitri Soukhov

Dipl.-Ing. Frank Jungwirth

Februar 1998

Auftraggeber: Bundesverband der deutschen Transportbetonindustrie e.V.
Deutscher Beton - Verein e.V.
Deutsches Institut für Bautechnik
Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
2. Untersuchungen zur Konformitätsprüfung der prEN 206	
2.1 Das statistische Konformitätskriterium.....	3
2.1.1 Die Aufgabe der Konformitätsprüfung	3
2.1.2 Anwendung des statistischen Konformitätskriteriums auf den Datensatz des DBV Berichts 162	4
2.1.3 Anwendung des statistischen Konformitätskriteriums auf die Produktion eines Transportbetonwerks in Nordrhein-Westfalen.....	8
2.2 Das Einzelwertkriterium der Konformitätsprüfung	9
3. Untersuchungen zur Annahmeprüfung der prEN 206	
3.1 Allgemeines.....	10
3.2 Untersuchung der Veränderung der Betondruckfestigkeit zwischen Transportbetonwerk und Baustelle.....	12
3.3 Vergleich der Würfeldruckfestigkeitsdifferenz bei örtlich getrennter und ortsgleicher Probenentnahme.....	14
3.4 Mathematische Untersuchung der Annahmekriterien.....	19
4. Untersuchung des sich ergebenden Sicherheitsniveaus bei dem Zusammenspiel der prEN 206 mit dem EC 1	
4.1 Bezug des 5%-Quantils der Betondruckfestigkeit	23
4.1.1 Örtlicher Bezug	23
4.1.2 Quantitativer Bezug	26
4.1.3 Zeitlicher Bezug.....	26
4.2 Statistische Analyse des Verhältnisses zwischen der Bauwerksfestigkeit f_B und der Nennfestigkeit f_{ck}	27
4.2.1 Allgemeines	27
4.2.2 Statistische Ergebnisse von MacGregor.....	29
4.2.3 Statistische Ergebnisse von Lewandowski.....	33
4.2.4 Statistische Ergebnisse von Trezos	33
4.2.5 Anmerkung von Östlund.....	34
4.2.6 Zusammenfassung der verschiedenen Verfahren zur Bestimmung des Umrechnungsfaktors	34
5. Schlußfolgerungen	38
Literatur.....	41
Anhang A bis D	

1. Einführung

Die Einführung der europäischen Norm prEN 206 „Beton: Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ als verbindliche Stoffnorm steht vor der Tür. Im Frühjahr 1997 wurde mit der 16. Fassung des Normenentwurfs der Rosadruck veröffentlicht. Bis Mitte November 1997 haben die Norminstitute der beteiligten Länder die Möglichkeit, eine Stellungnahme abzugeben. Daraufhin wird der Weißdruck („Stage 49“) erarbeitet, die Abstimmung über diese endgültige Fassung findet voraussichtlich Mitte 1998 statt. Die Betonnorm EN 206 wird als Normenpaket zusammen mit anderen europäischen Normen wie z. B. der Zement-, der Zuschlag- und der Prüfnorm eingeführt.

Die Produktzertifizierung des Baustoffs Beton gestaltet sich im Vergleich zu anderen Baustoffen relativ problematisch. Ursache dafür ist erstens die Tatsache, daß ein Halbfertigprodukt mit beeinflussbaren Eigenschaften Gegenstand der Prüfung ist, und zweitens daß die Feststellung der Übereinstimmung der Produktion mit den Anforderungen der Norm 28 Tage nach Herstellung und somit nach erfolgtem Einbau möglich ist. Die Ermittlung von Ursachen und Verantwortlichkeiten im Schadensfall ist schwierig. Deshalb sind hier detailliert ausgearbeitete normative Regelungen besonders wichtig.

Bislang werden entsprechende Regelungen noch in den drei Normen, der DIN 1045 "Beton" Kapitel 4 bis 8, der DIN 1048 "Prüfverfahren" und der DIN 1084: "Güteüberwachung" festgelegt, mit denen der Ingenieur gute Erfahrungen gemacht hatte. Es stellt sich die Aufgabe zu überprüfen, ob die EN 206 in der Lage ist, einen vergleichbaren Qualitätssicherungsstandard zu gewährleisten. Die angestellten Untersuchungen beschäftigen sich mit drei Themen:

Die Filterwirkung des statistischen Konformitätskriteriums wird empirisch und theoretisch überprüft.

Die Frage nach der Notwendigkeit und der „Härte“ der Annahmeprüfung wird geklärt.

Die Lage des Sicherheitsniveaus, das sich im Zusammenspiel der prEN 206 mit den Teilsicherheitsfaktor für Beton des EC 1 bzw. EC 2 ergibt wird untersucht. Besondere Beachtung wird hier dem Umrechnungsfaktor zwischen der Probekörper- und der Bauwerksfestigkeit geschenkt.

Die Definition der Beton-Grundgesamtheit spielt bei der Bearbeitung der drei Themen eine äußerst wichtige Rolle. Örtlicher, quantitativer und zeitlicher Bezug der Grundgesamtheit werden erörtert und entsprechende Schlußfolgerungen für die Konformitäts- und die Annahmeprüfung gezogen.

2. Untersuchungen zur Konformitätsprüfung der prEN 206

2.1 Das statistische Konformitätskriterium

2.1.1 Die Aufgabe der Konformitätsprüfung

Ziel der Konformitätsprüfung ist es, die Übereinstimmung der Betondruckfestigkeit mit den normierten Festigkeitsklassen zu kontrollieren.

Entsprechend dem Level I Sicherheitskonzept ist die Betondruckfestigkeit durch ihren charakteristischen Wert definiert, dieser ist als der 5%- Fraktilwert der Festigkeitsverteilung festgelegt. Anders ausgedrückt enthält jedes gelieferte Los einen zufälligen Anteil, in dem die Festigkeit unter der erforderlichen charakteristischen Festigkeit liegt. Ziel ist es, nach der Konformitätsprüfung eine Festigkeitsverteilung zu erhalten, bei der maximal 5% der Lose mehr als 5% Minderfestigkeiten aufweisen.

Um diese Ziel zu erreichen, verwenden DIN und prEN 206 verschiedene Methoden. Nach dem DIN Konzept ist die Nennfestigkeit β_{WN} und die Serienfestigkeit β_{WS} nachzuweisen. Bei länger anhaltender Produktion kann davon abgewichen werden und alternativ eine statistische Auswertung vorgenommen werden. Die Vornorm prEN 206 bietet ähnliche Überwachungsvorschriften. Hier wird die Einhaltung eines Ausschlußkriteriums (vgl. Nennfestigkeit) für jeden einzelnen Prüfwert und die Durchführung einer statistischen Auswertung einer Gruppe zu 15 Werten gefordert (vgl. Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Kriterien der Konformitätsprüfung nach DIN und prEN 206

Stichprobenumfang	DIN 1045 und DIN 1084			prEN 206	
	Nennfestigkeit	Serienfestigkeit	statistische Auswertung	Erstherstellung ¹⁾	stetige Herstellung
1	$x_i \geq \beta_{WN}$ ²⁾	–	–	$x_i \geq f_{ck} - 4$	$x_i \geq f_{ck} - 4$
3	–	$x_n \geq \beta_{WS}$	–	$x_n \geq f_{ck} + 4$	–
15	–	–	$x_n \geq \beta_{WN} + 1,64 \cdot \sigma$ ^{3,4)}	–	$x_n \geq f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma$ ⁵⁾

¹⁾ bis min. 35 Proben geprüft wurden
²⁾ jeder neunte Wert darf um max. 20% unter β_{WN} liegen
³⁾ bei anlaufender Produktion ist x_n zunächst aus 35 Werten zu bestimmen
⁴⁾ σ wird jeweils aus den zuletzt ermittelten 35 Werten abgeschätzt
⁵⁾ σ wird aus den ersten 35 Werten abgeschätzt und bei schwankenden Produktionsergebnissen neu bestimmt

Das statistische Konformitätskriterium wirkt wie ein Filter, da einige Lose mit hohem minderfesten Anteil erkannt und aus der Gesamtheit entfernt werden. Es hat in beiden Normungskonzepten folgenden Aufbau:

$$x_n \geq f_{ck} + \lambda \cdot \sigma$$

mit: x_n Mittelwert der 28-Tage-Druckfestigkeit von n Probekörpern
 f_{ck} charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit
 λ Annahmekonstante
 σ Standardabweichung der Grundgesamtheit
 n Stichprobenumfang

Mit den Konstanten λ und n wird die Annahmekennlinie des Konformitätskriteriums definiert. In DIN 1084 wird ein Wert von 1,64 für λ bei einem Stichprobenumfang von $n = 15$ angesetzt. Die Vornorm prEN 206 definiert λ zu 1,48 bei gleichem Stichprobenumfang. In beiden Fällen ist die Standardabweichung der Grundgesamtheit als bekannt vorausgesetzt. Der Wahl der Parameter λ und n wurden bereits viele Arbeiten gewidmet [1 bis 4]. In [1] wurde gezeigt, daß die Parameter λ und n so zu wählen sind, daß sich eine Annahmekennlinie ergibt, die den unsicheren Bereich tangiert. In diesem Fall gewährleistet die Konformitätsprüfung, daß der Anteil des Betonvolumens mit einer Festigkeit kleiner als f_{ck} in einem als konform erklärten Los kleiner als 5% ist. Unter diesem Aspekt müssen die Konstanten der prEN 206 [5] geprüft werden.

2.1.2 Anwendung des statistischen Konformitätskriteriums auf den Datensatz des Berichtes zum Forschungsvorhaben DBV 162

In dem Schlußbericht "Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestigkeit nach prEN 206" [6] betrachten die Autoren die Statistik von 1300 Würfelprüfungen (B 35; Prüfalter 28 Tage). Die Daten waren in acht Serien gruppiert und sind acht Transportbetonlieferanten zu zuordnen. Die Prüfergebnisse wurden Monatsscheiben zugeordnet. Insgesamt wurden 69 Monatsscheiben als Stichproben analysiert.

Für jede Stichprobe wurde der Mittelwert m und die Standardabweichung s berechnet. Für die Schätzung des Mittelwertes μ der Grundgesamtheit und der Standardabweichung σ der Grundgesamtheit wurde ein 90%-Konfidenzintervall (vgl. Verfahren 1) gewählt. Die Parameter μ_{unten} und σ_{oben} wurden, wie im Anhang A, Seite 14/15 "Mathematische Formeln" erläutert und im Bild A.1, Seite 16 dargestellt, berechnet.

Mit Hilfe der so geschätzten Parameter μ und σ wurden die 5% Fraktile für jede Monatsscheibe bestimmt. Als Verteilungsfunktion für die Betondruckfestigkeit wurde die Normalverteilung gewählt:

$$Q_{5\%} = \mu - u_{0,95} \cdot \sigma \quad \text{mit} \quad u_{0,95} = 1,645 \quad (2.1)$$

Dann wurden die Wahrscheinlichkeiten $P_{f_{ck}}$ dafür berechnet, daß der Nennwert f_{ck} in einer Monatsscheibe unterschritten wird:

$$P_{f_{ck}}(x < f_{ck}) = \Phi[(f_{ck} - \mu) / \sigma] \quad (2.2)$$

Auf die Monatsscheiben wurde das statistische Konformitätskriterium K1 der prEN 206 angewendet. Als Standardabweichung wurde der obere Schätzwert für σ verwendet:

$$K_{206} = m - 1.48 \cdot \sigma \quad (2.3)$$

Bei $K_{206} > f_{ck}$ wäre die Monatsscheibe konform. Dies im Vergleich mit $Q_{5\%} < f_{ck}$ gibt Aufschluß über die Filterfähigkeit des Konformitätskriteriums. Damit ist eine empirische Schätzung der 5%-Durchschlupfrate gegeben.

Durch die Anpassung einer Beta-Verteilung an das Histogramm der monatlichen Fehlerraten (P_{fck}) wurde die Schätzung der Durchschlupfrate auch theoretisch erfaßt.

Verfahren 1: Im oben genannten Bericht „Kritische Bewertung ...“ wurde ein zweiseitiges 90%-Konfidenzintervall gewählt. Dies bedeutet, daß für den Mittelwert der Grundgesamtheit μ die Wahrscheinlichkeit

$$P (A: \mu < \mu_{\text{unten}, 5\%}) = 0.05$$

und für die Standardabweichung der Grundgesamtheit σ die Wahrscheinlichkeit

$$P (B: \sigma > \sigma_{\text{oben}, 95\%}) = 0.05$$

angesetzt wurde. Die Wahrscheinlichkeit, daß beide Ergebnisse A und B gleichzeitig auftreten kann anhand der folgenden Formel berechnet werden, wenn A und B von einander unabhängig sind:

$$P (A \cap B) = 0.05 \cdot 0.05 = 0.0025 \quad (2.4)$$

Das heißt, daß die so gewählten Parameter μ und σ nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit gleichzeitig auftreten können.

Dieses Verfahren entspricht nicht dem Sicherheitskonzept von Eurocode 1. EC 1 schlägt die Bayessche Methode für die Bestimmung der charakteristischen Werte vor [7, 8]. Wenn aber die Häufigkeitsmethode benutzt wird, ist das entsprechende Konfidenzniveau gleich 50% (oder 75% für den einseitigen Grenzwert) [8]. Das selbe Konfidenzniveau wird in [9] benutzt.

Außerdem beschreibt die logarithmische Normalverteilung die Druckfestigkeit des Betons besser als die Normalverteilung. Die Ergebnisse der Normalverteilung liegen auf der sicheren Seite, weshalb sie oft verwendet wird.

Auf Grund der genannten Unstimmigkeit bei Verwendung des Verfahrens 1 (wie im Bericht zum Forschungsvorhaben DBV 162), werden hier andere Methoden unter der Verwendung der Normalverteilung für die Betondruckfestigkeit benutzt:

Verfahren 2: Einseitiges Konfidenzintervall mit Konfidenzniveau 77.64%. Das bedeutet

$$P (A: \mu < \mu_{\text{unten}, 22.36\%}) = 0.2236$$

$$P (B: \sigma > \sigma_{\text{oben},77.64\%}) = 0.2236$$

und die Wahrscheinlichkeit, daß beide Ergebnisse A und B gleichzeitig auftreten, wenn A und B von einander unabhängig sind:

$$P (A \cap B) = 0.2236 \cdot 0.2236 = 0.05 \quad (2.5)$$

Dieses Wert entspricht den allgemeinen Verfahren der Wahrscheinlichkeitstheorie.

Verfahren 3: Einseitiges Konfidenzintervall mit Konfidenzniveau 75%. Das bedeutet

$$P (A: \mu < \mu_{\text{unten},25\%}) = 0.25$$

$$P (B: \sigma > \sigma_{\text{oben},75\%}) = 0.25$$

und die Wahrscheinlichkeit, daß beide Ergebnisse A und B gleichzeitig auftreten, wenn A und B von einander unabhängig sind:

$$P (A \cap B) = 0.25 \cdot 0.25 = 0.0625 \quad (2.6)$$

Das entspricht dem Vorschlag des EC 1, wenn die Häufigkeitsmethode benutzt wird. Die hier errechneten 5% Fraktilwerte entsprechen der direkten Schätzung der Fraktilwerte mit einem Konfidenzniveau von 0.75 in [10].

Verfahren 4: Bayessche Methode gemäß EC 1. Der mathematische Hintergrund wird in [8] beschrieben.

Verfahren 5: Vorschlag von [11] basierend auf der Arbeit von Stange [12]:

$$m = \mu$$

$$\sigma = s \cdot k, \quad \text{wobei vereinfacht} \quad k = 1 - 1 / 4 \cdot (n-1).$$

Für die betrachtete Statistik liegen die Werte für k zwischen 0.95 und 1.0.

Verfahren 6 bis 10: Die Methoden 6 bis 10 sind identisch mit den Methoden 1 bis 5, jedoch unter der Verwendung der logarithmischen Normalverteilung für die Betondruckfestigkeit.

Die empirische Schätzung der 5%- Durchschlupfrate für alle 10 Verfahren kann man in der Tabelle A1 sehen. Die Ergebnisse des erste Verfahrens entsprechen denen des Berichts zum Forschungsvorhaben DBV 162. Die Verfahren 2, 3, 4, 5 ergeben jeweils geringere Durchschlupfraten als im Verfahren 1.

Die Methoden 6 bis 10 ergeben günstigere Werte als die Methoden 1 bis 5, da hier die logarithmische Normalverteilung zugrunde gelegt ist.

Die Werte von P_{fek} werden nur für „konforme“ Monatsscheiben betrachtet. Diese Werte ergeben dann das Histogramm der Fehlerraten. Dieses Histogramm kann mit einer Beta-Verteilung angepaßt werden. Der Wert $D = 1 - F_{\beta}(0.05)$ entspricht der „empirisch-theoretischen“ Durchschlupfrate (siehe Tabelle A2). Für alle Verfahren ist die Übereinstimmung mit den Ergebnissen der empirischen Schätzung gut, dies gilt sowohl für Normalverteilung als auch für logarithmische Normalverteilung.

Für die Verfahren 2 bis 5 und 7 bis 10 liegen die Ergebnisse sowohl für die empirische Schätzung als auch für die empirisch-theoretische Schätzung der Durchschlupfrate unter 5% (außer für Methode 2 in Tabelle A1, $D = 6\%$). Das entspricht den Forderungen für die Konformitätskriterien.

Es bietet sich an, die Ergebnisse der Verfahren 2, 3 oder 4 (Normalverteilung) bzw. die der Verfahren 7, 8 oder 9 (logarithmischen Normalverteilung) als realistisch zu betrachten.

Bei den Methoden 2 bzw. 6 wird die vernünftige Wahrscheinlichkeit von 5% für das gleichzeitige Auftreten ungünstigster Werte für μ und σ verwendet.

Das Verfahren 3 bzw. 7 „Häufigkeitsmethode“ und das Verfahren 4 bzw. 9 „Bayessche Methode“ werden im EC 1 empfohlen.

Anhang A, Seite 14/15 enthält die mathematische Formeln.

Tabelle A.3 zeigt die Ergebnisse für die 5% Fraktilewerte der Betondruckfestigkeit, die mit Hilfe aller 10 Methoden berechnet sind.

In den Tabellen A1 und A2 werden die ermittelten Durchschlupfraten aufgezeigt. Diesen Werten liegen die Tabellen A.4 bis A.8 (Normalverteilung) und A.9 bis A.13 (logarithmische Normalverteilung) zugrunde. Hier sind auch Zwischenergebnisse zu finden.

Es wird vorgeschlagen das Verfahren 3 (Normalverteilung) bzw. das Verfahren 8 (logarithmische Normalverteilung) für weitere Untersuchungen zu benutzen, also für die Schätzung der Parameter der Verteilung ein einseitiges 0.75 Konfidenzniveau zu verwenden. Hier erhält man erwartungstreue Ergebnisse für die 5%-Durchschlupfrate. Außerdem ergeben sich mit dieser Methode die gleichen 5%-Quantile der Druckfestigkeit wie bei der Bayesschen Methode (Vorschlag EC 1).

Im vorliegenden Fall konnte gezeigt werden, daß sich mit dem statistischen Konformitätskriterium der prEN 206 die Durchschlupfrate von minderfesten Prüflosen auf unter 5% beschränken läßt.

2.1.3 Anwendung des statistischen Konformitätskriteriums auf die Produktion eines Transportbetonwerks in Nordrhein-Westfalen

Für die Untersuchungen stehen 1087 Prüfdaten *eines B 25* aus einem Transportbetonwerk in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung. Der betrachtete Zeitraum erstreckt sich von 1990 bis 1996. Die Druckfestigkeitsergebnisse wurden an Würfeln mit einer Kantenlänge von 200 mm ermittelt.

Es erfolgte eine Unterteilung in Gruppen verschiedener Größe:

- Gruppen aus 15 Prüfergebnissen
- Gruppen aus 35 Prüfergebnissen
- Gruppen aus dreimonatiger Produktion
- Gruppen aus sechsmonatiger Produktion
- Gruppen aus jährlicher Produktion
- Gruppen aus 15 Prüfergebnissen, wobei jeder einzelne Wert aus 2 bis 3 Proben gemittelt ist, die am gleichen Tag entnommen wurden.

Für jede Gruppe wird die empirische Durchschlupfrate unter Verwendung der mathematischen Verfahren aus Variante 3 und 8 des Abschnitts 2.1.2 berechnet. Die Zusammenfassung aller Ergebnisse ist in der Tabelle B.1, Anhang B zu finden. Für die beiden Ergebnisse der Zeilen 1 und 6 wurde die Standardabweichung nach der in prEN 206 vorgeschriebenen Prozedur ermittelt. Die Ermittlung der in den Zeilen 1 bis 8 angegebenen Ergebnisse für die einzelnen Gruppen findet in den nachfolgenden Tabellen B.2 bis B.7 statt.

Der teilweise großen Unterschied zwischen der empirischen- und der theoretischen Durchschlupfrate hat einen einfachen Grund: Bei der Ermittlung der empirischen Durchschlupfrate werden die 5%-Fraktilwerte gerundet. Bei der Berechnung der theoretischen Durchschlupfrate hingegen, werden die ungerundeten Mittelwerte und Standardabweichungen der Scheiben verwendet.

Auf Grund des kleinen Stichprobenumfangs n einiger Scheiben (z. B. sechsmonatige und jährliche Scheiben) kann das Ergebnis für die empirische Durchschlupfrate nur in groben Schritten angegeben werden. Die Schrittweite beträgt $1/n$, so daß z. B. für die sechsmonatigen Scheiben nur Angaben in einer Schrittweite von 8% gemacht werden können. Demnach haben die Ergebnisse für kleine n einen stark zufälligen Charakter.

In der Tabelle B.8 kann man eine zusätzliche Untersuchung an Scheiben aus 15 Prüfergebnissen finden, bei denen auch die Standardabweichung aus 15 Ergebnissen berechnet ist. Nach prEN 206 muß diese Standardabweichung aus 35 Ergebnissen ermittelt werden, die zeitlich vor der Beurteilungsperiode liegen. Wenn eine Veränderung von s gegenüber σ von mehr als 37% zu beobachten ist, werden die aktuell ermittelten 35 Werte verwendet. Dies ist in den Tabellen B.2 und B.3 gezeigt.

Das beste Ergebnis in Tabelle B.1 erhält man bei der Verwendung der Gruppen aus 15 Prüfergebnissen, bei denen jedes einzelne Ergebnis ein Mittelwert aus 2 bis 3 Probekörperprüfungen ist. Wenn zwei oder drei Probekörper aus der selben Probe (hier: dem selben Fahrmischer) entnommen werden, so muß der Mittelwert der Druckfestigkeit dieser Probekörper ermittelt, und als einzelner Meßwert bei der Konformitätsprüfung verwendet werden. Dadurch kann die Autokorrelation der Prüfergebnisse eliminiert werden.

Verfährt man derart, so kann auch für die Daten des Lieferwerkes aus Nordrhein-Westfalen die Leistungsfähigkeit des Konformitätskriteriums bestätigt werden. Andernfalls kann hier die Beschränkung der Durchschlupfrate von minderfesten Prüflosen auf unter 5% nicht nachgewiesen werden.

2.2 Das Einzelwertkriterium der Konformitätsprüfung

Das Einzelwertkriterium bietet zum statistischen Kriterium keine zusätzlich Filterfunktion (siehe auch [6]). Es bietet jedoch gegenüber einer statistischen Kontrolle den großen Vorteil, Unregelmäßigkeiten in der Produktion ohne große zeitliche Verzögerung aufzudecken und zum Gegensteuern zu zwingen.

Ziel sollte sein, das Niveau des Einzelwertkriteriums in ein vernünftiges Verhältnis zu dem Niveau des Einzelwertkriteriums der Annahmeprüfung zu stellen. Im Abschnitt 3.2 bzw. im Anhang C 3 und C 4 wird zwar ein Unterschied der Streuung der Betondruckfestigkeit zwischen Baustelle und Lieferwerk festgestellt, da das Einzelwertkriterium jedoch ein vereinbartes Ausschlußkriterium (absolut untere Grenze) darstellt, gilt dieses gleichermaßen für Lieferwerk und Baustelle.

3. Untersuchungen zur Annahmeprüfung der prEN 206

3.1 Allgemeines

Der Anlaß für die Untersuchung der Annahmeprüfung sind zwei grundsätzliche Unterschiede zwischen der prEN 206-Regelung und dem DIN-Konzept:

1. Nach DIN 1045 ist eine Annahmeprüfung verpflichtend durchzuführen, nach prEN 206 ist sie lediglich optional vorgeschrieben.
2. DIN 1084 unterscheidet in der „Härte“ der einzuhaltenden Kriterien nicht zwischen Konformitäts- und Annahmeprüfung: Es ist im Lieferwerk und auf der Baustelle das selbe Kriterium einzuhalten. Nach dem EN-Vorschlag liegt das Niveau der Annahmeprüfung niedriger und ist auf die Konformitätsprüfung abgestimmt. Die Zielsetzung von prEN 206 und DIN sind somit verschieden (vgl. Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Kriterien der Annahmeprüfung nach DIN und prEN 206

Stichprobenumfang	DIN 1045 und DIN 1084 (vorgeschrieben)			prEN 206 (optional)	
	Nennfestigkeit	Serienfestigkeit	statistische Auswertung	Kriterium 1	Kriterium 2
1	$x_i \geq \beta_{WN}^{1)}$	–	–	–	$x_i \geq f_{ck} - 4$
2		–	–	$x_n \geq f_{ck} + 1$	
3		$x_n \geq \beta_{WS}$	–		
4			–		
5			–		
6		–			
15	alternativ zur statistischen Auswertung	$x_n \geq \beta_{WN} + 1,64 \cdot \sigma^{2,3)}$		–	–

¹⁾ jeder neunte Wert darf um max. 20% unter β_{WN} liegen
²⁾ bei anlaufender Produktion ist x_n zunächst aus 35 Werten zu bestimmen
³⁾ σ wird jeweils aus den zuletzt ermittelten 35 Werten abgeschätzt

Zur Entstehungszeit der DIN 1084 wurde Beton fast ausschließlich auf der Baustelle hergestellt. Transportbeton nahm eine untergeordnete Rolle ein. Deshalb ist zwischen DIN 1084 Teil 1 „Beton B II auf Baustellen“ und DIN 1084 Teil 3 „Beton B II auf Baustellen“ kein Unterschied zwischen Annahmeprüfung und Konformitätsprüfung vorgesehen. Heute ist man überwiegend dazu übergegangen, sich den fertigen Beton auf die Baustelle liefern zu lassen.

Nach prEN 206 hat die Annahmeprüfung nicht zum Ziel, die Übereinstimmung der Probekörperfestigkeit mit f_{ck} zu überwachen. Ihre Aufgabe ist es festzustellen, ob die Stichprobe der Konformitätsprüfung und die Stichprobe der Annahmeprüfung zur gleichen Gesamtheit gehören, so daß über Annahme bzw. Ablehnung einer Lieferung aus einer zertifizierten Produktion entschieden werden kann.

Die nach prEN 206 vorgesehene Trennung von Konformitäts- und Annahmeprüfung hat für den Hersteller den Vorteil, daß die Wahrscheinlichkeit der Ablehnung eines bereits als konform erklärten Loses, durch die Wiederholung der gleichen Prüfung auf der Baustelle, sinkt. Bei mehrfacher Durchführung der selben Prüfung steigt die Wahrscheinlichkeit, daß ein minderfestes Los aufgedeckt wird.

Die optimale Abstimmung zwischen Konformitäts- und Annahmekriterium wird in Kapitel 3.4 untersucht.

Nach prEN 206 Abschnitt 9 „Bewertung der Übereinstimmung“ in Tabelle 20 ist für Deutschland bei beiden Betonkategorien die Option 1 angegeben. D. h. für die Bestätigung der Übereinstimmung (Prädikat: „Produktzertifizierung“ bzw. „Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage einer zertifizierten Produktionslenkung“) ist keine Annahmeprüfung auf der Baustelle notwendig. Eine Annahmeprüfung ist nach prEN 206, Anhang E lediglich optional, nach Vereinbarung zwischen Lieferant und Käufer, durchzuführen.

Die Regelung, die Annahmeprüfung nur optional nach Vereinbarung zwischen Produzent und Abnehmer durchzuführen, stößt auf Kritik. Es wird eine Verzerrung des Wettbewerbs zu Gunsten der Firmen befürchtet, die auf die Durchführung der Annahmeprüfung verzichten, so daß eine optionale Prüfung aus wirtschaftlichen Gründen meist nicht durchgeführt wird. Hier stellt sich die Frage nach der grundsätzlichen Notwendigkeit einer Annahmeprüfung. Diese Frage wird in Abschnitt 3.2 und 3.3 beantwortet.

Nach Aussagen von Betontechnologen im Bereich der Baufirmen besteht ein dringender Kontrollbedarf der Probekörperdruckfestigkeit auf der Baustelle. Die getroffenen Aussagen kann man in zwei Gruppen untergliedern.

1. Zum einen läßt sich bei den Befragten oft Mißtrauen gegenüber den Lieferanten feststellen. Sie befürchten beispielsweise, daß minderfeste Prüfergebnisse teilweise gestrichen werden, oder daß aus einer Betonlieferung mehrere Probekörper hergestellt werden, die dann als unabhängige Einzelwerte in die statistische Auswertung eingehen. Es wird sogar vermutet, daß mehrere Probekörper aus einem Mischfahrzeug entnommen werden und anschließend verschiedenen Lieferscheinen zugeordnet werden („Würfeltag“). Am häufigsten wird die Angst vor Wasserzugabe auf der Baustelle, zur Einstellung der bestellten Konsistenz genannt. Das vereinbarte Ausbreitmaß wird in 50% der Fälle nicht eingehalten.
2. Zum anderen werden technologische Bedenken geäußert. Es wird genannt, daß sich die Druckfestigkeit des Betons durch die Transportzeit und die Temperatureinwirkung bis zur vollständigen Entladung verändert, oder auch eine Entmischung des Frischbetons im Fahrzeug durch das langsame Rühren stattfindet. Man vertritt die Meinung, daß Transportbeton kein Fertigprodukt ist, sondern sich durch eine starke Veränderlichkeit und Beeinflußbarkeit seiner Eigenschaften gekennzeichnet.

Befragte Laboranten und Technologen der TB-Werke nennen ein weiteres Problem. Sie geben zu bedenken, daß Unterschiede in der ermittelten Würfeldruckfestigkeit in erster Linie in der mangelnden Qualifikation und in dem häufigem Wechsel des für die Herstellung und Lagerung der Probekörper zuständigen Personals auf der Baustelle zu suchen sind.

Einig ist man sich darüber, daß die ermittelte Festigkeit in jedem Fall auch von der Prüfstelle abhängt. Die Qualität der hier durchgeführten Arbeitsschritte wie das Verdichten, das Nachbehandeln, die Wasserlagerung, das Abgleichen der Stirnflächen, die Plazierung in der Presse, die Kalibrierung der Prüfmaschine oder das Nachmessen der Würfelabmessungen haben systematischen Einfluß auf die Druckfestigkeit.

Im Anhang C 1 befindet sich ein Ablaufschema, das den Weg des Betons von der Eignungsprüfung bis hin zum eingebauten Beton beschreibt. Hier sind weitere Einflußfaktoren auf die Höhe der ermittelten Festigkeit dargestellt.

Unabhängig von technologischen Einflüssen stellt sich für die Baufirmen das Problem der Gewährleistungspflicht gegenüber dem Bauherren. Sie sehen in der Annahmeprüfung die Möglichkeit für den Nachweis, daß die gewünschte Betonqualität eingebaut wurde. Sie müßten sich sonst für den Fall, daß Minderfestigkeiten auftreten, auf die Selbstanzeigespflicht des Lieferwerks verlassen.

Um die Unterschiede der Festigkeitseigenschaften zwischen Entnahme im Lieferwerk und auf der Baustelle zu erörtern, werden die nachfolgenden Feldstudien durchgeführt.

3.2 Untersuchung der Veränderung der Betondruckfestigkeit zwischen Transportbetonwerk und Baustelle

Es liegen drei verschiedene Wertepaargruppen vor, an denen die Veränderung der Betondruckfestigkeit zwischen TB-Werk und Baustelle empirisch analysiert wird.

Der ersten Untersuchung liegen 269 Druckfestigkeitsprüfungspaare von mehreren Transportbetonwerken bzw. Baufirmen aus Frankfurt, Berlin, Chemnitz und Leipzig zugrunde. Die Probekörperpaare genügen der Anforderung, aus dem Beton eines Mischfahrzeuges hergestellt worden zu sein: ein Probekörper im TB-Werk und der andere auf der Baustelle. Die Daten sind in Anhang C 2 aufgelistet.

Eine statistische Auswertung über alle 269 Daten ist unzulässig, da die Werte verschiedenen Betonsorten, verschiedenen TB-Werken und Bauvorhaben entstammen. In der Anhang C 3 sind Mittelwerte, Standardabweichungen und 5%-Quantile aufgelistet, die sich bei der statistischen Auswertung jeder einzelnen Sorte ergeben. Dabei sind leider nur 164 Wertepaare nutzbar, da nur Sorten beachtet werden, die mindestens 5 Einzelwertepaare enthalten. Die meisten Sorten weisen einen Stichprobenumfang auf, der unter 15 Werten liegt, so daß die

Ergebnisse Mittelwert, Streuung und Fraktile der einzelnen Sorten als Schätzwerte zu betrachten sind. Es erfolgt eine Mittelung über alle Einzelergebnisse, wobei die Ergebnisse jeder Sorte entsprechend dem Stichprobenumfang gewichtet werden. Somit ist das Problem der geringen Stichprobenumfangs behoben. Nun läßt sich eindeutig feststellen, daß der 5%-Fraktilewert der Druckfestigkeit auf der Baustelle im Mittel um 5% unter der Druckfestigkeit im TB-Werk liegt, obwohl die Mittelwerte gleich ausfallen. Die Ursache ist in der größeren Streuung auf der Baustelle zu finden, im Mittel fällt die Standardabweichung auf der Baustelle um 27% höher aus.

In Anhang C 4 erfolgt nochmals eine Auswertung der selben Daten. Hier wird ein Auswertungsverfahren angewandt, bei dem alle Sorten eines TB-Werks, die an dieselbe Baufirma geliefert wurden, zusammengefaßt sind. Diese Methode entspricht zwar nicht der Norm, hat aber den Vorteil, daß fast alle Datenpaare einbezogen werden können und der Stichprobenumfang der einzelnen Gruppen größer ist. Da verschiedene Sorten zusammengefaßt werden ergibt sich eine zu hohe Standardabweichungen. Die in Anhang C 3 ablesbaren Ergebnisse werden hier qualitativ bestätigt.

Bei der Mittelung über alle 269 Werte (Anhang C 5) läßt sich nochmals erkennen, daß die Mittelwerte der Druckfestigkeiten im TB-Werk und auf der Baustelle identisch sind. Über die Standardabweichung läßt sich bei einer so groben Zusammenfassung keine Aussage treffen.

Der jahreszeitliche Einfluß der Temperatur ist im Anhang C 5 u. 6 dargestellt. Bei hohen Temperaturen fällt die Druckfestigkeit um ca. 5% niedriger aus als bei tiefen Temperaturen.

Eine entsprechende statistische Auswertung wird mit 135 Wertepaaren zweier Sorten für den Bau einer Kläranlage in Darmstadt durchgeführt (Anhang C 8). Bei der ersten Sorte ergeben sich ähnliche Mittelwerte und Standardabweichungen. Bei der zweiten Sorte übertrifft die auf der Baustelle vorliegende Standardabweichung von $6,36 \text{ N/mm}^2$ den Wert des Lieferwerkes um mehr als 100%. Ausgehend von einem höherem Mittelwert der Druckfestigkeit auf der Baustelle, unterschreitet die resultierende 5%-Quantile den Quantilwert des Lieferwerkes.

Die dritte Wertepaargruppe ist im Anhang C 9 aufgelistet. Es handelt sich um zwei Sorten eines hochfesten Betons B65. Hier liegt, wie im Anhang C 2, jedem der 181 Datenpaare die gleiche Lieferscheinnummer zugrunde. Bei geringfügigen Abweichungen in Mittelwert und Streuung ergibt sich eine kleine Abnahme des 5%-Quantils von 2,5 bzw. 1,2%.

In Anhang C 10 ist die statistische Analyse der Transportzeit zwischen einem TB-Werk und einer Baustelle durchgeführt. Bei der Auswertung von 143 Werten mißt man eine durchschnittliche Fahrzeit von einer Stunde und eine Zeitspanne von zweieinhalb Stunden bis zur vollständigen Entleerung des Transportfahrzeuges. Die Zeiten streuen jedoch relativ weit: von dreißig Minuten bis zu zwei Stunden bei der Fahrzeit und von einer Stunde bis zu fünf Stunden bei der Zeitspanne bis zur vollständigen Entleerung. Nach Aussagen von Betontechnologen sind diese Zeitspannen jedoch als überdurchschnittlich hoch einzuschätzen.

In Anhang C 12 wird die Abhängigkeit der Druckfestigkeitsdifferenz von der Festbetonrohrichtendifferenz eines Wertepaares untersucht. Die Festbetonrohrichte ist u.a. stark von der Qualität der Verdichtung abhängig. Bei guter Verdichtung liegt der Luftporengehalt zwischen 1 und 2 Vol.%. Nach einer gängigen Faustformel nimmt die Druckfestigkeit bei einem Anstieg des Luftporengehalts um 1 Vol% um 5% ab. D.h. bei einer der Luftporenzunahme entsprechenden Abnahme der Dichte um $2,30 \cdot 0,01 = 0,032 \text{ kg/dm}^3$ sollte eine Festigkeitsabnahme von $45 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,05 = 2,25 \text{ N/mm}^2$ zu beobachten sein. Multipliziert man jeweils den Dichteunterschied mit dem Druckfestigkeitsunterschied, so erhält man einen Wertungsfaktor zur Beurteilung dieser Abhängigkeit. Zur Bestätigung der Faustformel müßte sich im Mittel ein Faktor von $0,023 \cdot 2,25 = +0,052$ ergeben. Für die Werte des Anhangs C 11 werden die Dichteunterschiede $\Delta \rho_{\text{(normiert)}}$ mit den Festigkeitsdifferenzen $\beta_{\text{TBW}} - \beta_{\text{Bst. (normiert)}}$ multipliziert. Über die Einzelwerte gemittelt ergibt sich ein Faktor von $+0,0276$, der den Wertungsfaktor $+0,052$ der Beziehung lediglich tendenziell bestätigt.

Der gleichen Prozedur werden 12 Datenpaare des Anhangs C 2 unterzogen. Hier wird der Wertungsfaktor $+0,052$ bestätigt.

Leider wird die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Festbetonrohrichte erst bei der Mittelung über eine größere Datenmenge augenscheinlich. Einzelne Paare weichen meist stark ab, so daß die Druckfestigkeitsdifferenz eines Einzelpaares nicht durch den Dichteunterschied bzw. die Qualität der Verdichtung begründet werden kann. Eine optische Darstellung befindet sich im Anhang C 12 Seite 4 – 8.

3.3 Vergleich der Würfeldruckfestigkeitsdifferenz bei örtlich getrennter und ortsgleicher Probenentnahme

Abgesehen von der leichten Zunahme der Standardabweichung auf dem Weg zur Baustelle fällt vor allem die große Abweichung der beiden Meßwerte eines Wertepaares von einander auf. Teilweise liegt der Meßwert des Lieferwerkes höher, teilweise der Wert der Baufirma. Wie bereits bemerkt, findet man bei der Mittelung über alle Meßwerte, bei den meisten der 4 vorliegenden Datengruppen heraus, daß die Mittelwerte der im Lieferwerk ermittelten Druckfestigkeit und der auf der Baustelle ermittelten Druckfestigkeit etwa gleich sind. Dieses Ergebnis darf aber nicht über die Tatsache hinweg täuschen, daß sich die zwei Meßwerte eines einzelnen Wertepaares nicht selten um eine ganze Festigkeitsklasse unterscheiden (vgl. Anhang C2). Die relativ großen und fast willkürlich erscheinenden Abweichungen sollen hier näher betrachtet werden.

Zwischen den folgenden 5 Streuungsparametern kann unterschieden werden:

- Streuung der Festigkeit innerhalb einer Liefercharge bzw. Probe s_{Probe} .
- Streuung der Festigkeit innerhalb einer Sorte s_M , die mehrere verschiedene Lieferchargen bzw. Proben umfaßt. Sie wird Qualitätsstreuung oder auch Materialstreuung genannt.
- Streuung der Festigkeit innerhalb des Herstellungs-, Lagerungs- und Prüfvorgangs einer Prüfstelle. Sie wird Prüfstreuung unter Wiederholungsbedingungen s_{P1} genannt.
- Streuung der Festigkeit innerhalb des Herstellungs-, Lagerungs- und Prüfvorgangs verschiedener Prüfstellen. Sie wird Prüfstreuung unter Vergleichsbedingungen s_{P2} genannt.
- Streuung zwischen den Festigkeiten eines Datenpaares s_{Rest} , hervorgerufen durch Transportzeit, Temperatur, Wasserzugabe, falsche Angaben...(vgl. Anhang C 1).

Die in der Praxis, z.B. für die Konformitätsprüfung verwendeten Prüfwerte unterliegen der Gesamtstreuung s_{ges} . Die Gesamtstreuung setzt sich aus der Materialstreuung s_M und der Prüfstreuung unter Wiederholungsbedingungen s_{P1} zusammen (Bild 3.1).

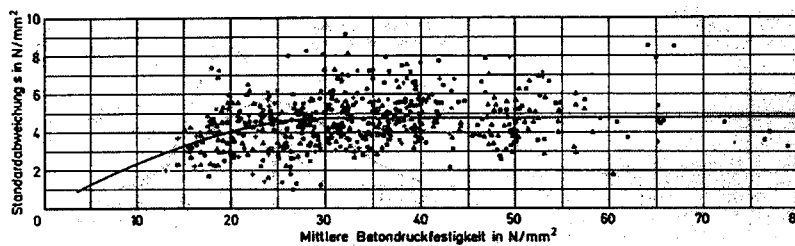


Bild 3.1: Gesamtstreuung s_{ges}

Für die Standardabweichung s_{ges} wird in [24] ein Wert zwischen 2 und 7 N/mm^2 angegeben, im Mittel liegt s_{ges} bei 4,8 N/mm^2 . Dieser Wert wird bei einem Mittelwert der Druckfestigkeit von 30 N/mm^2 erreicht und

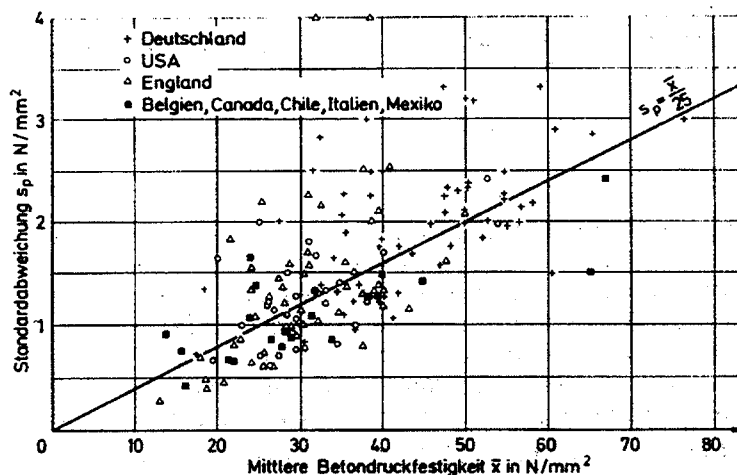


Bild 3.2: Prüfstreuung unter Wiederholungsbedingungen s_{P1}

nimmt auch für höhere Druckfestigkeiten nicht weiter zu. Im Gegensatz zur Gesamtstreuung ist die Prüfstreuung s_{P1} von der mittleren Betondruckfestigkeit abhängig, sie liegt laut [24] bei $1/25 \cdot \bar{\beta}_D$ (Bild 3.2). In DIN EN 12394 wird für die Prüfstreuung s_{P1} ein etwas niedrigerer Wert von $0,032 \cdot \bar{\beta}_D$ angegeben [27].

In diesem Abschnitt soll jedoch nicht s_{ges} , also die Abweichung der Meßdaten von ihrem Mittelwert betrachtet werden, sondern die Standardabweichung s_{paare} . Sie beschreibt die Streuung der Differenz zwischen den zwei Druckfestigkeiten eines Datenpaares von dem Mittelwert der Differenzen der Datengruppe (hier: $m \cong 0$). Wenn die zwei Probekörper eines Datenpaares aus der gleichen Probe (Liefercharge) stammen und von verschiedenen

Laboranten an unterschiedlichen Orten erstellt, gelagert und geprüft wurden, so kann man die Standardabweichung s_{Paare} aus folgenden drei Streuungsparametern zusammensetzen:

$$s_{Paare} = \sqrt{(s_{Probe}^2 + s_{P\ 2}^2 + s_{Rest}^2)} \quad (3.1)$$

Wenn die zwei Probekörper eines Datenpaares nicht aus der gleichen Probe stammen, kann man die Standardabweichung s_{Paare} folgendermaßen darstellen:

$$s_{Paare} = \sqrt{(s_M^2 + s_{P\ 2}^2 + s_{Rest}^2)} \quad \text{mit} \quad s_M^2 = s_{ges}^2 - s_{P\ 1}^2 \quad (3.2)$$

Für die Streuung der Festigkeit innerhalb einer Probe s_{Probe} findet man in [13] einen Variationskoeffizient von $\cong 0,03$. Bei der mittleren Probekörperfestigkeit der Datengruppe aus Anhang C2 von 48 N/mm^2 , ergibt sich beispielsweise eine Standardabweichung s_{Probe} von $0,03 \cdot 48 \text{ N/mm}^2 \cong 1,5 \text{ N/mm}^2$.

Für die Prüfstreuung unter Vergleichsbedingungen $s_{P\ 2}$ gibt DIN EN 12394 für den Würfel mit 150mm Kantenlänge eine Standardabweichung von 4,7% des Mittelwertes der Druckfestigkeit an [27]. Dieser Variationskoeffizient wurde in England unter der Bedingung ermittelt, daß zwei verschiedene Laboranten unter der Verwendung ihrer eigenen Geräteausstattung die Herstellung, die Lagerung und die Druckfestigkeitsprüfung an Probekörpern, hergestellt aus der gleichen Probe, vornahmen. Anhand eines, von einem Baustofflabor aus Mannheim durchgeführten „Pressenvergleiches“ zwischen 5 Prüfstellen kann man erkennen, daß der, durch die unterschiedlichen Prüfpresen hervorgerufene Streuungsanteil an $s_{P\ 2}$, mit einem Variationskoeffizienten von 0,012 eingeht.

Folgend werden die real vorhandenen Standardabweichungen s_{Paare} der Festigkeitsdifferenz zwischen den Datenpaaren der vier Datengruppen, die im Anhang C2, C8, C9, und C11 dargestellt sind mit den Werten verglichen, die sich unter Verwendung der, in der genannten Literatur angegebenen Variationskoeffizienten ergeben. Tabelle 3.2 bietet eine Übersicht über die Ergebnisse.

1. Anhang C2:

Den obigen Angaben entsprechend sollte sich hier eine Standardabweichungen von

$$s_{Paare, \text{ Anhang C2}} = \sqrt{(s_{Probe}^2 + s_{P\ 2}^2)} = \sqrt{((48 \cdot 0,03)^2 + (48 \cdot 0,047)^2)} = 2,68 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3)$$

einstellen. Die tatsächlich festgestellte Standardabweichung der Druckfestigkeitsdifferenz s_{Paare} innerhalb der 269 Paare, die jeweils gleiche Lieferscheinnummer aufweisen, beträgt $6,71 \text{ N/mm}^2$. Die hier zusätzlich auftretende Streuung s_{Rest} aus Transport, Temperatur, Wasserzugabe, falschen Angaben ... errechnet sich zu

$$s_{Rest, C2} = \sqrt{(6,71^2 - 2,68^2)} = 6,15 \text{ N/mm}^2 \quad (3.4)$$

2. Anhang C8:

Die 135 Paare des Anhangs C 8 weisen keine identischen Lieferscheinnummern auf. Sie wurden lediglich am gleichen Tag entnommen und entstammen wahrscheinlich verschiedenen Mischfahrzeugen. In diesem Fall sollte sich eine Standardabweichungen von

$$\begin{aligned} s_{\text{Paare, Anhang C8}} &= \sqrt{(s_{\text{ges}}^2 - s_{P1}^2 + s_{P2}^2)} = \\ &= \sqrt{(4,8^2 - (46 \cdot 0,03)^2 + (46 \cdot 0,047)^2)} = 5,08 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

bei der ersten Sorte, bzw. eine Standardabweichung von 5,10 N/mm² bei der zweiten Sorte ergeben. Die tatsächlich gemessenen Abweichungen liegen mit 5,11 bzw. 6,92 N/mm² in etwa in diesem Bereich.

3. Anhang C9:

Die Wertepaare der zwei Sorten des hochfesten Betons B 65 entstammen jeweils derselben Probe und sollten eine mittlere Standardabweichung von 4,63 bzw. 4,91 N/mm² aufweisen. Tatsächlich ergeben sich 5,36 N/mm² für die Sorte mit Mischzement und 5,93 N/mm² für die Sorte mit PZ 45 F. Auch hier werden die in [13 / 27] aufgeführten Werte überschritten, wobei deren Gültigkeit für hochfeste Betone nicht geklärt ist.

4. Anhang C11:

Bei den Wertepaaren des Anhangs C 2, C 8 und C 9 fand die Probenentnahme für den Würfel des TB-Werks im Werk, und die Probenentnahme für den Würfel der Baufirma auf der Baustelle statt. Die Probekörper der Paare des Anhangs C 11 hingegen entsprechen beide der Forderung auf der Baustelle hergestellt worden zu sein. Hier kann eine viel bessere Übereinstimmung der Druckfestigkeit festgestellt werden. Die 98 Paare sind 22 Sorten -fast ausschließlich B 35- einer Liefergemeinschaft dreier TB-Werke aus Berlin zuzuordnen. Auch hier wird die vorgesehene Standardabweichung der Festigkeitsdifferenz überschritten, woraus man schließen muß, daß die vorgesehenen Streuungsparameter s_{Probe} und s_{P2} etwas zu niedrig angesetzt wurden. Dennoch kann man feststellen, daß hier die vorhandene Standardabweichung mit 4,44 N/mm² relativ niedrig ausfällt.

Tabelle 3.2: Standardabweichung der Druckfestigkeitsdifferenz innerhalb eines Datenpaares bei verschiedenen Datengruppen

Daten- gruppe	Charakteristik der Datenpaare		Anzahl der Datenpaare	Anzahl der Prüflabore	Mittelwert β_w	Standardabweichung innerhalb der Paare s_{Paare}		Resteinfluß s_{Rest}
	Anhang	Typ				Entnahmeort	n	
					[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1. C2	gleicher	getrennt	269	10 : 8	48	6,71	2,68	6,15
	Liefersch.							
2. C8	gleicher	getrennt	34	3 : 1	46	5,11	5,08	0,55
	Tag		101	3 : 1	48	6,92	5,10	4,68
3. C9	gleicher Ls.	getrennt	90	1 : 1	83	5,36	4,63	2,70
			91	1 : 1	88	5,93	4,91	3,33
4. C11	gleicher Ls.	ortsgleich	98	3 : 1	44	4,44	2,45	3,70

Vergleicht man die zusätzlichen Streuungseinflüsse s_{Rest} des Anhangs C11 mit denen des Anhangs C2, so kann man erkennen, daß sich s_{Rest} auf fast die Hälfte reduziert. Um einen optischen Vergleich zu erhalten, sind die Paare dieser beiden Gruppen in Form einer „Fieberlinie“ graphisch gegenübergestellt. Im Anhang C11, Seite 5 bis 15 sind die 269 Paare des Anhangs C 2 dargestellt und auf den Seiten 16 bis 19 die 98 Paare des Anhangs C 11. Die dargestellten Druckfestigkeiten sind jeweils durch ihre Nennfestigkeit dividiert.

Abschnitt 3.2 und 3.3 zusammengefaßt, können zwei Hauptergebnisse genannt werden:

- a) Es tritt ein Abnahme des 5% Quantils der Betondruckfestigkeit zwischen Transportbetonwerk und Baustelle ein.
- b) Die von den Baufirmen und den Lieferwerken ermittelten Druckfestigkeiten eines Wertepaares weichen stark voneinander ab.

Um den groben Abweichungen gerecht zu werden, wird an dieser Stelle vorgeschlagen, eine Annahmeprüfung auf der Baustelle durchzuführen.

Der Beton, aus dem die Probekörper für diese Prüfung hergestellt werden, ist unmittelbar vor dem Einbau, nach eventueller Nachdosierung von Wasser oder Zusatzmitteln, zu entnehmen. Die Prüfhäufigkeit ist vorzuschreiben und kann mittels der für bestimmte Festigkeitsklassen, Bauwerke oder Bauteile vorgesehenen Inspektionsklassen abgestuft werden.

Es wurde auch in Erwägung gezogen, die Konformitätsprüfung am Ort der Übergabe durchzuführen, wodurch man sich eine Annahmeprüfung erspart. Diese Regelung hat jedoch zu Folge, daß abgesehen von dem zusätzlichen Fahraufwand zu Baustelle, auf allen Baustellen ein Laborcontainer zu Herstellung und Lagerung der Probekörper einzurichten ist. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt ist diese Variante, insbesondere für kleine Baustellen, äußerst ungünstig.

3.4 Mathematische Untersuchung der Annahmekriterien

Die Annahmeprüfung auf der Baustelle hat zum Ziel, eine Grundlage für die Entscheidung über Annahme oder Ablehnung des angelieferten Betons zu gewinnen, der bereits die Konformitätsprüfung bestanden hat.

Die Annahmeprüfung wird an einer Stichprobe mit einer Anzahl von n_2 Probekörpern durchgeführt. Die Anzahl n_2 ist normalerweise wesentlich kleiner als die Anzahl n_1 der für die Konformitätsprüfung hergestellten Probekörper. Nach prEN 206 liegt die Anzahl n_2 zwischen 1 und 6.

Die Annahmeprüfung darf nicht die Konformitätsprüfung wiederholen. Nachfolgend werden 2 unterschiedliche Fälle untersucht:

1. Die Streuung der Probekörper Druckfestigkeit auf der Baustelle ist größer als die Streuung im Lieferwerk. In diesem Fall ist es das Ziel zu prüfen, ob der Mittelwert der Betongesamtheit der Konformitätsprüfung und der Mittelwert der Betongesamtheit der Annahmeprüfung gleich sind.
2. Die Streuung auf der Baustelle ist gleich der Streuung im Werk. In diesem Fall ist es das Ziel zu prüfen, ob die Stichprobe der Konformitätsprüfung und die Stichprobe der Annahmeprüfung zur gleichen Gesamtheit gehören.

Zuerst wird der erste Fall betrachtet.

- n_1 - Umfang der Stichprobe aus der Betongesamtheit der Konformitätsprüfung ($n_1=15$ nach prEN 206)
- n_2 - Umfang der Stichprobe aus der Betongesamtheit der Annahmeprüfung ($n_2=1.....6$ nach prEN 206)
- m_1 - Mittelwert der ersten Stichprobe
- m_2 - Mittelwert der zweiten Stichprobe
- σ_1 - Standardabweichung der ersten Gesamtheit
- σ_2 - Standardabweichung der zweiten Gesamtheit

Gemäß [14] und [15] wird die Nullhypothese, das ist die Hypothese, daß der Mittelwert der ersten Gesamtheit m_1 gleich dem Mittelwert der zweiten Gesamtheit m_2 ist, getestet.

Der Testwert u_0 wird betrachtet:

$$u_0 = |m_1 - m_2| / \sigma_d \quad (3.6)$$

dabei ist σ_d die Standardabweichung der Differenz d der Mittelwerte m_1 und m_2 :

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \quad (3.7)$$

Setzt man $\sigma_1 = \sigma$ und $a = \sigma_2 / \sigma_1$, so erhält man $\sigma_2 = a \cdot \sigma$ und $\sigma_d = \sigma \cdot b$ wobei

$$b = \sqrt{\frac{n_2 + a^2 n_1}{n_1 \cdot n_2}} \quad (3.8)$$

Der Testwert u_0 wird mit dem Wert $u_{1-\alpha/2}$ verglichen. Der Wert $u_{1-\alpha/2}$ ist der $\alpha/2$ Fraktilwert der normierten Normalverteilung. Dabei ist α die Signifikanzzahl.

Wenn $u_0 > u_{1-\alpha/2}$, wird die Hypothese verworfen. Dabei kann der Fehler 1. Art (im Wirklichkeit ist die Hypothese richtig) gemacht werden. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens dieses Fehlers ist gleich α .

Wenn $u_0 \leq u_{1-\alpha/2}$, kann die Hypothese angenommen werden. Dabei bleibt die Wahrscheinlichkeit, daß die Hypothese falsch ist (der Fehler 2. Art). Diese Wahrscheinlichkeit ist sehr schwierig zu schätzen (siehe z.B. [16]).

Je größer α , desto größer ist der Fehler 1. Art und desto kleiner ist der Fehler 2. Art. Gemäß [15] muß α gleich 0,05 oder 0,01 gewählt werden. Als Kompromiß zwischen der Größe des Fehlers 1. und 2. Art wird α gleich 0,05 gewählt.

Die Nullhypothese kann angenommen werden, wenn (aus Formel (3.6)):

$$|m_1 - m_2| / \sigma_d \leq u_{1-\alpha/2} \quad (3.9)$$

Für $a = 0.05$ ist $u_{1-\alpha/2} = 1.96$ und

$$m_2 \geq m_1 - u_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_d \quad (3.10)$$

Nach bestandener Konformitätsprüfung gilt:

$$m_1 \geq f_{ck} + \lambda \cdot \sigma \quad \text{wobei } \lambda = 1.48 \text{ nach prEN 206} \quad (3.11)$$

Aus (3.10) und (3.11) folgt:

$$m_2 \geq f_{ck} + \lambda \cdot \sigma - u_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_d \quad (3.12)$$

Mit (3.8) erhalten wir:

$$m_2 \geq f_{ck} + c \quad (3.13)$$

$$\text{wobei } c = (\lambda - u_{1-\alpha/2} \cdot b) \cdot \sigma \quad (3.14)$$

Im Abschnitt 3.2 wurde gezeigt, daß die Standardabweichung der Betondruckfestigkeit auf der Baustelle um 27% größer als die Standardabweichung der Betondruckfestigkeit im Transportbetonwerk ausfällt. Deshalb kann der Parameter a zu 1,27 angenommen werden. Für verschiedene n_2 sind in Tabelle 3.3, Spalte 2 die errechneten Werte c dargestellt. Als Standardabweichung σ wird ein erwartungstreuer Wert von 4 N/mm² angesetzt, der zwischen der im TB-Werk und der auf der Baustelle vorliegenden Standardabweichung liegt.

Nun wird der zweite Fall betrachtet.

Wenn es keine Änderung zwischen der Standardabweichung der Betondruckfestigkeit auf der Baustelle und der Standardabweichung der Betondruckfestigkeit im Transportbetonwerk gibt, muß man a gleich 1.0 setzen. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 3.3, Spalte 3 dargestellt.

Tabelle 3.3: Werte für die Annahmeprüfung

1	2	3	4
n_2	c für $m_2 \geq f_{ck} + c$ $a = 1.27$	c für $m_2 \geq f_{ck} + c$ $a = 1.0$	c für $m_2 \geq f_{ck} + c$ nach prEN 206 Anhang E
1	- 4.2	- 2.2	- 4.0
2	- 1.4	0.0	1.0
3	- 0.2	1.0	1.0
4	0.5	1.5	1.0
5	1.0	1.9	2.0
6	1.4	2.1	2.0
9	2.0	2.6	-
12	2.4	2.9	-
15	2.6	3.1	-
100	3.7	3.7	-

Eine ähnliche Analyse wurde von Mr. Plumat für die Projektgruppe CEN/TC 104/WG 1/TG 3 durchgeführt [17]. Diese Analyse wurde aber nur für den zweiten Fall $a = 1$ ($\sigma_1 = \sigma_2$) durchgeführt. Die Ergebnisse liegen nahe an den Werten der Spalte 3, Tabelle 3.3. Man muß aber bemerken, das Mr. Plumat für σ den Wert 3.5 N/mm² benutzt hat. Außerdem verwendete er bei seiner Untersuchung für die Konstante λ die Werte 1.35 und 1.64. Diese Werte entsprechen der Version EN 206 von 1990.

Man kann feststellen, daß die Werte der Spalte 4 nicht den Werten der Spalte 2 widersprechen, sie liegen etwas auf der sicheren Seite. Das bedeutet, daß das Niveau der

Konstanten für die Annahmeprüfung der prEN 206 nach der oben durchgeführten Untersuchung akzeptabel ist.

Eine Bemerkung muß über die Fußnote der Tabelle E.1 in Anhang E „Annahmeprüfung für die Druckfestigkeit“ in prEN 206 abgegeben werden. Dort steht geschrieben: „... auf einem 99%-Signifikanzniveau nachgewiesen ist.“, bzw.: “... at a 99% significance level“. Das ist nicht ganz richtig. Wie schon oben bemerkt wurde, bezieht sich die Wahrscheinlichkeit $1-\alpha = 0.99$ nicht auf das Signifikanzniveau der Nullhypothese sondern auf die Wahrscheinlichkeit, daß die falsche Hypothese verworfen wird. Das wurde auch in der Arbeit [6] bemerkt. Unserer Meinung nach sollte es lauten: „Die Kriterien der Annahmeprüfung nach Tabelle E.1 geben auf einem 1%-Signifikanzniveau an, ob das vereinbarte Betonvolumen zur selben Grundgesamtheit gehört, wie jenes gehört, für das die Übereinstimmung mit der charakteristischen Festigkeit nach den Übereinstimmungskriterien für stetige Herstellung nachgewiesen ist.“, bzw.: “Acceptance testing criteria in table E1 indicate at a 1%-significance level whether the defined volume of concrete in question belongs to the same population as the verified as conforming with the characteristic strength via continuous production conformity criteria.”.

Aus der ersten Zeile der Tabelle 3.3 für $n_2 = 1$ kann man die Konstante c für das Einzelwertkriterium der Annahmeprüfung ablesen. Der Wert -4.2 in Spalte 2 entspricht der Konstanten -4 der prEN 206. Der Wert -4.2 trifft für den Fall Nummer 1 zu, wenn die Streuung auf der Baustelle größer als die Streuung im TB-Werk ist.

4. Untersuchung des sich ergebenden Sicherheitsniveaus bei dem Zusammenspiel der prEN 206 mit dem EC 1

4.1 Bezug des 5%-Quantils der Betondruckfestigkeit f_{ck}

4.1.1 Örtlicher Bezug

Prinzipiell kann man sich drei Orte vorstellen, an denen das 5%-Quantil der Betondruckfestigkeit vorliegen müßte: Im Transportbetonwerk, auf der Baustelle oder im Bauteil. Letzterer ist naheliegend, läßt sich aber nur an Bohrkernen, unter hohen Kostenaufwand und unter Schädigung des Bauteils ermitteln. Deshalb wird der Fraktilwert anhand von Probekörpern, die entweder im TB-Werk oder auf der Baustelle hergestellt werden, kontrolliert. Der Druckfestigkeitsunterschied zwischen Probekörper und Bauwerk wird dann über einen Umrechnungsfaktor, der im Teilsicherheitsbeiwert γ_M enthalten ist, abgedeckt.

Es verbleibt die Frage, ob die Herstellung der Probekörper auf der Baustelle oder im TB-Werk zu erfolgen hat.

In den Normen werden folgende Anweisungen gegeben:

- EC 1-1, Abschnitt 1.5.1.5, Baustoff: „Material, daß ^S in Bauwerken verwendet wird, z.B. Beton, Stahl, Holz, Mauerwerk.“
- EC 1-1, Abschnitt 1.5.4.1, Charakteristischer Wert X_k : Hier sind keine Regelungen über Ort der Probenahme oder quantitativen Bezug der Grundgesamtheit (Sorte oder Festigkeitsklasse) angegeben!
- EC 1-1, Anhang D3.4 (1): „Durch Überwachungsprüfungen nach Abschnitt D,1(3) d) soll die Güte angelieferter Bauprodukte oder die Gleichmäßigkeit der Fertigung kontrolliert werden.“
- EC 2, Abschnitt 4.1.5: „Während der Bauausführung müssen angemessene Maßnahmen der Güteüberwachung getroffen werden, so daß die geforderten Baustoffeigenschaften und die geforderte Qualität der Bauausführung erreicht werden.“
- EC 2, Abschnitt 6.3.1: „Die Eigenschaften des für die Bauausführung verwendeten Betons müssen während der gesamte Nutzungsdauer des Bauwerks erhalten bleiben.“
(Woraus man schließen kann, daß die Eigenschaften, zu denen auch f_{ck} gehört, auch zu Beginn der Nutzungsdauer vorliegen müssen.)

- prEN 206, Abschnitt 8.1: „Der Ort der Probenahme für Übereinstimmungsprüfungen muß so gewählt werden, daß sich die maßgebenden Betoneigenschaften und die Betonzusammensetzung zwischen dem Ort der Probenahme und dem Ort der Übergabe nicht wesentlich ändern.“
- prEN 206, Abschnitt 8.2.1.2: “Unbeschadet der Anforderungen an die Probenahme nach Abschnitt 8.1 müssen die Proben nach der Zugabe von Wasser oder von Zusatzmitteln entnommen werden.“
- DIN 1048, T5, Abschnitt 2.2: „Proben für Güte- und Erhärtnungsprüfungen sind aus Beton, der für Bauteile bestimmt ist, im allgemeinen auf der Baustelle zu entnehmen und möglichst auch dort zu Probekörpern zu verarbeiten.“
- DIN 1084, T3, Abschnitt 3.4: „Die Proben für die Betonprüfungen der Werkseigenüberwachung sind bei Übergabe des Transportbetons zu entnehmen.“
- Musterbauordnung für die Länder der BRD § 3 (2): „Bauprodukte dürfen nur verwendet werden, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen ... die Anforderungen dieses Gesetzes ... erfüllen“

Man kann feststellen, daß deutsche Normen als Basis für die Nennfestigkeit eine Grundgesamtheit vorsehen, die sich auf die auf der Baustelle hergestellten Probekörper bezieht. Es muß allerdings angemerkt werden, daß nach Aussagen von Betontechnologen und eigenem Befund, in der heutigen Baupraxis die Probewürfel für die Konformitätsprüfung meistens im TB-Werk hergestellt werden, da so weitaus wirtschaftlicher geprüft werden kann.

Die europäischen Normen hingegen treffen keine eindeutigen Aussagen. Nach prEN 206 sind Probekörper lediglich dann auf der Baustelle zu entnehmen, wenn planmäßig Wasser zugegeben wird, ansonsten im Lieferwerk. Der EC 1 hält sich, den Ort der Kontrolle der charakteristischen Festigkeit betreffend, bedeckt. Er bietet sogar die Alternative an, entweder die Güte des angelieferten Betons oder die Produktion zu kontrollieren. Daraus muß man schließen, daß ein Abfall des 5%-Quantils der Probekörperdruckfestigkeit, zwischen Lieferwerk und Baustelle, prinzipiell nicht erwartet wird. Das ist nicht zutreffend, tatsächlich nimmt bei etwa gleichem Mittelwert die Streuung auf der Baustelle zu und damit der Fraktilwert ab. Es ist als ein großes Manko des EC 1 zu betrachten, daß hier weder Ort der Probenahme noch quantitativer Bezug der Grundgesamtheit (Sorte oder Festigkeitsklasse) festgelegt werden.

Da in Abschnitt 3.3 Unterschiede zwischen der im TB-Werk und der auf der Baustelle ermittelten Druckfestigkeit festgestellt wurden, muß, um weitere Untersuchungen anstellen zu können, der Ort, an dem f_{ck} vorzuliegen hat, festgelegt werden.

Bei dieser Festlegung sind fünf Aspekte abzuwägen:

1. Wenn der im Teilsicherheitsbeiwert für Beton enthaltene Umrechnungsfaktor γ_{conv} zwischen Bauteil- und Probekörperfestigkeit in der Lage ist, sowohl die mittlere Abnahme der Druckfestigkeit von 2 N/mm^2 (vgl. Abschnitt 3.2), als auch die Festigkeitsverluste aus minderwertigerer Verdichtung, Nachbehandlung usw. im Bauteil abzudecken, so darf man davon ausgehen, daß das dem EC 1 zugrunde liegende Sicherheitskonzept auf eine im Lieferwerk vorliegende Grundgesamtheit aufbaut.

Die in Abschnitt 4.2.6 angestellten Untersuchungen bestätigen dies knapp. Allerdings sind die Ergebnisse des Abschnitts 4.2.6 mit einer Unsicherheit bezüglich Umrechnungsfaktoren behaftet. Die verwendeten Daten entsprechen hinsichtlich Probekörperform und Nachbehandlung nicht unbedingt den Anforderungen der prEN 206.

2. Aus wirtschaftlichen Gründen ist das Vorliegen von f_{ck} im Transportbetonwerk die sinnvollere Variante. Für die Herstellung der Probekörper müssen keine extra Fahrwege zur Baustelle und Lagermöglichkeiten auf der Baustelle kalkuliert werden.
3. Unabhängig von dem Ergebnis der Untersuchungen an γ_{conv} steht der berechnete Wunsch der Baufirmen, bei Übergabe des Betons ein Produkt mit einer klar definierten Festigkeitseigenschaften zu erhalten. Sie stehen in der juristischen Gewährleistungspflicht gegenüber dem Bauherren, der auf Schadensersatz klagen kann. Die Baufirmen müssen im Schadensfall in der Lage sein, nachzuweisen, daß gegebenenfalls der gelieferte Beton nicht den technischen Anforderungen genügt, ohne sich auf die Selbstanzeigespflicht des Betonlieferwerks verlassen zu müssen.
4. Wenn ein Kaufvertrag über eine Betonlieferung mit der Eigenschaft f_{ck} geschlossen wird, so kann der Käufer auf das Vorliegen dieser Eigenschaft bei Übergabe des Produkts bestehen.
5. Der deutschen Bautradition folgend, soll die charakteristische Festigkeit f_{ck} weiterhin auf der Baustelle vorliegen.

Da der erste Aspekt erfüllt ist und der dritte Aspekt durch eine obligatorische Annahmeprüfung befriedigt werden kann, wird in dieser Untersuchung eine im TB-Werk vorliegende Grundgesamtheit vorausgesetzt, in der f_{ck} definiert ist.

4.1.2 Quantitativer Bezug

Grundsätzlich ist festzuhalten, daß sich die Grundgesamtheit aus allen gemessenen Zylinderdruckfestigkeiten einer Festigkeitsklasse zusammensetzt. Die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} ist der 5%-Fraktilwert dieser Grundgesamtheit. Erwartungsgemäß liegen 5% aller Meßwerte unter f_{ck} .

Das bedeutet aber nicht, daß in jeder Teilmenge der Grundgesamtheit diese 5%-Quantilforderung eingehalten wird. Hier können die Anteile an Minderfestigkeiten stark schwanken. Diese Schwankung gilt es zu begrenzen. Dies geschieht durch eine Beschränkung der Durchschlupfrate. Das EN- bzw. EC-Konzept sieht vor, diese Durchschlupfrate auf wiederum 5% zu begrenzen.

Die Standardabweichung σ der Grundgesamtheit wird in prEN 206 nach Ermittlung von 35 Ergebnissen als bekannt betrachtet.

Abweichend von der Definition der Grundgesamtheit werden bei der Konformitätsprüfung nicht ganze Festigkeitsklassen, sondern einzelne Produktionszeitabschnitte, einzelner Sorten, einzelner Transportbetonwerke beurteilt. Diese können mit ihrem Mittelwert und ihrer Streuung in günstigen oder ungünstigen Randbereichen der Grundgesamtheit liegen.

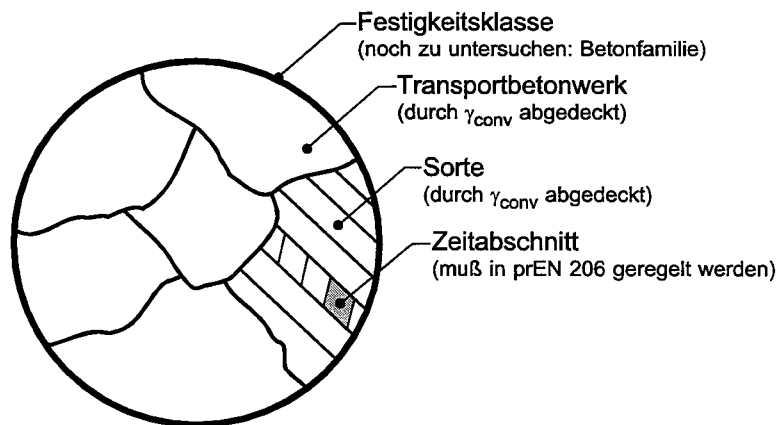


Bild 4.1: Grundgesamtheit der Probekörperdruckfestigkeit für die Konformitätsprüfung nach EN 206

4.1.3 Zeitlicher Bezug

Die prEN 206 8.2.1.3 trifft relativ aufwendige Regelungen, um den Zeitraum festzulegen, aus dem die Prüfdaten zur Bestimmung des Mittelwerts x_n bzw. die Daten zur Ermittlung der Standardabweichung σ zu entnehmen sind. Der Zeitraum zur Ermittlung von σ soll vor dem Beurteilungszeitraum liegen und außerdem länger als drei Monate sein. Hier wird der Versuch unternommen, dem Charakter einer konstanten Grundgesamtheit gerecht zu werden. Auf der anderen Seite wird inkonsequenter Weise gefordert, daß die 35 Prüfdaten zur Bestimmung von σ einem Zeitraum, kürzer als ein Jahr entstammen müssen, also nicht „veraltet“ sein dürfen.

Tatsächlich liegt dem Baustoff Beton keine zeitlich konstante Grundgesamtheit zugrunde, sondern ein Prozeß, der einen über das Jahr veränderlichen Mittelwert und eine zeitlich

veränderliche Standardabweichung aufweist (vgl. Bild 4.2). Im Anhang C 6 und C 7 ist eine systematische Abhängigkeit der Betondruckfestigkeit von der Temperatur zu erkennen. Im Sommer liegt hier die mittlere Probekörperdruckfestigkeit im Mittel um 5% unter der Festigkeit, die sich im Winter einstellt. Betontechnologen berichten zudem von einer starken Zunahme der Streuung in den Monaten stark ab- oder zunehmender Tagestemperaturen.

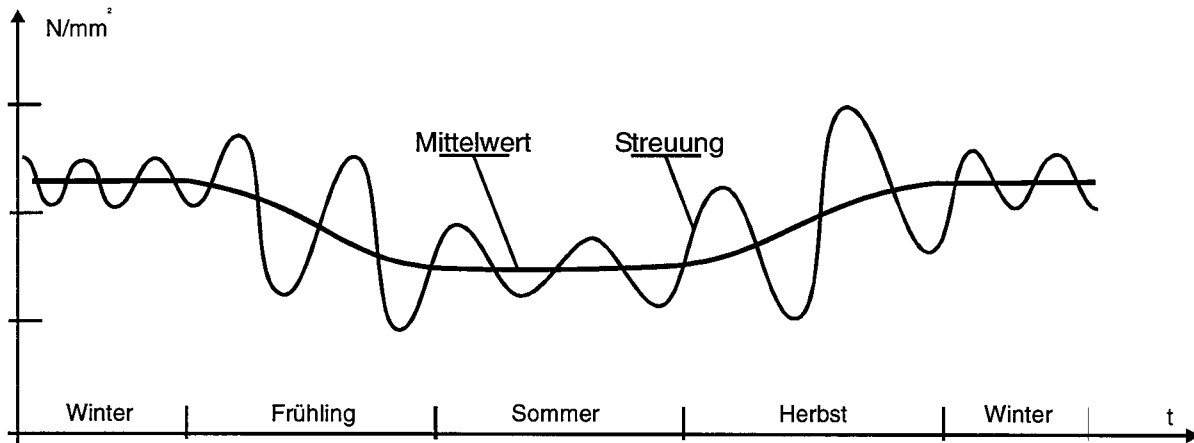


Bild 4.2: Die Betongrundgesamtheit, ein zeitlichveränderlicher Prozeß:

Dem entsprechend hat die zeitliche Lage der 35 Prüfergebnisse zur Ermittlung von σ Einfluß auf die Größe von σ .

Die 35 Ergebnisse sollten deshalb möglichst aktuell sein und aus einem möglichst kurzen Zeitabschnitt stammen.

4.2 Analyse des Verhältnisses zwischen dem 5% Fraktilwert der Bauwerksfestigkeit f_B und der Nennfestigkeit f_{ck}

4.2.1 Allgemeines

Die charakteristische Festigkeit (früher: Nennfestigkeit) wird an Probekörpern ermittelt. Die dem EC 2 zugrundeliegende Festigkeit nennt man $f_{ck,cyl}$ oder kurz f_{ck} . Sie wird anhand von Zylindern mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Höhe von 300 mm im Alter von 28 Tagen überprüft. Alternativ kann die Festigkeit an einem Würfel mit 150 mm Kantenlänge ermittelt werden, wodurch man einen um 25% höher liegenden Vergleichswert erhält. Die Herstellung, die Lagerung und der Prüfvorgang des Probekörpers sind in prEN 12378, prEN 12379 und prEN 12356 festgelegt.

Der Unterschied zwischen der Lastdauer des weggesteuerten Kurzzeitversuchs am Probekörper und der Dauerlast im Bauteil wird durch den Abminderungsbeiwert α umgerechnet. Laut EC 1, Abschnitt 9.3.3 wird auch der festigkeitsmindernde Einfluß der

Lastdauer durch den Umrechnungsparameter γ_{conv} abgedeckt. Das ist aber für Beton nicht der Fall, hier gibt es den speziellen Abminderungsbeiwert α .

Die an dem Zylinder gemessene Festigkeit entspricht nicht der im Bauteil anzutreffenden Festigkeit. Das hat zwei Gründe.

1. Die Durchführung der technologischen Prozesse Einbringen, Verdichten, Nachbehandeln usw. am Bauteil können nicht so hochwertig ausgeführt werden wie am Probekörper.
2. Durch die Reibung zwischen Probekörper und Presse wird die Querdehnung des Probekörpers behindert. Je nach Geometrie des Probekörpers stellt sich ein mehr oder minder ausgedehnter Bereich ein, in dem ein dreiaxialer Spannungszustand vorherrscht, wodurch höhere Längsspannungen aufgenommen werden können. Den gleichen Effekt erhält man im Bauteil durch die Umschnürungswirkung der Bügel bei enger Verbügelung. Bei weit auseinander liegenden Bügeln tritt dieser Effekt nicht ein. Dort kann sich evtl. eine ungünstigere Bruchfläche einstellen als im Probekörper.

Um diesem Unterschied Rechnung zu tragen, sieht der EC 1 einen Umrechnungsfaktor - bezogen auf f_{ck} - von 1.15 ($\cong 0.85^{-1}$) vor, der im Teilsicherheitsfaktor für Beton enthalten ist.

Der im DIN-Normenkonzept verwendete Umrechnungsfaktor -bezogen auf die Würfeldruckfestigkeit- beträgt ebenfalls 0.85 und ist empirisch festgelegt. Nach DIN 1048 Teil 2, Abschnitt 5.3.2 darf Bauwerksbeton, der im Alter von 28 bis 90 Tagen anhand von Bohrkernen geprüft wird, für den Tragfähigkeitsnachweis einer Festigkeitsklasse nach DIN 1045 verwendet werden, wenn die Ergebnisse der zerstörenden Prüfungen mindestens 85% der für die Festigkeitsklasse festgelegten Werte beträgt. Wobei der geometrische Umrechnungsfaktor zwischen dem 200er Würfel und einem Bohrkern mit 1.0 festgelegt ist, sofern sein Durchmesser 100 oder 150 mm beträgt und seine Höhe dem Durchmesser entspricht (vgl. DIN 1048 Teil 2, Abschnitt 5.3.1). Dies gilt sowohl für das Verhältnis des 5%-Quantils der Bohrkernfestigkeit zu β_{WN} , als auch für das Verhältnis des Mittelwerts der Bohrkernfestigkeit zu β_{WS} .

Man muß feststellen, daß das Verfahren nach DIN lediglich dem Festigkeitsverlust aus technologischen Aspekten abdeckt. Die in manchen Bauteilen fehlende Querdehnungsbehinderung wird bei der Feststellung der Rechenfestigkeit β_{R} berücksichtigt.

Ein weiterer Unterschied liegt in den Nachbehandlungsmethoden [23]. Die Nachbehandlung nach DIN 1048 (bis zum siebten Tag unter Wasser) führt, selbst bei gleicher Probekörperform zu einer um ca. 7% höheren Probekörperfestigkeit als die Nachbehandlung nach prEN 12379 (bis zum 28ten Tag unter Wasser). Der Unterschied begründet sich in dem ungünstigen Einfluß des Porenwasserüberdrucks und in der geringeren Querdehnungsbehinderung an den Aufstandsflächen bei wassergesättigten Proben.

Laut [22] ist mit einem Faktor von 0.76 zwischen dem unter Wasser gelagerten Zylinder und dem nach DIN gelagerten Würfel umzurechnen.

$$f_{\text{cyl, EN}} = 0.76 \cdot f_{\text{Würfel, DIN}}$$

Das bedeutet, daß die nach EC 2 angesetzte charakteristische Festigkeit f_{ck} viel näher an der Bauteilfestigkeit liegt, als die in DIN 1045 verwendete Nennfestigkeit β_{WN} .

In der entsprechenden Europäischen Norm, der prEN 12504 „Prüfung von Beton - Bohrkerne – Entnahme, Beurteilung und Druckfestigkeitsprüfung“, wird für Bohrkerne ein Durchmesser von 100 bzw. 150mm vorgeschrieben. Wichtige Angaben wie das Verhältnis Höhe zu Durchmesser und entsprechende geometrische Umrechnungsfaktoren zwischen verschiedenen Bohrkerngrößen und dem Normzylinder werden nicht vorgegeben. Hier sind noch Ergänzungen vorzunehmen um eine lückenlose Untersuchung des Sicherheitsniveaus sicher zu stellen.

Ziel der nachfolgenden Untersuchung ist es, anhand von Literatur und eigenen Daten das Verhältnis zwischen dem 5% Fraktilwert der Bauwerksfestigkeit f_{B} , gemessen an Bohrkernen und der charakteristischen Festigkeit f_{ck} , gemessen am „Euronormzylinder“ zu ermitteln. Diese Verhältniszahl wird mit dem dafür vorgesehenen Anteil des Teilsicherheitsbeiwerts für Beton verglichen. Der verbleibende Anteil des Teilsicherheitsbeiwerts wird erläutert.

4.2.2 Statistische Ergebnisse von MacGregor

Für einen bestimmten Wert f_{ck} einer Festigkeitsklasse ist die mittlere Bauwerksfestigkeit \bar{f}_{B} eine zufällige Variable, die von vielfältigen Faktoren abhängt (Pumpen, Einbringen, Verdichten, Erhärten, Nachbehandeln, Temperatur, Lieferwerk, Sorte, Würfelherstellungsort, Art- und Alter des Bauteils). Dies hat zur Folge, daß jedes Tragwerk eine verschiedene mittlere Bauwerksfestigkeit \bar{f}_{B} aufweist (Anhang D, Bild D.1). Die Bauteilfestigkeit f_{B} in einem bestimmten Tragwerk weicht wiederum von \bar{f}_{B} ab, was ebenfalls durch die oben genannten Einflüsse hervorgerufen wird (Anhang D, Bild D.2).

Das Verhältnis zwischen Bauwerksfestigkeit und Nennfestigkeit des Betons kann aus zwei unabhängigen Prozessen, den Quotienten F_1 und F_2 , gewonnen werden.

Die Druckfestigkeit des Betons, der für eine bestimmte Nennfestigkeit hergestellt wurde, wird nach prEN 206 an Probekörpern, Zylindern oder Würfeln, im Alter von 28 Tagen geprüft. Der Faktor F_1 ist das Verhältnis zwischen der Festigkeit jedes einzelnen Probekörpers f_{PK} und der Nennfestigkeit f_{ck} :

$$F_1 = f_{\text{PK}} / f_{\text{ck}} \tag{1}$$

Die Form und die Größe des Probekörpers, an dem die charakteristische Festigkeit definiert ist, ist für die Bestimmung von F_1 nicht ausschlaggebend. F_1 spiegelt das Produktionsverhalten des Herstellers wieder. Für f_{PK} können entweder Zylinder- oder Würfelproben eingesetzt werden.

Die Bauwerksfestigkeit weicht von f_{PK} auf Grund der technologischen Prozesse auf der Baustelle ab. Der Faktor F_2 ist das Verhältnis zwischen der mittleren Bauwerksfestigkeit und der Probekörperfestigkeit, also zwischen einzelnen Bohrkernen und entsprechenden Probekörpern:

$$F_2 = \bar{f}_B / f_{PK} \quad (2)$$

Im Gegensatz zu F_1 können bei der Bestimmung von F_2 nur zylindrische Probekörper $\varnothing 150$, $h=300$ mm, mit Nachbehandlung nach prEN 206 verwendet werden. Andere Probekörper müssen mit Umrechnungsfaktoren angepaßt werden. Die Bohrkernfestigkeit hängt von seiner Größe, dem Verhältnis \varnothing / h , der Feuchte zum Prüfzeitpunkt, dem Typ des Kernbohrers, Verletzungen beim Bohrvorgang und Stahleinschlüssen ab.

Das Verhältnis zwischen der mittleren Bauwerksfestigkeit und der Nennfestigkeit kann mit Hilfe von (1) und (2) erhalten werden:

$$f_B / f_{ck} = F_1 \cdot F_2 \quad (3)$$

In [13] wurden 3576 Prüfergebnissen aus 8662 Zylindern von 108 Betonsorten, verschiedener Festigkeitsklassen, aus drei Lieferwerken untersucht, um das Verhältnis f_{PK} zu f_{ck} (Variable F_1) zu bestimmen. Jedes Ergebnis ist ein Mittelwert aus drei Zylinderprüfungen. Die Daten wurden in Kanada zwischen 1988 und 1993 gesammelt. Die Nennfestigkeit lag zwischen 25 und 45 N/mm². Der größte Teil dieses Betons wurde auf der Baustelle eingebracht, aus etwa 20% wurden Fertigteile hergestellt. Für Ortbeton wurden folgende Parameter herausgefunden:

Mittelwert	E (F_1) :	1.250
Variationskoeffizient	V (F_1) :	0.122

Als Verteilungsfunktion für die Zufallsvariable F_1 wurde die Logarithmische Normalverteilung angesetzt.

Um die Variable F_2 zu bestimmen, wurden in [13] etwa 1080 Bohrkernen aus verschiedenen Bauwerken gezogen und jeweils den 8662 Zylindern der 108 Sorten zugeordnet. Auch hier erwies sich die Logarithmische Normalverteilung als zutreffende Verteilungsfunktion. Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wurden folgende Beziehung gefunden:

Mittelwert $E(F_2) = 0.936 + 0.085 \cdot z_h + 0.097 \cdot \ln(a/28)$ (4)

Variationskoeffizient $V(F_2) = 0.139$

wobei a - Alter des Beton in Tage,
 $z_h = 1$ Bauteilhöhen ≥ 45 cm (z.B. Säulen und Wänden),
 $z_h = 0$ Bauteilhöhen < 45 cm (z.B. Platten und Balken).

Man kann feststellen, daß der Wert F_2 von Typ und Größe des Bauwerks abhängig ist.

Beide Variable F_1 und F_2 sind logarithmisch normalverteilt. Daraus, und mit (3) kann man schließen, daß auch die zufällige Variable \bar{f}_B logarithmisch normalverteilt ist. Sie hat die Parameter:

Mittelwert:

$$E(\bar{f}_B) = E(F_1) \cdot E(F_2) \cdot f_{ck} = [1.205 + 0.108 \cdot z_h + 0.125 \cdot \ln(a/28)] \cdot f_{ck} \quad (5)$$

Variationskoeffizient:

$$V(\bar{f}_B) = \sqrt{[V(F_1)^2 + V(F_2)^2]} = 0.186 \quad (6)$$

Im Alter von 28 Tagen ist die mittlere Bauwerksfestigkeit in Platten und Balken 1.2 mal größer als f_{ck} und in Wänden und Säulen 1.3 mal größer als f_{ck} . Gemeint sind Bauwerke, deren tragende Betonbauteile vorzugsweise aus Platten und Balken bzw. Wänden und Säulen bestehen. Die Streuung erweist sich jedoch als ziemlich groß. Mit einem Konfidenzniveau von 95% schwankt das Verhältnis \bar{f}_B zu f_{ck} zwischen 0.82 und 1.70 für Platten und Balken, und zwischen 0.90 und 1.85 für Wände und Säulen gemäß den Formeln:

$$x_{\text{unt},0.025} = E(x) \cdot \text{EXP} [V_x \cdot \Phi^{-1}(0.025) - V_x^2 / 2] \quad (7)$$

$$x_{\text{unt},0.975} = E(x) \cdot \text{EXP} [V_x \cdot \Phi^{-1}(0.975) - V_x^2 / 2] \quad (8)$$

Für einen einjährigen Beton steigt das Verhältnis der mittleren Bauwerksfestigkeit zu f_{ck} auf 1.33 für Platten und Balken, und auf 1.44 für Säulen und Wände.

Für Fertigteile fällt der Mittelwert $E(\bar{f}_B)$ um etwa 6% kleiner aus als in Gleichung (5), der Variationskoeffizient beträgt 15%.

Die Streuung der Bauwerksfestigkeit kann in zwei verschiedenen Teile zerlegt werden:

- die Streuung der mittlere Bauwerksfestigkeit (Bild D.1),
- die Abweichung der Bauwerksfestigkeit innerhalb eines bestimmten Tragwerks (Bild D.2).

Die Verteilung mit den Parametern aus (5) und (6) basiert auf einer Untersuchung an einzelnen Bauteilen, die jeweils aus einer einzigen Betonsorte hergestellt wurden. Somit werden in dieser Verteilung weder die Streuung von "Mischung-zu-Mischung" noch die Streuung zwischen den verschiedenen Bauteilen berücksichtigt.

Die Streuung der Festigkeit eines einzelnen Bauteils aus einem Tragwerk mit bestimmter mittlerer Bauwerksfestigkeit ist von vier Einflußfaktoren abhängig:

1. Streuung innerhalb einer Betonmischung (Variationskoeffizient $V_M \cong 0.03$),
2. Streuung zwischen verschiedenen Betonmischungen, wenn das Tragwerk aus mehr als einer Betonmischung hergestellt wurde (Variationskoeffizient $V_{MM} \cong 0.10$, für Fertigteile etwa 0.05).
3. systematischen Streuung zwischen identischen Bauteilen (Variationskoeffizient $V_T \cong 0.05$ für Säulen und 0.06 für andere Bauelemente),
4. systematische Streuung zwischen verschiedenen Bauteilen, wenn das Tragwerk aus mehr als einem Element besteht (Variationskoeffizient $V_{TT} \cong 0.05$),

Die Zusammenfassung dieser Einflußfaktoren auf den Variationskoeffizient der Bauwerksfestigkeit kann man in Tabelle 4.1 sehen.

Demzufolge läßt sich der globale Variationskoeffizient der Festigkeit innerhalb eines Tragwerks eines willkürlich herausgegriffenen Bauwerks, das sich aus mehreren Bauteilen und verschiedenen Betonmischungen zusammensetzt, wie folgt ausdrücken:

$$V(f_B)_{gl} = \sqrt{(V(\bar{f}_B))^2 + V(f_B)^2} = \sqrt{(0.186^2 + 0.130^2)} = 0.227 \quad (9)$$

Tabelle 4.1: Variationskoeffizient der Bauwerksfestigkeit

Typ des Tragwerks	ein Bauteil	mehrere Bauteile
aus einer Betonmischung	$\sqrt{(V_M^2 + V_T^2)}$ = 0.067	$\sqrt{(V_M^2 + V_T^2 + V_{TT}^2)}$ = 0.084
aus mehreren Betonmischungen, Ortbeton: Fertigteile:	$\sqrt{(V_M^2 + V_T^2 + V_{MM}^2)}$ = 0.120 = 0.090	$V(f_B) = \sqrt{(V_M^2 + V_T^2 + V_{MM}^2 + V_{TT}^2)}$ = 0.130 = 0.103

Die Bauwerksfestigkeit ist logarithmisch normalverteilt mit dem Mittelwert aus (5) und dem Variationskoeffizient aus (9). Für 28 Tage alten Beton beträgt die Wahrscheinlichkeit, daß die Bauwerksfestigkeit kleiner als f_{ck} ist:

$$P [f_B < f_{ck}] = \Phi [(\text{Ln}(1) - A) / B], \quad (10)$$

wobei:

$$B = \sqrt{\text{Ln}(1 + V_{gl}^2)} \quad (11)$$

$$A = \text{Ln}[E(f_B)] - B^2/2 = \text{Ln}[E(f_B)] - [\text{Ln}(1 + V_{gl}^2)]/2 = \text{Ln}[(E(f_B) / \sqrt{1 + V_{gl}^2})] \quad (12)$$

Mit den Daten aus [13] erhält man:

$$B = 0.224, \quad A = 0.247 \quad (\text{für } z_h = 1),$$

$$A = 0.161 \quad (\text{für } z_h = 0),$$

$$P [f_B < f_{ck}] = 0.135 \quad (\text{für Säulen und Wänden, } z_h = 1) \quad (13)$$

$$P [f_B < f_{ck}] = 0.235 \quad (\text{für Balken und Platten, } z_h = 0) \quad (14)$$

4.2.3 Statistische Ergebnisse von Lewandowski

Hier wurden sowohl eigene Untersuchungen als auch Daten aus der Literatur ausgewertet. Die eigenen Untersuchungen basierten auf 451 Betonwürfeln und 443 Bohrkernen. Die Ergebnisse der beiden Stichproben wurden statistisch analysiert und sowohl Mittelwerte als auch 5%-Fraktile ermittelt. Das Verhältnis des Mittelwerts der Bauwerksfestigkeit zu dem der Würfelfestigkeit betrug 0.85, das Verhältnis der 5%-Fraktile 0.78 und das Verhältnis zwischen 5%-Fraktile der Bauwerksfestigkeit und der Nennfestigkeit 0.73 [19].

4.2.4 Statistische Ergebnisse von Trezos

Hier wurden im Labor verschiedene Bauelemente untersucht, für jedes Bauelement wurden die Ergebnisse der Bohrkern mit denen der Probekörper verglichen [20]. Es erwies sich, daß das Verhältnis der Bauwerksfestigkeit zur Würfelfestigkeit stark von der Art des Bauteiles abhängig war. Zuerst wurde das Verhältnis der Mittelwerte f_B / f_{cube} untersucht:

- für Balken und Platten: 0.8 bis 1.0
- für Säulen: 0.8 bis 0.95

Zudem wurde bei Säulen eine Abhängigkeit dieses Verhältnisses von der Entnahmhöhe herausgefunden:

$$f_B / f_{cube} = 0.98 - 0.24 \cdot h / h_{ges} \quad (15)$$

wobei h - Entnahmhöhe ,
 h_{ges} - Gesamthöhe.

Für den Variationskoeffizient der Bauwerksfestigkeit und der Würfelfestigkeit wurden getrennt Untersuchungen angestellt. Für die Würfelfestigkeit betrug der Variationskoeffizient 5 bis 6 %. Für die Bauwerksfestigkeit wurde $V = 10\%$ für Balken, $V = 20\%$ für Platten und $V = 10$ bis 20% für Säulen ermittelt.

4.2.5 Anmerkung von Östlund

In [21] schreibt Östlund, daß im Rahmen des neuen EC- Konzeptes der Umrechnungsfaktor γ_{conv} als zufällige Variable betrachtet werden muß. Der inverse Wert 0.85 soll als charakteristischer Wert, d.h. als unterer 5%-Fraktilwert festgelegt werden. Schwedische Untersuchungen erwiesen, daß 0.85 als 5%-Fraktilwert angesetzt werden kann.

4.2.6 Zusammenfassung der verschiedenen Verfahren zur Bestimmung des Umrechnungsfaktors

Im Rahmen des EC 1 bzw. EC 2 Konzeptes ist für Beton ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_C = 1.5$ vorgesehen. Dieser Teilsicherheitsbeiwert besteht aus zwei Anteilen:

1. $\gamma_M = 1.30$, dieser Faktor berücksichtigt eine ungünstige Abweichung der Betonfestigkeit von der charakteristischen Festigkeit f_{ck} , die Modellunsicherheiten, die Streuung der geometrischen Parameter und das Sicherheitsniveau, er wird durch folgende Formel definiert [8]:

$$\gamma_M = \text{EXP} [\alpha_R \cdot \beta \cdot V_R - 1.645 \cdot V_f] \quad (16)$$

wobei $\alpha_R = -0.8$ - Wichtungsfaktor

$$\begin{aligned} \beta &= 3.8 \quad \text{- Sicherheitsindex} \\ V_R &= \sqrt{(V_m^2 + V_G^2 + V_f^2)} \\ V_f &= 0.15 \quad \text{- Variationskoeffizient der Materialeigenschaften} \\ V_m &= 0.05 \quad \text{- Variationskoeffizient der Modellunsicherheiten} \\ V_G &= 0.05 \quad \text{- Variationskoeffizient der geometrischen Parametern} \end{aligned}$$

Den Anteil des Teilsicherheitsbeiwerts γ_M , der den Abweichungen der Materialeigenschaften zu Gute kommt, erhält man wie folgt:

$$\gamma_{M1} = \text{EXP} [\alpha_R \cdot \beta \cdot V_f - 1.645 \cdot V_f] = 1.23 \quad (17)$$

Der Anteil der Streuung der geometrischen Parameter und der Modellunsicherheiten ergibt sich dann zu:

$$\gamma_{M2} = \gamma_M / \gamma_{M1} = 1.30 / 1.23 = 1.05 \quad (18)$$

2. $\gamma_{\text{conv}} = 1.15$, ein Umrechnungsfaktor, der die Abminderung der Bauwerksfestigkeit gegenüber dem charakteristischen Wert der Betonfestigkeit f_{ck} berücksichtigt. In der Literatur findet man oft den inversen Wert 0.85.

Um den Wert 0.85 zu überprüfen wird eine Vergleichsrechnung, gemäß der in Abschnitt 4.1 vorgestellten Methodik durchgeführt.

Nach (3) kann man das Verhältnis f_B / f_{ck} als zufällige Variable betrachten, die logarithmisch normalverteilt ist und die Parameter aus (5) und (9) hat.

Der 5%-Fraktilwert des Verhältnisses f_B / f_{ck} beträgt für Säulen und Wänden:

$$(f_B / f_{ck})_{5\%} = E(f_B / f_{ck}) \cdot \text{EXP} [V(f_B / f_{ck}) \cdot \Phi^{-1}(0.05)] = \mathbf{0.90} \quad (19)$$

und für Platten und Balken:

$$(f_B / f_{ck})_{5\%} = E(f_B / f_{ck}) \cdot \text{EXP} [V(f_B / f_{ck}) \cdot \Phi^{-1}(0.05)] = \mathbf{0.83} \quad (20)$$

Hiermit ist, an Hand von Zylinderdaten, nachgewiesen, daß der Umrechnungsfaktor $\gamma_{\text{conv}}^{-1}$ des EC 1 mit einem Wert von 0.85 den Druckfestigkeitsverlust zwischen dem 5%-Fraktilwert der Grundgesamtheit f_{ck} und dem 5%-Fraktilwert der Bauteilfestigkeit abdecken kann. Außerdem ist bestätigt, daß sich der Umrechnungsfaktor auf den 5%-Fraktilwert der Bauteilfestigkeit bezieht.

Werte für F_1 kann man, abgesehen von Abschnitt 4.2.1 (Prüfung an Zylindern wie in EN 206):

Mittelwert = 1.25, Standardabweichung = 0.153, Variationskoeffizient = 0.122
auch in

Abschnitt 2.1.3 (Prüfung an Würfeln des TB-Werk in NRW):

Mittelwert = 1.35, Standardabweichung = 0.168, Variationskoeffizient = 0.124

oder in

Abschnitt 3.2: (Vergleich zwischen TB-Werk und Baustelle):

Mittelwert = 1.33, Standardabw. = 0.17 u. 0,19, Variationskoeffizient = 0.13 u. 0,14

finden.

Lewandowski (Abschnitt 4.2.3) gibt für das 5%-Quantil des Verhältnisses f_B / f_{ck} einen Quotienten von 0,73 an. Diese Werte liegen unter 0.85. Das hat zwei Ursachen:

1. Lewandowski errechnet den Fraktilwert der Bauwerksfestigkeit separat. Erst anschließend dividiert er diesen Wert durch f_{ck} . Das entspricht nicht der in Abschnitt 4.1 geschilderten Methode mit F_1 und F_2 .
2. Die dem Verhältnis nach Lewandowski zugrunde liegende Nennfestigkeit wurde an würfelförmigen, nach DIN 1048 gelagerten Probekörpern definiert und nicht wie f_{ck} an Zylindern, die nach prEN 12379 nachbehandelt wurden.

zu 1.) Der Umstand ist von untergeordneter Bedeutung und muß hingenommen werden.

zu 2.) Der Umstand kann durch Division von 0.73 durch einem Umrechnungsfaktor, der den Form- und Nachbehandlungsunterschied zwischen DIN und EN genügt, begegnet werden. Laut [22] ist mit einem Faktor von 0.76 zwischen dem unter Wasser gelagerten Zylinder und dem nach DIN gelagerten Würfel umzurechnen.

$$f_{\text{cyl, EN}} = 0.76 \cdot f_{\text{Würfel, DIN}}$$

Dividiert man den Faktor 0.73 nach Lewandowski durch den Umrechnungsfaktor 0.76 (Form und Nachbehandlung), so erhält man für $\gamma_{\text{conv}}^{-1}$ den Wert **0,96**. Dieser Wert übertrifft 0,85 um 13% und liegt damit schon fast zu weit auf der sicheren Seite.

Zusammenfassend können folgende Aussagen getroffen und abschließende Bemerkungen gemacht werden:

Die Abweichung zwischen der 5%-Fraktile der Grundgesamtheit der Probekörperdruckfestigkeit und der im Bauwerk angetroffenen Festigkeit ist durch $\gamma_{\text{conv}} = 1.15$ ausreichend abgedeckt. Dieser Umrechnungsfaktor bezieht sich auf die 5%-Quantile des Verhältnisses zwischen vorhandener Bauwerksfestigkeit und f_{ck} .

Wenn sich die Konstante λ der Konformitätsprüfung von 1,64 auf 1,48 ändert, kann die Konformitätsprüfung auch bei einer um ca. 0.7 N/mm^2 niedrigeren mittleren Probekörperfestigkeit f_{PK} bestanden werden.

$$\sigma \cdot (1.64 - 1.48) \approx \underline{0.7 \text{ N/mm}^2}$$

Entsprechend kann der Quotient F_1 leicht sinken, was die gefundenen Ergebnisse nur unwesentlich verändert.

Die Bohrkernform muß, mit entsprechenden Umrechnungsfaktoren, in prEN 12504 festgelegt werden.

5. **Schlußfolgerungen**

Aus der vorliegenden Literatur und den an dem vorhandenen Datenmaterial angestellten Untersuchungen ergeben sich folgende Schlußfolgerungen und Verbesserungsvorschläge:

1. Das Sicherheitskonzept baut auf dem 5%-Fraktilwert der Grundgesamtheit einer Betonfestigkeitsklasse auf.
2. Die Konformitätsprüfung zielt darauf ab, die Durchschlupfrate auf 5% zu begrenzen. Dies gelingt und kann mit Hilfe der Häufigkeitsmethode mit einem Konfidenzniveau von 75% nachgewiesen werden.
3. Die Standardabweichung der Probekörperdruckfestigkeit auf der Baustelle liegt um 27% über der im Lieferwerk ermittelten. Dem entsprechend ist ein Abnahme des 5%-Quantils der Druckfestigkeit von knapp 2 N/mm^2 zu beobachten. Abgesehen davon weist die Differenz der von den Baufirmen und den Lieferwerken ermittelten Einzelfestigkeiten eines Wertepaares eine Standardabweichung von 6.7 N/mm^2 auf.

Um den groben Abweichungen gerecht zu werden, wird empfohlen, die Durchführung einer Annahmeprüfung auf der Baustelle verpflichtend vorzuschreiben. Der Beton, aus dem die Probekörper für diese Prüfung hergestellt werden, ist unmittelbar vor dem Einbau, nach eventueller Nachdosierung von Wasser oder Zusatzmitteln, zu entnehmen. Die Prüfhäufigkeit ist vorzuschreiben und kann mittels der für bestimmte Festigkeitsklassen, Bauwerke oder Bauteile vorgesehenen Inspektionsklassen abgestuft werden.

4. Die Abweichung zwischen der 5%-Fraktile der Grundgesamtheit der Probekörperdruckfestigkeit und der im Bauwerk angetroffenen Festigkeit ist durch $\gamma_{\text{conv}} = 1.15$ ausreichend abgedeckt. Dieser Umrechnungsfaktor bezieht sich auf die 5%-Quantile des Verhältnisses zwischen vorhandener Bauwerksfestigkeit und f_{ck} der Grundgesamtheit.
5. In prEN 12504 „Prüfung von Beton - Bohrkerne – Entnahme, Beurteilung und Druckfestigkeitsprüfung“ muß sowohl das Verhältnis Bohrkernhöhe zu Bohrkerndurchmesser, als auch ein geometrischer Umrechnungsfaktor zwischen den verschiedenen Bohrkerngrößen und dem Normzylinder angegeben werden. Vorgeschlagen wird ein Verhältnis von $h = 2 \cdot \varnothing$ und geometrische Umrechnungsfaktoren analog DIN 1048 Teil 2.
6. In der deutschen Fassung, der DIN EN 206 (Abschnitt 5.2.3.1.1 und Anhang G), soll f_{ck} , abweichend von den gegebenen Vorschriften in prEN 12379, an einem 150er Würfel, nach den Lagerungsbedingungen der DIN 1048 gelagert werden. Diese Regelung muß, um zwei Punkte ergänzt werden:

a) Gleiches Vorgehen ist auch für die Annahmeprüfung vorzuschreiben.

b) Es ist, abgesehen von dem, aus den zwei verschiedenen Lagerungsbedingungen resultierenden Druckfestigkeitsunterschied von 0.92, auch noch darauf aufmerksam zu machen, daß $f_{ck, zyl}$ für die Berechnung maßgebend ist und nicht $f_{ck, cube}$.

An der besagten Stelle (Abschnitt 5.2.3.1.1) wird auf DIN 1048 Teil 1 verwiesen. Es muß lauten: DIN 1048 Teil 5.

7. Aus der durchgeführten statistischen Analyse ergeben sich Verbesserungshinweise für prEN 206:

a) Es muß explizit ausgedrückt werden, daß nur Probekörper, die aus verschiedenen Mischfahrzeugen entnommen wurden, akzeptabel sind, um eine gesicherte Ausgangsbasis für die statistischen Untersuchungen zu bekommen.

b) Der Begriff „Probe“ („*sample*“) ist nicht im Kapitel 3 „Begriffe“ („*Definitions*“) erklärt und wird mißverständlich innerhalb des Textes verwendet. Z. B. muß „Probe“ im Abschnitt 8.2.1.2, dritter und vierter Absatz auf Seite 44 (*page 30*) durch „Charge“ („*batch*“) ersetzt werden. Die Begriff „Probekörper“ („*specimen*“) und „Probe“ („*sample*“) sind in das Kapitel 3 aufzunehmen und zu definieren. Der Unterschied zwischen Probekörper und Probe ist genau zu erläutern.

c) Die Aufwendige Regelung zur Ermittlung des Mittelwertes \bar{x} und der Standardabweichung σ muß beseitigt werden: in der vorliegenden Textfassung soll σ aus den ersten verfügbaren 35 Testwerten und der Mittelwert aus den zu bewertenden 15 Probekörpern ermittelt werden. Eine Aktualisierung der Standardabweichung σ soll erst bei einer Abweichung der Standardabweichung s_1 , der aktuellen 15er Gruppe, um mehr als 37% von σ vorgenommen werden.

Wenn s_1 im Toleranzbereich $\sigma \pm 37\%$ liegt, gilt die Vermutung, daß σ unverändert ist. Bei einer tatsächlichen Änderung von σ kann es passieren, daß die notwendige Anpassung des Konformitätswertes erst bei einer Abweichung von 2 N/mm² statt findet. In diesem Fall gestaltet sich die Produktion entweder unsicher oder unwirtschaftlich.

Es wird vorgeschlagen, die Standardabweichung σ immer aus den jüngsten 35 Ergebnissen zu ermitteln und -wie gehabt- immer exakt nach 15 neu anfallenden Daten die Werte $\sigma_{(aus\ 35)}$ und $\bar{x}_{(aus\ 15)}$ zu bestimmen und mit ihnen die Konformität zu überprüfen.

d) Bei der Annahmeprüfung Anhang E.2.1 steht geschrieben, daß die Auswahl der ermittelten Festigkeitswerte nicht so erfolgen darf, daß sie überlappen (falls mehr als 6 Prüfwerte ermittelt werden). Es wird aber nicht untersagt, sich die Werte wahllos und

möglichst günstig bzw. ungünstig auszuwählen. Es muß geschrieben stehen: „... nicht überlappenden und aufeinanderfolgenden Einzelwerten ...“ bzw. „... non-overlapping consecutive ... results ...“.

Außerdem ist nicht klar, ob aus der Tabelle E1, wenn z. B. sechs Prüfwerte vorliegen, nur die Zeile 3, oder auch die Zeilen 1 und 2 erfüllt sein müssen. Ist es beispielsweise erlaubt die zwei niedrigsten, jeweils nebeneinander liegenden Werte zu nehmen und zu fordern, daß sie $\geq f_{ck} + 1$ sein müssen? Es muß klar ausgedrückt werden, daß entweder Zeile 1 oder Zeile 2 oder Zeile 3 maßgebend ist.

e) Das Ende der Fußnote der Tabelle E.1 in Anhang E muß wie folgt formuliert werden: „Die Kriterien der Annahmeprüfung nach Tabelle E.1 geben auf einem 1%-Signifikanzniveau an, ob das vereinbarte Betonvolumen zur selben Grundgesamtheit gehört, wie jenes gehört, für das die Übereinstimmung mit der charakteristischen Festigkeit nach den Übereinstimmungskriterien für stetige Herstellung nachgewiesen ist.“, bzw.: “Acceptance testing criteria in table E1 indicate at a 1%-significance level whether the defined volume of concrete in question belongs to the same population as the verified as conforming with the characteristic strength via continuous production conformity criteria.”.

Literatur:

1. Taerwe L.,
"A General Basis for the Selection of Compliance Criteria",
IABSE Periodica 3/1986
2. Blaut H.,
„Stichprobenprüfpläne und Annahmekennlinien für Beton“,
Deutsche Ausschuß für Stahlbeton, H. 233, Berlin, 1973
3. Bonzel J., Manns W.,
„Beurteilung der Betondruckfestigkeit mit Hilfe von Annahmekennlinien“,
Betontechnische Berichte, 1969, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 85-114
4. Öfverbeck P.,
„Acceptance Criteria of the Mechanical Properties of Construction Materials“,
in „Basis of Design of Structures“,
Nordic Committee on Building Regulations, NKB, 1995
5. prEN 206 "Concrete - Performance, production and conformity", August 1996
6. Hosser D., Gensel B.,
"Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis des
Betondruckfestigkeit nach prEN 206", Schlußbericht DBV 162,
Braunschweig, November, 1995
7. ENV 1991 "Basis of Design and Actions on Structures", Part 1:"Basis of Design",
August 1994
8. ENV 1991 "Basis of Design and Actions on Structures", Part 1:"Basis of Design",
Background Documentation, March 1996
9. ISO Document
"General Principles on Reliability for Structures",
Revision of IS 2394, 9th Draft, December 1995
10. Fischer L.,
"Bestimmung des 5%-Quantils im Zuge der Bauwerksprüfung, Bezugnahme auf DIN-Normen
und Eurocodes“,
Bautechnik 72, 1995, Heft 11
11. Deutler T.,
„Prinzipielle statistisch-methodische Bemerkungen, Einwendungen und Fragen zum
Schlußbericht DBV 162“, Mannheim, März 1996 (unveröffentlicht)

12. Stange K.,
„Verzerrte und unverzerrte Schätzwerte bei messender Prüfung“,
Metrika., Band 4, 1961, S. 1-29
13. MacGregor J. G., Bartlett F. M.,
"Statistical Analysis of the Compressive Strength of Concrete in Structures",
ACI Materials Journal, March - April 1996
14. ISO/DIS 12491
"Statistical Methods for Quality Control of Building Materials and Components",
1995
15. ISO 2854
"Statistical Interpretation of Data – Techniques of estimation and Tests Relating to Means and Variances“,
1976
16. Plate E.J.,
„Statistik und angewandte Wahrscheinlichkeitslehre für Bauingenieure“,
Ernst & Sohn, Berlin, 1993
17. Plumat M.,
"Acceptance Criteria on Site“,
Document N. 118 of CEN/TC 104/SC 1/TG 3, 1993
18. ENV 1992-1-2 "Structural Fire Design of Concrete Structures",
Background Documentation, June 1995
19. Lewandowski R.,
"Beurteilung von Bauwerksfestigkeiten an Hand von Betongütewürfeln und -bohrproben",
Werner-Verlag, Düsseldorf, 1971
20. Trezos C. G.,
"Characteristic Concrete Strength of Existing Structures",
Document of JCSS, September 1995
21. Östlund L.,
"A Calculation of γ - Values, an Application of a Probabilistic Method",
Document of JCSS, November 1989
22. Litzner H.-U.,
"Grundlagen der Bemessung nach EC 2“, Betonkalender 1996, Teil 1,
Ernst & Sohn, Berlin, 1996

23. Dornauer H., Wöhl U.,
“Auswirkung veränderter Prüfvorschriften auf die Druckfestigkeitsergebnisse“,
Beton 36, Heft 10, 1986
24. Weigler H., Karl S.,
“Beton – Arten , Herstellung, Eigenschaften“
Ernst & Sohn, Berlin, 1989
25. Bilgeri P., u. A.,
“Einflüsse auf die Betondruckfestigkeit“,
Beton 43, Heft 4, 1993
26. Bielak E.,
“Bewertung von Ergebnissen der Zement- und Betonprüfung“,
Beton 44, Heft 6, 1994
27. DIN EN 12394, “Bestimmung der Druckfestigkeit von Probekörpern“, CEN, Brüssel, 1996

Anhang A – D

Tabelle A1:
Daten vom Bericht DBV 162
Vergleich der verschiedenen Anpassungen

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Typ der Verteilung	Auswertung der Parameter	Ges. Anzahl der Stichproben	$Q_{5\%} > f_{ck}$	$K_{206} > f_{ck}$	$K_{206} > f_{ck}$ $Q_{5\%} < f_{ck}$	Empirische 5% Durchschlupfrate für EN 206 (6) / (5)
N O R M	<u>Variante 1</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 5\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 95\%)$	69	46	60	14	14 / 60 = 0.2333
	<u>Variante 2</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 22.36\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 77.64\%)$	69	62	66	4	4 / 66 = 0.0606
	<u>Variante 3</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 25\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 75\%)$	69	63	66	3	3 / 66 = 0.0455
	<u>Variante 4</u> Bayessche Methode	69	65	67	2	2 / 67 = 0.0299
	<u>Variante 5</u> $\mu = m, \sigma = k \cdot s_n$ $k = 1-1/4 \cdot (n-1)$	69	66	67	1	1 / 67 = 0.0149
L O G N O R M	<u>Variante 6</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 5\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 95\%)$	69	49	60	11	11 / 60 = 0.1833
	<u>Variante 7</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 22.36\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 77.64\%)$	69	63	66	3	3 / 66 = 0.0455
	<u>Variante 8</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 25\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 75\%)$	69	64	66	2	2 / 66 = 0.0303
	<u>Variante 9</u> Bayessche Methode	69	66	67	1	1 / 67 = 0.0149
	<u>Variante 10</u> $\mu = m, \sigma = k \cdot s_n$ $k = 1-1/4 \cdot (n-1)$	69	67	67	0	0 / 67 = 0.0000

Tabelle A2:
Daten vom Bericht DBV 162
Empirisch-theoretische Durchschlupfrate

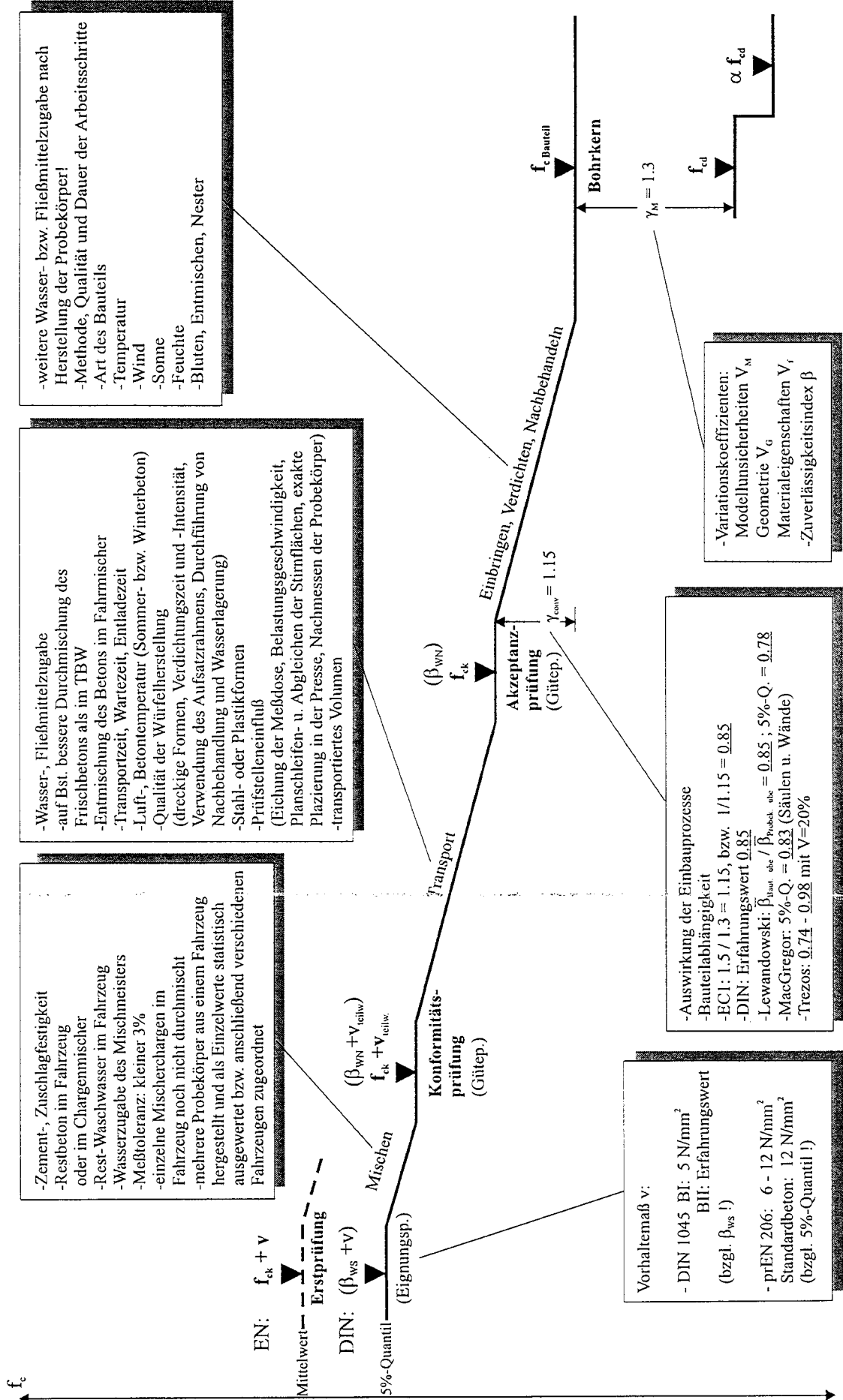
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Typ der Verteilung	Auswertung der Parameter	$P_{f_{ck}} (x < f_{ck})$ nur für $K_{206} > f_{ck}$				
		Mittelwert $m(P_{f_{ck}})$	Standardabweichung $\sigma(P_{f_{ck}})$	Parameter a	Parameter b	5% Durchschlupfrate = $1-F_{\beta}(0.05)$
N O R M	<u>Variante 1</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 5\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 95\%)$	0.0293	0.0386	0.5274	17.50	0.1953
	<u>Variante 2</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 22.36\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 77.64\%)$	0.0123	0.0207	0.3402	27.21	0.0582
	<u>Variante 3</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 25\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 75\%)$	0.0107	0.0181	0.3321	30.85	0.0441
	<u>Variante 4</u> Bayessche Methode	0.0065	0.0132	0.2349	35.89	0.0201
	<u>Variante 5</u> $\mu = m, \sigma = k \cdot s_n$ $k = 1-1/4 \cdot (n-1)$	0.0034	0.0084	0.1620	47.08	0.0060
L O G N O R M	<u>Variante 6</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 5\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 95\%)$	0.0232	0.0351	0.4041	16.99	0.1481
	<u>Variante 7</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 22.36\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 77.64\%)$	0.0085	0.0173	0.2325	27.09	0.0365
	<u>Variante 8</u> $\mu_{\text{unten}} (\alpha = 25\%)$ $\sigma_{\text{oben}} (1-\alpha = 75\%)$	0.0071	0.0147	0.2246	31.35	0.0259
	<u>Variante 9</u> Bayessche Methode	0.0039	0.0102	0.1442	36.70	0.0105
	<u>Variante 10</u> $\mu = m, \sigma = k \cdot s_n$ $k = 1-1/4 \cdot (n-1)$	0.0019	0.0065	0.0881	45.25	0.0033

Tabelle B1
Untersuchung verschieden großer Zeitintervalle bzw. Prüfgruppen,
Daten aus dem Transportbetonwerk in Nordrhein - Westfalen,
1990 - 1996

Typ der Scheibe	Umfang	mittlerer Mittelwert	mittlere Standardabweichung	5%-Fraktilwert Log. Norm. / Norm. Vert.	Empirische Durchschlupfrate Log. Norm. / Norm. Vert.	Theoretische Durchschlupfrate Log. Norm. / Norm. Vert.
Scheiben aus 15 Prüfergebnissen (σ nach prEN 206)	71	33.8	4.0	27.5	0.047	0.068
				27.1	0.109	0.131
Scheiben aus 35 Prüfergebnissen	31	33.8	4.1	27.5	0.097	0.096
				27.1	0.097	0.169
3 monatige Scheiben	23	33.8	4.2	27.4	0.0	0.036
				27.0	0.045	0.107
6 monatige Scheiben	12	33.8	4.4	27.1	0.083	0.076
				26.5	0.083	0.172
jährliche Scheiben	7	33.8	4.5	26.9	0.0	0.014
				26.3	0.0	0.084
Scheiben aus 15 Ergebnissen, jeder Wert ist ein Mittelwert aus 2-3 Proben (σ nach prEN 206)	23	33.8	3.8	28.0	0.0	0.035
				27.6	0.044	0.103
Alle Werte, die Mittelwerte aus 2-3 Proben sind	378	33.8	4.2	27.6		
				26.9		
Alle Ergebnisse	1087	33.8	4.5	27.2		
				26.3		

Anhang C 1: Einflussfaktoren auf die Betondruckfestigkeit

- aus Umfragen mit Betontechnologen -



Anhang C 2: Probekörperpaare

Bauvorhaben: a bis o
 TB-Werke: 1 bis 10
 Region: Frankfurt a. M., Berlin, Leipzig, Chemnitz,

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- werk Nr.	B Nr.	K	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Temperatur Beton °C	Witterung	Ausbreitmaß TBW cm	Zement- sorte	Festbetonrohrichte-		Druckfestigkeit $b_w^{20\pm 200}$		b _{TBW} -b _{Bst.}	
								Abfahrt	Ankunft						Entlade- ende	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW d		Bst. d
1	10788	26.10.94	982/1	FaM	4	1	a	35		6	17		46	45	2,30	56	46	56	51	-5
2	10512	21.10.94	276/7	FaM	4	1	a	35	01:29	10	16		47	46	2,31	56	44	56	58	-14
3	10231	15.10.94	020/2	FaM	4	1	a	35	21:50	9	18		49	44	2,32	28	42	28	45	-3
4	10819	26.10.94	020/2	FaM	4	1	a	35	04:40	8	16		46	44	2,34	28	44	28	45	-1
5	10765	25.10.94	277/7	FaM	4	1	a	35	23:20	11	19		48	46	2,33	56	47	56	58	-11
6	85108	22.02.95	276/7	FaM	2	1	a	35	R	12	14	heiter		45	2,35	91	58	56	2	
7	86222	22.04.95	631/4	FaM	2	1	a	45	R	15	19	bedeckt		48	2,35	28	56	28	48	8
8	695	11.07.95	630/4	FaM	2	1	a	35	R	22	25	heiter		47	2,30	28	42	28	55	-13
9	822	13.07.95	630/4	FaM	2	1	a	35	R	26	29	sonnig		40	2,31	28	46	28	64	-18
10	1414	07.08.95	630/4	FaM	2	1	a	35	R	22	31	bedeckt		48	2,30	28	50	28	30	20
11	64845	13.02.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	7	18	bedeckt		44	2,31	28	57	28	59	-2
12	64978	18.02.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	10	17			48	2,32	28	57	28	42	15
13	65038	21.02.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	8	14	bedeckt		46	2,32	28	60	28	57	3
14	65543	18.03.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	8	13	bedeckt		46	2,33	28	56	28	54	2
15	65645	23.03.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	12	15	bedeckt		48	2,37	28	59	28	52	7
16	66022	11.04.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	16	19	bedeckt		46	2,32	28	57	28	52	5
17	4099	30.11.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	4	16	bedeckt		43		28	53	28	57	-4
18	87471	09.06.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	15	18	bedeckt		46	2,35	28	57	28	51	6
19	200504	07.08.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	26	29	bedeckt		45	2,33	28	49	28	48	1
20	203846	28.11.95	632/4	FaM	2	1	a	45	R	5	14	bedeckt		45	2,35	29	60	28	58	2
21	202270	28.09.95	921/0	FaM	2	1	a	55	R	13	18	heiter		44	2,29	28	73	28	84	-11
22	6222	27.03.96	57152/1	FaM	1	1	b	35	R	7	13	bewölkt		48		56	44	56	44	0
23	11674	28.05.96	57152/1	FaM	1	1	b	35	R	18	19	bewölkt		48		56	45	56	48	-3
24	15678	15.07.96	57152/1	FaM	1	1	b	35	R	28	25	heiter		47		56	44	56	45	-1
25	19956	09.09.96	57152/1	FaM	1	1	b	35	R	22	22	bewölkt		44		56	39	56	48	-9
26	20176	11.09.96	57152/1	FaM	1	1	b	35	R	20	21	heiter		43		56	40	56	49	-9
27	6392	28.03.96	67152/4	FaM	1	1	b	45	R	10	17	heiter		48		28	51	28	55	-4
28	6660	01.04.96	67152/4	FaM	1	1	b	45	R	6	12	bewölkt		44		28	50	28	57	-7
29	15777	16.07.96	67152/4	FaM	1	1	b	45	R	21	24	heiter		40		28	55	28	57	-2
30	16038	19.07.96	67152/4	FaM	1	1	b	45	R	19	21	heiter		47		28	56	28	54	2
31	17544	12.08.96	67152/4	FaM	1	1	b	45	R	20	22	bewölkt		43		28	53	28	58	-5
32	16611	25.07.96	67252/4	FaM	1	1	b	45	R	20	24			45		28	51	28	51	0
33	15991	18.07.96	57152/4	FaM	1	1	b	35	R	26	28	heiter		45	2,30	28	39	28	47	-8
34	18358	21.08.96	57152/4	FaM	1	1	b	35	R	25	27	Regen		46	2,31	28	39	28	45	-6
35	11541	25.05.96	57252/4	FaM	1	1	b	35	R	19	22	bedeckt		46	2,31	28	45	28	48	-3
36	13530	20.06.96	57252/4	FaM	1	1	b	35	R	24	24	Regen		46	2,33	28	48	28	53	-5
37	13791	24.06.96	57252/4	FaM	1	1	b	35	R	17	22	bedeckt		45	2,29	28	43	28	56	-13
38	15679	15.07.96	57252/4	FaM	1	1	b	35	R	28	27	heiter		47	2,35	28	46	28	43	3

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firmen- Nr.	Bau- werk- Nr.	K	B	Abfahrt	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Temperatur Beton °C	Witterung	Ausbreitmaß		Zement- sorte	Festbetonröhrichte- TBW		Druckfestigkeit $b_{p,28}$		$b_{TBW} - b_{Bst}$	
										Ankunft	Entlade- ende				TBW cm	Bst. cm		TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²		d
39	6118	26.03.96	571522	FaM	1	b	35	R			9	16	bedeckt		49			2,37	56	43	56	48	-5
40	7087	04.04.96	571522	FaM	1	b	35	R			7	12	bedeckt		46			2,34	56	57	56	49	8
41	8534	24.04.96	571522	FaM	1	b	35	R			20	22	heiter		48			2,39	56	50	56	50	0
42	9434	02.05.96	571522	FaM	1	b	35	R			17	21	bedeckt		49			2,40	56	44	56	46	-2
43	11938	30.05.96	571522	FaM	1	b	35	R			20	24	heiter		45			2,37	56	49	56	48	1
44	13198	18.06.96	571522	FaM	1	b	35	R			18	24	heiter		47			2,36	56	44	56	44	0
45	15979	18.07.96	571522	FaM	1	b	35	R			25	27	heiter		44			2,34	56	46	56	52	-6
46	18409	22.08.96	571522	FaM	1	b	35	R			24	26	bedeckt		45			2,32	56	41	56	47	-6
47	20749	18.09.96	571522	FaM	1	b	35	R			14	19	bedeckt		49			2,31	56	44	56	45	-1
48	209366	12.06.96	630/4	FaM	2	b	35	R			33	32	sonnig		46			2,31	28	45	28	43	2
49	106000	18.05.96	994/4	FaM	2	b	35	R			16	22	bewölkt		43			2,25	28	55	28	54	1
50	5753	20.03.96	631/4	FaM	2	b	45	R			12	17	heiter		40			2,37	28	55	28	54	1
51	6861	08.05.96	982/2	FaM	2	b	35	R			13	16	bedeckt		46			2,35	56	46	56	54	-8
52	7698	13.06.96	982/2	FaM	2	b	35	R			24	28	heiter		45			2,32	56	46	56	44	2
53	8752	31.07.96	982/2	FaM	2	b	35	R			33	28	heiter		39			2,31	56	41	56	54	-13
54	209431	14.06.96	982/2	FaM	2	b	35	R			21	24	heiter		44			2,33	56	41	56	45	-4
55	6810	06.05.96	982/1	FaM	2	b	35	R			18	19	heiter		45			2,34	56	44	56	41	3
56	206725	22.03.96	982/1	FaM	2	b	35	R			12	16	Regen		48			2,31	56	39	56	41	-2
57	17248	13.06.95	572662	FaM	1	c	35				20	24	bewölkt		46			2,29	56	43	56	41	2
58	19371	29.06.95	572662	FaM	1	c	35				30	27	heiß		46			2,35	56	40	56	36	4
59	20777	10.07.95	572662	FaM	1	c	35				36	35	heiß		44			2,32	56	44	56	45	-1
60	24069	08.08.95	572662	FaM	1	c	35				22	24	bewölkt		48			2,32	56	40	56	44	-4
61	26113	23.08.95	572662	FaM	1	c	35				23	26	Regen		43			2,31	56	43	56	42	1
62	27103	01.09.95	572662	FaM	1	c	35				17	19	bewölkt		43			2,34	56	46	56	48	-2
63	27755	08.09.95	572662	FaM	1	c	35				18	20	Regen		41			2,25	56	43	56	54	-11
64	29790	26.09.95	572662	FaM	1	c	35				19	22	bedeckt		44			2,32	56	44	56	51	-7
65	31837	16.10.95	572662	FaM	1	c	35				15	20	Nebel		40			2,31	56	48	56	48	0
66	34451	06.11.95	572662	FaM	1	c	35				4	16	sonnig		42			2,32	56	42	56	47	-5
67	14027	18.05.95	571661	FaM	1	c	35				13	18	Regen		42			2,29	56	45	56	46	-1
68	14623	23.05.95	571661	FaM	1	c	35				14	20	sonnig		44			2,31	56	54	56	51	3
69	15287	30.05.95	571661	FaM	1	c	35				19	20	Regen		42			2,36	56	48	56	53	-5
70	17131	13.06.95	571661	FaM	1	c	35				14	21	bewölkt		43			2,37	56	49	56	48	1
71	17562	15.06.95	571661	FaM	1	c	35				15	23	bewölkt		43			2,36	56	48	56	44	4
72	17591	15.06.95	571661	FaM	1	c	35				16	23	bewölkt		45			2,36	56	43	56	40	3
73	18390	22.06.95	571661	FaM	1	c	35				17	24	sonnig		47			2,28	56	44	56	45	-1
74	19360	29.06.95	571661	FaM	1	c	35				30	28	heiß		43			2,35	56	42	56	46	-4
75	21347	13.07.95	571661	FaM	1	c	35				31	33	heiß		46			2,35	56	39	56	44	-5
76	21540	14.07.95	571661	FaM	1	c	35				30	33	heiß		47			2,34	56	43	56	36	7
77	24077	08.08.95	571661	FaM	1	c	35				22	25	bewölkt		45			2,36	56	44	56	48	-4
78	24266	04.09.95	571661	FaM	1	c	35				19	21	sonnig		46			2,33	56	43	56	28	15

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	K	Transportzeiten		Temperatur		Witterung	Ausbreitmaß		Zement- sorte	Festbetonrhdichte-		Druckfestigkeit b_w ^{200x200}		b TBW - b Bst.		
								Abfahrt	Ankunft	Entlade- ende	Luft °C		Beton °C	TBW cm		Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW d		Bst. d	TBW N/mm ²
79	28080	12.09.95	571661	FaM	1	c	35			20	22	sonnig	45	56		2,38	56	45	56	38	7	
80	36888	27.11.95	572654	FaM	1	c	35			2	17	bewölkt	39	28		2,33	28	51	28	60	-9	
81	37151	29.11.95	572654	FaM	1	c	35			5	18	bewölkt	39	28		2,28	28	42	28	54	-12	
82	37292	30.11.95	572654	FaM	1	c	35			4	18	bewölkt	42	28		2,31	28	49	28	57	-8	
83	18735	24.06.95	571654	FaM	1	c	35	R		15	21	bewölkt	43	28		2,31	28	45	28	51	-6	
84	23911	07.08.95	571654	FaM	1	c	35	R		27	30	Regen	45	28		2,31	28	46	28	50	-4	
85	24745	12.08.95	571654	FaM	1	c	35	R		19	22	sonnig	43	28		2,30	28	44	28	42	2	
86	24761	12.08.95	571654	FaM	1	c	35	R		24	27	sonnig	39	28		2,28	28	42	28	46	-4	
87	30738	05.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		17	21	bewölkt	40	28		2,23	28	50	28	49	1	
88	31045	09.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		19	22	sonnig	42	28		2,34	28	54	28	41	13	
89	31355	11.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		20	23	bewölkt	45	28		2,32	28	48	28	44	4	
90	32170	18.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		15	17	bewölkt	38	28		2,33	28	47	28	46	1	
91	32600	20.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		17	21	bewölkt	41	28		2,32	28	53	28	45	8	
92	33286	26.10.95	571654	FaM	1	c	35	R		17	20	bewölkt	43	28		2,34	28	44	28	44	0	
93	34129	02.11.95	571654	FaM	1	c	35	R		13	13	bewölkt	42	28		2,30	28	44	28	46	-2	
94	34367	04.11.95	571654	FaM	1	c	35	R		6	13	sonnig	42	28		2,33	28	40	28	43	-3	
95	35951	17.11.95	571654	FaM	1	c	35	R		10	16	bewölkt	43	28		2,28	28	47	28	43	4	
96	37590	01.12.95	571654	FaM	1	c	35	R		4	18	bewölkt	42	28		2,28	28	49	28	44	5	
97	38038	06.12.95	571654	FaM	1	c	35	R		-3	23	bewölkt	40	28		2,33	28	39	28	45	-6	
98	38772	13.12.95	571654	FaM	1	c	35	R		4	16	bewölkt	43	28		2,28	28	46	28	48	-2	
99	261	10.01.96	571654	FaM	1	c	35	R		5	14	bewölkt	42	28		2,37	28	45	28	49	-4	
100	343	11.01.96	571654	FaM	1	c	35	R		3	13	bewölkt	43	28		2,31	28	41	28	48	-7	
101	911	19.01.96	571654	FaM	1	c	35	R		2	14	bewölkt	38	28		2,31	28	46	28	48	-2	
102	1049	22.01.96	571654	FaM	1	c	35	R		1	14	bewölkt	40	28		2,31	28	51	28	48	3	
103	1341	25.01.96	571654	FaM	1	c	35	R		-4	16	bewölkt	41	28		2,30	28	43	28	41	2	
104	1902	03.02.96	571654	FaM	1	c	35	R		-2	17	bewölkt	42	28		2,32	28	44	28	45	-1	
105	45922	07.07.95	5634	FaM	2	c	35	R		24	27	heiß	42	28		2,36	28	41	28	49	-8	
106	47750	26.09.95	5634	FaM	2	c	35	R		19	23	bedeckt	42	28				47	28	48	-1	
107	47815	28.09.95	5634	FaM	2	c	35	R		15	21	bedeckt	44	28				46	28	42	4	
108	49905	18.01.96	5634	FaM	2	c	35	R		3	14	bedeckt	42	28				47	28	44	3	
109	49602	13.12.95	5644	FaM	2	c	35	R		3	16	bedeckt	42	28				54	28	45	9	
110	44254	18.05.95	5631/85	FaM	2	c	35	R		14	19	Regen	43	28				44	56	46	-2	
111	45805	04.07.95	5631/85	FaM	2	c	35	R		20	24	bedeckt	43	28				56	44	56	38	6
112	22176	22.06.95	5631/85	FaM	2	c	35	R		16	25	sonnig	44	28				56	54	56	50	4
113	22431	04.07.95	5631/85	FaM	2	c	35	R		18	23	bedeckt	41	28				56	58	56	44	14
114	44821	08.06.95	5642/18	FaM	2	c	35	R		17	21	heiter	43	28				56	51	56	50	1
115	45353	22.06.95	5642/18	FaM	2	c	35	R		19	25	sonnig	41	28				56	55	56	57	-2
116	45816	09.07.95	5642/18	FaM	2	c	35	R		20	24	bedeckt	46	28				56	44	56	40	4
117	46043	10.07.95	5642/18	FaM	2	c	35	R		36	36	heiß	44	28				56	45	56	38	7
118	44677	02.06.95	7644	FaM	2	c	55	R		21	23	bedeckt	43	28				28	55	28	65	-10

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- werk Nr.	Bau- firma Nr.	K	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Witterung	Ausbreitmaß		Zement- sorte	Festbetonrohldichte		Druckfestigkeit $b_w^{200/200}$		$b_{rw} \cdot b_{ba}$			
								Abfahrt	Ankunft			Einlade- ende	Beton °C		TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³		TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²	d
119	45727	03.07.95	7644	FaM	2	1	c 55 R			25	30	bedeckt		41			28	48	28	53	-5	
120	46989	22.08.95	7644	FaM	2	1	c 55 R			27	29	schwül		38			28	57	28	63	-6	
121	47286	06.09.95	7644	FaM	2	1	c 55 R			22	25	sonnig		43			28	58	28	66	-8	
122	47568	18.09.95	7644	FaM	2	1	c 55 R			21	25	sonnig		42			28	63	28	64	-1	
123	992	06.11.95	533400	FaM	3	1	c 35			7	18	sonnig		42			2,32	28	48	28	46	2
124	1151	18.11.95	533400	FaM	3	1	c 35			10	17	bedeckt		38			2,36	28	44	28	48	-4
125	86529	04.08.95	533400	FaM	3	1	c 35			32	30	Regen		41			2,34	28	41	28	45	-4
126	87999	18.09.95	533400	FaM	3	1	c 35			16	18	sonnig		41			2,36	28	41	28	42	-1
127	89797	06.12.95	533400	FaM	3	1	c 35			8	16	bedeckt		39			2,32	28	43	28	55	-12
128	90964	09.01.96	533400	FaM	3	1	c 35			3	13	bedeckt		39			2,35	28	42	28	48	-6
129	91681	01.02.96	533400	FaM	3	1	c 35			-1	18	bedeckt		41			2,35	28	51	28	47	4
130	92045	16.02.96	533400	FaM	3	1	c 35			5	15	bedeckt		42			2,35	28	41	28	47	-6
131	90237	06.12.95	53440	FaM	3	1	c 35			-2	14	bedeckt		43			2,33	28	42	28	45	-3
132	85482	18.05.95	533380	FaM	3	1	c 35			13	18	Regen		44			2,30	56	43	56	44	-1
133	85836	08.06.95	533380	FaM	3	1	c 35			9	18	heiter		44			2,41	56	50	56	51	-1
134	86460	10.07.95	533380	FaM	3	1	c 35			36	37	heiß		44			2,36	56	47	56	51	-4
135	84267	16.06.95	533380	FaM	3	1	c 35			16	23	bedeckt		43			2,35	56	54	56	53	1
136	87527	29.08.95	533380	FaM	3	1	c 35			15	18	Regen		38			2,36	56	46	56	51	-5
137	85576	23.05.95	534180	FaM	3	1	c 35			16	20	sonnig		43			2,34	56	49	56	51	-2
138	86091	19.06.95	534180	FaM	3	1	c 35			25	26	bedeckt		42			2,41	56	47	56	57	-10
139	296	04.09.95	534180	FaM	3	1	c 35			19	21	bedeckt		44			2,31	56	49	56	41	8
140	85050	04.07.95	534180	FaM	3	1	c 35			20	24	bedeckt		46			2,31	56	41	56	42	-1
141	86395	02.08.95	534180	FaM	3	1	c 35			30	30	heiß		43			2,34	56	49	56	43	6
142	87207	21.08.95	534180	FaM	3	1	c 35			29	31	schwül		37			2,40	56	44	56	49	-5
143	1742	13.03.95	144R71	Berlin	5	2	d 25 R	13:00		3	13		45	45	PZ35F		2,39	28	54	28	58	-4
144	1277	05.06.96	154R07	Berlin	5	2	e 35 R	12:35						46	PZ45F		2,38	56	59	56	50	9
145	7020	08.08.96	154R07	Berlin	5	2	e 35 R	12:13						40	PZ45F		2,39	56	60	57	46	14
146	7835	19.08.96	154R07	Berlin	5	2	e 35 R	15:35						47	PZ45F		2,40	56	60	56	50	10
147	10383	19.09.96	154R07	Berlin	5	2	e 35 R	16:00						45	PZ45F		2,41	56	59	56	60	-1
148	12243	23.10.96	154R07	Berlin	5	2	e 35 R	12:40						42	PZ45F		2,39	56	62	56	51	11
149	4129	28.03.96	155R07	Berlin	5	3	f 35 R	07:30	07:30	2	13		48	45		2,28	-	64	56	54	54	10
150	1799	16.02.96	155R07	Berlin	5	3	f 35 R	08:20	08:20	2	15		44	44		2,34	-	64	56	51	51	13
151	1357	05.02.96	155R07	Berlin	5	3	f 35 R	13:50	13:50	-3	18		44	43		2,35	-	64	56	51	51	13
152	1065	30.01.96	154R07	Berlin	5	3	f 35 R	07:40	07:40	-5	14		45	42		2,37	-	61	56	55	55	6
153	11665	11.10.96	154R05	Berlin	5	3	f 35 R	12:00	12:00	13	19		48	43		2,38	-	50	56	58	58	-8
154	10132	17.09.96	154R05	Berlin	5	3	f 35 R	12:15	12:15	13	9		48	42		2,37	-	53	56	54	54	-1
155	7770	18.08.96	154R05	Berlin	5	3	f 35 R	07:30	07:30	22	24		47	43		2,37	-	48	56	47	47	1
156	4511	11.07.96	154R05	Berlin	5	3	f 35 R	10:50	10:50	15	22		46	40		2,36	-	56	56	43	43	13
157	7006	04.05.96	154R05	Berlin	5	3	f 35 R	07:15	07:15	7	18		48	44		2,34	-	50	58	48	48	2
158	2027	13.06.96	155R05	Berlin	5	3	g 35 R	11:55	11:55	17	24		44	46		2,34	-	55	56	45	45	10

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	K.	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Temperatur Beton °C	Witterung	Ausbreitmaß TBW cm	Zement- sorte	Festbetonrohrichte-		Druckfestigkeit $b_w^{200 \times 200}$		$b_{TBW} - b_{Ba}$	
								Abfahrt	Ankunft						Ende	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW d		Bst. N/mm ²
159	34211	13.03.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		-1	12		41		2,37	56	61	56	55	6
160	34614	04.04.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		3	10		40		2,35	56	54	56	41	13
161	43144	19.04.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		10	14		41		2,36	56	55	56	50	5
162	34462	29.04.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		3	10		41		2,37	56	52	56	55	-3
163	44543	02.07.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		19	20		41		2,37	56	54	56	39	15
164	44587	04.07.96	527037	Leipzig	6	4	h	35		19	19		41		2,37	56	53	56	51	2
165	44342	06.06.96	634620	Leipzig	6	4	h	45		29	25		41		2,38	28	58	28	54	4
166	63211	13.09.96	634620	Leipzig	6	4	h	45		10	13		41		2,37	28	60	28	54	6
167	70310	29.10.96	634620	Leipzig	6	4	h	45		15	17		41		2,38	28	57	28	46	11
168	70618	20.11.96	634620	Leipzig	6	4	h	45		6	12		41		2,37	28	57	28	47	10
169	70636	20.11.96	634620	Leipzig	6	4	h	45		9	12		40		2,34	28	57	28	44	13
170	44306	06.06.96	664620	Leipzig	6	4	h	45		31	25		41		2,35	28	60	28	53	7
171	40709	31.07.96	664620	Leipzig	6	4	h	45		26	24		43		2,34	28	55	28	62	-7
172	62966	03.09.96	432674	Leipzig	6	4	h	25		17	18		41		2,38	28	36	28	54	-18
173	62971	03.09.96	432674	Leipzig	6	4	h	25		19	19		42		2,35	28	47	28	51	-4
174	42748	29.08.94	5040	Dresden			35	R	11:01	19	20		43	PZ35F	2,44	28	54	28	48	6
175	102799	12.12.95	631/4	FaM	2	1	i	45	R	4	14	bedeckt			2,39	28	57	28	51	6
176	5097	07.02.96	631/4	FaM	2	1	i	45	R	-8	16	bewölkt			2,31	28	51	28	53	-2
177	204789	05.01.96	631/4	FaM	2	1	i	45	R	-2	16	bewölkt			2,37	28	60	28	59	1
178	101373	11.10.95	632/4	FaM	2	1	i	45	R	20	22	bedeckt			2,33	28	52	28	55	-3
179	203284	06.12.95	632/4	FaM	2	1	i	45	R	10	18	heiter			2,35	28	63	28	56	7
180	201867	04.09.95	629/4	FaM	2	1	i	35	R	23	26	bewölkt			2,35	28	52	28	40	12
181	203224	03.11.95	629/4	FaM	2	1	i	35	R	8	20	bewölkt			2,34	28	49	28	41	8
182	101831	31.10.95	629/4	FaM	2	1	i	35	R	13	20	bewölkt			2,35	28	51	28	44	7
183	200536	08.08.95	630/4	FaM	2	1	i	35	R	23	29	bewölkt			2,31	28	47	28	53	-6
184	10701	24.10.94	10701	Leipzig	7	5	j	35	R	15	14				2,36	28	40	57	51	-11
185	16986	06.07.95	358230	Leipzig	7	5	j	35	R	21	22				2,36	28	51	28	42	9
186	17029	07.07.95	358230	Leipzig	7	5	j	35	R	15	21				2,31	28	51	28	40	11
187	24280	12.10.94	367538	Leipzig	7	5	j	35	R	7	13				2,37	28	40	90	45	-5
188	24290	12.10.94	367538	Leipzig	7	5	j	35	R	10	15				2,37	28	40	90	45	-5
189	25317	11.11.94	367538	Leipzig	7	5	j	35	R	7	16				2,32	28	36	90	47	-11
190	28661	14.02.95	368229	Leipzig	7	5	j	35	R	10	14				2,32	28	41	28	48	-7
191	29164	02.03.95	368229	Leipzig	7	5	j	35	R	8	10				2,32	28	42	28	40	2
192	10623	18.10.94	368238	Leipzig	7	5	j	35	R	7	14				2,33	56	44	56	51	-7
193	31606	17.05.95	368238	Leipzig	7	5	j	35	R	18	20				2,37	28	44	28	45	-1
194	34002	14.08.95	358230	Leipzig	7	5	k	35	R	19	26				2,28	28	40	28	41	-1
195	202159	28.08.95	358230	Leipzig	7	5	k	35	R	13	21				2,30	28	57	28	43	14
196	18705	20.10.95	358230	Leipzig	7	5	k	35	R	11	14				2,31	28	44	28	43	1
197	30977	21.04.95	368238	Leipzig	7	5	k	35	R	13	19				2,31	28	45	28	42	3
198	31381	05.05.95	368238	Leipzig	7	5	k	35	R	24	21				2,34	28	46	28	43	3

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	K	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Temperatur Beton °C	Witterung	Ausbreitmaß TBW cm	Bst. cm	Zement- sorte	Festbetonrohddichte		Druckfestigkeit b _w		b _{TSW-B} Bst.	
								Abf.hrt	Ankunft							Entlade- ende	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW N/mm ²		Bst. N/mm ²
199	13788	10.04.95	368239	Leipzig	7	5	k 35	R		6	13					2,37	2,37	49	28	45	4
200	15054	05.08.96	268325	Leipzig	7	5	l 25	R		20	22					2,30	2,30	30	28	40	-10
201	13119	18.03.34	368224	Leipzig	7	5	l 35	R		1	10					2,28	2,28	46	28	43	3
202	13358	26.04.96	368224	Leipzig	7	5	l 35	R		19	20					2,30	2,30	42	28	45	-3
203	11912	02.04.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		1	12					2,33	2,33	48	28	44	4
204	12147	16.04.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		13	15					2,37	2,37	42	28	38	4
205	12512	30.04.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		16	19					2,34	2,34	45	30	40	5
206	12991	24.05.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		19	20					2,37	2,37	37	28	45	-8
207	14034	13.07.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		17	21					2,36	2,36	43	30	47	-4
208	14870	25.07.96	368234	Leipzig	7	5	l 35	R		19	19					2,30	2,30	42	28	44	-2
209	37887	04.03.96	368238	Leipzig	7	5	l 35	R		1	17					2,34	2,34	51	56	41	10
210	17911	24.08.95	358220	Leipzig	7	6	m 35	R		21	20					2,34	2,34	43	56	40	3
211	36734	13.11.95	358220	Leipzig	7	6	m 35	R		8	11					2,33	2,33	49	28	45	4
212	34015	14.08.95	358230	Leipzig	7	6	m 35	R		29	22					2,32	2,32	37	56	40	-3
213	18847	24.10.95	358230	Leipzig	7	6	m 35	R		14	15					2,37	2,37	46	28	48	-2
214	37087	13.12.95	358230	Leipzig	7	6	m 35	R		2	6					2,39	2,39	52	28	43	9
215	37301	16.01.96	358230	Leipzig	7	6	m 35	R		6	6					2,34	2,34	53	28	40	13
216	37566	05.02.96	358233	Leipzig	7	6	m 35	R		-2	15					2,37	2,37	40	28	50	-10
217	21429	15.02.96	358233	Leipzig	7	6	m 35	R		2	6					2,39	2,39	48	28	40	8
218	20481	11.12.95	457420	Leipzig	7	6	m 45			3	9					2,36	2,36	53	28	60	-7
219	20931	04.01.96	457420	Leipzig	7	6	m 45			-1	18					2,36	2,36	69	28	57	12
220	21001	08.01.96	457420	Leipzig	7	6	m 45			5	7					2,34	2,34	59	28	52	7
221	21041	09.01.96	457420	Leipzig	7	6	m 45			5	11					2,34	2,34	61	28	56	5
222	21529	21.02.96	457420	Leipzig	7	6	m 45			-3	14					2,39	2,39	64	28	52	12
223	20700	18.12.95	457430	Leipzig	7	6	m 45			5	10					2,40	2,40	54	28	52	2
224	20763	19.12.95	457430	Leipzig	7	6	m 45			5	5					2,37	2,37	68	28	51	17
225	3216	03.09.96	55881	Chemnitz	8	7	n 35	R	14:19	14:50	15:45	24	21		0,50	2,39	45	56	46	-1	
226	3416	10.09.96	55881	Chemnitz	8	7	n 35	R	15:26	16:20	16:35	14	17		0,50	2,4	46	56	48	1	
227	4310	16.10.96	55881	Chemnitz	8	7	n 35	R	20:09	20:20	20:35	14	14		0,50	2,35	48	56	46	5	
228	4674	29.10.96	55881	Chemnitz	8	7	n 35	R	22:42	23:04	23:30	10	8		0,50	2,36	49	56	52	-8	
229	5703	06.12.96	55881	Chemnitz	8	7	n 35	R	18:19	18:40	19:10	6	8		0,50	2,36	50	56	50	7	
230	1657	26.06.96	55811	Chemnitz	8	7	n 35	R	14:21	14:45	15:00	25	20		0,50	2,4	52	43	48	2	
231	1892	02.07.96	55811	Chemnitz	8	7	n 35	R	11:56	12:25	13:00	18	19		0,50	2,38	58	44	48	8	
232	788	03.06.96	55771	Chemnitz	8	7	n 35	R	12:31	12:50	13:50	13	16		0,48	2,38	50	56	52	9	
233	1018	10.06.96	55771	Chemnitz	8	7	n 35	R	11:26	12:00	12:20	25	22		0,48	2,32	50	56	50	-4	
234	999	10.06.96	55771	Chemnitz	8	7	n 35	R	08:12	08:45	09:00	24	20		0,48	2,32	51	56	54	2	
235	3298	06.09.96	55771	Chemnitz	8	7	n 35	R	14:33	15:10	15:25	14	15		0,48	2,39	52	56	44	-2	
236	3311	06.09.96	55771	Chemnitz	8	7	n 35	R	16:55	17:20	17:45	13	15		0,48	2,38	49	56	48	-1	
237	4437	21.06.96	55771	Chemnitz	9	7	n 35	R				43	43			2,28	-	40	56	41	-1
238	7292	31.08.96	55771	Chemnitz	9	7	n 35	R				14	20			2,38	-	42	58	34	8
239	7303	31.08.96	55771	Chemnitz	9	7	n 35	R				15	18			2,38	-	41	58	37	4
240	7305	31.08.96	55771	Chemnitz	9	7	n 35	R				15	19			2,26	-	41	58	37	4

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	B K	Transportzeiten		Temperatur Luft °C	Temperatur Beton °C	Witterung	Ausbreitmaß TBW cm	Zement- sorte	Festbetonrohddichte- Bst.		Druckfestigkeit b _w ^{200x200} Bst.		b _{TBW} -b _{Bst.}	
								Abfahrt	Ankunft						Entlade- ende	kg/dm ³	kg/dm ³	d		N/mm ²
241	7593	07.09.96	55771	Chernnitz	9	7	n	35	R							2,33	45	58	42	3
242	7579	07.09.96	55771	Chernnitz	9	7	n	35	R							2,29	51	58	45	6
243	6271	07.08.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		25	22				2,27	42	56	41	1
244	203	18.09.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		12	14				2,27	45	56	42	3
245	1012	09.10.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		15	14				2,28	44	56	49	-5
246	1127	11.10.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		14	13				2,28	46	56	46	0
247	1610	23.10.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		12	9				2,26	51	56	45	6
248	1802	26.10.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		11	9				2,28	52	58	52	0
249	1805	26.10.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		11	9				2,25	53	58	52	1
250	2056	04.11.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		16	12				2,28	52	59	53	-1
251	2609	21.11.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		5	7				2,30	50	56	49	1
252	2994	04.12.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		10	9				2,27	45	56	45	0
253	3004	04.12.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		12	10				2,28	43	56	58	-15
254	3365	17.12.96	55881	Chernnitz	9	7	n	35	R		6	9				2,28	48	56	52	-4
255	5281	12.07.96	55811	Chernnitz	9	7	n	35	R	22:45	17	20				2,28	40	28	41	-1
256	3584	27.07.96	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		22	20				2,35	52	58	55	-3
257	3752	05.08.96	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		25	23				2,29	48	56	46	2
258	3901	07.08.96	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		25	23				2,28	46	56	45	1
259	4565	31.08.96	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		17	17				2,27	45	58	41	4
260	7380	10.12.96	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		5	10				2,31	45	56	50	-5
261	4504	29.08.97	55881	Chernnitz	10	7	n	35	R		15	17				2,29	48	56	41	7
262	3686	01.08.96	55811	Chernnitz	10	7	n	35	R	09:24	27	23				2,31	40	28	38	2
263	3962	10.08.96	55811	Chernnitz	10	7	n	35	R	07:00	21	17				2,28	41	30	41	0
264	3966	10.08.96	55811	Chernnitz	10	7	n	35	R	07:31	21	17				2,29	40	30	41	-1
265	2408	10.06.96	55771	Chernnitz	10	7	n	35	R							2,31	40	56	48	-8
266	2754	21.06.96	55771	Chernnitz	10	7	n	35	R							2,33	50	56	57	-7
267	3007	28.06.96	55771	Chernnitz	10	7	n	35	R							2,34	46	56	48	-2
268	19468	12.12.94	154R04	Berlin	5	8	o	35	R	13:25	2	11				2,38	56	56	55	1
269	80	12.01.95	154R04	Berlin	5	8	o	35	R	19:10	-4	16				2,38	56	67	56	13
															Mittelwert:	48,5	48,1	0,4		
															Standardabweichung:	-	-	6,71		
															5%-Quantil:	-	-	-		

Anhang C 3, C 4, C 5, C 6, C 7 Auswertung des Anhangs C 2

Sorte	Ort	TB-Werk	Bau-firma	Bau-werk	B	Stichproben-umfang n	Mittelwert $\bar{\beta}_w^{200 \times 200}$		Standardabweichung		" 5%-Quantil "		
							TB-Werk N/mm ²	Baustelle N/mm ²	TB-Werk N/mm ²	Baustelle N/mm ²	TB-Werk N/mm ²	Baustelle N/mm ²	
Anhang C 3: Auswertungskriterium: getrennt nach Sorten, wie in der Norm gefordert													
571521	FaM	1	1	b	35	5	42	47	2,70	2,17	38	43	
571522	FaM	1	1	b	35	9	46	48	4,88	2,50	38	44	
572662	FaM	1	1	c	35	10	43	46	2,45	5,19	39	37	
571661	FaM	1	1	c	35	13	45	44	3,80	6,71	39	33	
571654	FaM	1	1	c	35	22	46	46	3,91	2,86	39	41	
533400	FaM	3	1	c	35	8	44	47	3,72	3,69	38	41	
533380	FaM	3	1	c	35	5	48	50	4,18	3,46	41	44	
534180	FaM	3	1	c	35	6	47	47	3,33	6,27	41	37	
154R07	Berlin	5	2	e	35	5	60	51	1,23	5,18	58	43	
154R05	Berlin	5	3	f	35	5	51	50	3,13	5,96	46	40	
527037	Leipzig	6	4	h	35	6	55	49	3,19	6,92	50	37	
368234	Leipzig	7	5	l	35	6	43	43	3,66	3,35	37	37	
55881	Chemnitz	8	7	n	35	5	49	49	2,70	6,62	45	38	
55771	Chemnitz	8	7	n	35	5	49	48	3,16	4,09	44	41	
55771	Chemnitz	9	7	n	35	6	43	39	4,13	4,03	37	33	
55881	Chemnitz	9	7	n	35	12	48	49	3,89	5,02	41	40	
55881	Chemnitz	10	7	n	35	6	47	46	2,66	5,43	43	37	
632/4	FaM	2	1	a	45	10	57	53	3,34	5,23	51	44	
671524	FaM	1	1	b	45	5	53	56	2,55	1,64	49	53	
634620	Leipzig	6	4	h	45	5	58	49	1,30	4,69	56	41	
457420	Leipzig	7	6	m	45	5	61	55	5,93	3,44	51	51	
7644	FaM	2	1	c	55	5	56	62	5,45	5,26	47	54	
						164							
						gewichtete Werte B 35:	46,8	46,7	3,49	4,54	41,1	39,1	
						gewichtete Werte B 45:	57,2	53,2	3,29	4,05	51,6	46,6	
						gewichtete Werte B 35, B 45 und B 55:			3,52	4,48	42,8	40,7	
						$\Delta = 27\%$							
Anhang C 4: Auswertungskriterium: getrennt nach TB-Werk und Baufirma (mehrere Sorten zusammengefasst)													
7 Stk.	FaM	1	1	b, c	35	68	45	46	3,89	4,98	39	38	
11 Stk.	FaM	2	1	a, b, c, i	35	29	48	47	5,25	7,26	39	35	
4 Stk.	FaM	3	1	c	35	20	46	48	3,93	4,46	39	40	
4 Stk.	FaM	4	1	a	35	5	45	51	1,95	6,50	41	41	
1 Stk.	Berlin	5	2	e	35	5	60	51	1,22	5,18	58	43	
4 Stk.	Berlin	5	3	f, g	35	10	57	51	6,33	4,79	46	43	
1 Stk.	Leipzig	6	4	h	35	6	55	49	3,19	6,92	50	37	
9 Stk.	Leipzig	7	5	j, k, l	35	29	44	44	5,53	3,27	35	38	
3 Stk.	Leipzig	7	6	m	35	8	46	43	5,66	4,03	37	37	
3 Stk.	Chemnitz	8	7	n	35	12	49	47	2,93	5,91	44	37	
3 Stk.	Chemnitz	9	7	n	35	19	46	45	4,48	6,35	38	35	
3 Stk.	Chemnitz	10	7	n	35	12	45	46	4,10	5,96	38	36	
2 Stk.	Leipzig	7	6	m	45	7	61	54	6,31	3,40	51	49	
2 Stk.	Leipzig	6	4	h	45	7	58	51	1,80	6,21	55	41	
2 Stk.	FaM	2	1	a, b, i	45	17	56	53	3,61	4,50	50	46	
2 Stk.	FaM	2	1	a, c	55	6	59	66	8,41	10,07	45	49	
						260							
						gewichtete Werte B 35:	46,8	46,4	4,34	5,28	39,6	37,7	
						gewichtete Werte B 45:	57,6	52,8	3,81	4,64	51,4	45,5	
						gewichtete Werte B 35, B 45 und B 55:			4,37	5,31	41,1	38,9	
Anhang C 5: Auswertungskriterium: Mittelung über alle Daten											zu FI: m=1,33		
						269	48,5	48,1					s= 0,19 o. 0,17
													V= 0,13 o. 0,14
Anhang C 6: Auswertungskriterium: Lufttemperatur -8°C bis +10°C													
-	alle	alle	alle	alle	35	42	48	49					
-	alle	alle	alle	alle	45	15	57	54					
Anhang C 7: Auswertungskriterium: Lufttemperatur +20°C bis +36°C													
-	alle	alle	alle	alle	35	44	44	46					
-	alle	alle	alle	alle	45	13	55	53					

Tabelle C 8

TB-Werk: Roßdorf, Pfungstadt, Gross-Gerau						
Region: Darmstadt						
Bauvorhaben: Kläranlage						
Kriterium: gleicher Tag (Lieferscheinnr. u. U. verschieden)						
	Datum	Sorte	B	Druckfestigkeit β_{w20}		
				TBW	Bst.	TBW - Bst.
				N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	13.01.93	531040	35	44	46	-2
2	19.01.93	531040	35	43	49	-6
3	20.01.93	531040	35	48	44	4
4	08.02.93	531040	35	52	45	7
5	15.02.93	531040	35	50	43	7
6	16.02.93	531040	35	43	54	-11
7	09.03.93	531040	35	48	43	5
8	15.03.93	531040	35	56	46	10
9	26.03.93	531040	35	46	48	-2
10	29.03.93	531040	35	44	46	-2
11	31.03.93	531040	35	46	46	0
12	07.04.93	531040	35	46	45	1
13	27.04.93	531040	35	49	46	3
14	06.05.93	531040	35	43	44	-1
15	19.05.93	531040	35	46	42	4
16	26.05.93	531040	35	46	44	2
17	02.06.93	531040	35	48	48	0
18	07.06.93	531040	35	47	46	1
19	17.06.93	531040	35	47	40	7
20	02.08.93	531040	35	43	42	1
21	03.09.93	531040	35	47	42	5
22	08.09.93	531040	35	45	49	-4
23	29.09.93	531040	35	46	45	1
24	05.10.93	531040	35	46	37	9
25	15.11.93	531040	35	45	44	1
26	22.12.93	531040	35	43	48	-5
27	-	531040	35	44	55	-11
28	24.01.94	531040	35	50	45	5
29	08.02.94	531040	35	51	46	5
30	23.02.94	531040	35	41	47	-6
31	01.03.94	531040	35	48	48	0
32	09.03.94	531040	35	45	50	-5
33	19.04.94	531040	35	49	50	-1
34	05.05.94	531040	35	47	48	-1
	Mittelwert:			46,5	45,9	0,6
	Standartabweichung:			3,05	3,56	5,11
	5%-Quantil:			41,5	40,1	

Tabelle C 8

TB-Werk: Roßdorf, Pfungstadt, Gross-Gerau						
Region: Darmstadt						
Bauvorhaben: Kläranlage						
Kriterium: gleicher Tag (Lieferscheinnr. u. U. verschieden)						
Nr.	Datum	Sorte	B	Druckfestigkeit β_{w20}		
				TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²	TBW - Bst. N/mm ²
1	03.03.93	531019	35	38	39	-1
2	03.03.93	531019	35	40	52	-12
3	03.03.93	531019	35	45	49	-4
4	03.03.93	531019	35	44	51	-7
5	03.03.93	531019	35	44	41	3
6	05.04.93	531019	35	52	50	2
7	05.04.93	531019	35	48	60	-12
8	05.04.93	531019	35	45	57	-12
9	05.04.93	531019	35	54	56	-2
10	05.04.93	531019	35	47	58	-11
11	19.04.93	531019	35	49	58	-9
12	19.04.93	531019	35	47	49	-2
13	19.04.93	531019	35	46	47	-1
14	19.04.93	531019	35	47	48	-1
15	29.04.93	531019	35	46	43	3
16	05.05.93	531019	35	44	49	-5
17	05.05.93	531019	35	44	50	-6
18	05.05.93	531019	35	47	52	-5
19	05.05.93	531019	35	46	49	-3
20	19.05.93	531019	35	49	43	6
21	19.05.93	531019	35	49	46	3
22	19.05.93	531019	35	46	41	5
23	19.05.93	531019	35	48	43	5
24	29.05.93	531019	35	45	40	5
25	29.05.93	531019	35	46	43	3
26	29.05.93	531019	35	47	49	-2
27	29.05.93	531019	35	48	42	6
28	04.06.93	531019	35	46	45	1
29	07.06.93	531019	35	44	44	0
30	07.06.93	531019	35	47	38	9
31	07.06.93	531019	35	46	42	4
32	09.06.93	531019	35	47	41	6
33	09.06.93	531019	35	48	37	11
34	22.07.93	531019	35	48	41	7
35	13.08.93	531019	35	55	41	14
36	19.08.93	531019	35	45	41	4
37	02.09.93	531019	35	48	41	7
38	02.09.93	531019	35	48	48	0
39	02.09.93	531019	35	48	39	9
40	02.09.93	531019	35	47	52	-5
41	28.09.93	531019	35	48	44	4
42	04.10.93	531019	35	46	47	-1
43	04.10.93	531019	35	48	47	1
44	05.10.93	531019	35	50	44	6
45	08.10.93	531019	35	48	44	4
46	11.10.93	531019	35	48	47	1
47	12.10.93	531019	35	48	46	2
48	14.10.93	531019	35	47	44	3
49	14.10.93	531019	35	43	49	-6
50	26.10.93	531019	35	47	56	-9
51	27.10.93	531019	35	42	45	-3
52	27.10.93	531019	35	43	51	-8
53	05.11.93	531019	35	49	54	-5
54	05.11.93	531019	35	47	40	7
55	10.11.93	531019	35	45	48	-3
56	16.11.93	531019	35	46	50	-4
57	16.11.93	531019	35	47	48	-1
58	16.11.93	531019	35	46	54	-8
59	22.11.93	531019	35	41	42	-1
60	23.11.93	531019	35	41	49	-8
61	23.11.93	531019	35	42	55	-13
62	23.11.93	531019	35	41	51	-10
63	23.11.93	531019	35	46	53	-7
64	23.11.93	531019	35	48	53	-5
65	07.12.93	531019	35	43	46	-3
66	07.12.93	531019	35	43	65	-22
67	17.12.93	531019	35	43	54	-11
68	17.12.93	531019	35	47	48	-1
69	21.12.93	531019	35	48	54	-6
70	13.01.94	531019	35	41	42	-1
71	18.01.94	531019	35	40	46	-6
72	18.01.94	531019	35	42	50	-8
73	21.01.94	531019	35	42	45	-3
74	24.01.94	531019	35	47	47	0
75	02.02.94	531019	35	55	56	-1
76	02.02.94	531019	35	45	63	-18
77	02.02.94	531019	35	42	52	-10
78	02.02.94	531019	35	45	62	-17
79	03.02.94	531019	35	45	59	-14
80	03.02.94	531019	35	47	60	-13
81	10.02.94	531019	35	56	49	7
82	17.02.94	531019	35	44	37	7
83	23.02.94	531019	35	46	53	-7
84	24.02.94	531019	35	45	61	-16
85	28.02.94	531019	35	47	45	2
86	04.03.94	531019	35	47	57	-10
87	05.03.94	531019	35	46	56	-10
88	05.03.94	531019	35	55	59	-4
89	14.03.94	531019	35	47	45	2
90	14.03.94	531019	35	47	50	-3
91	18.03.94	531019	35	45	46	-1
92	18.03.94	531019	35	47	54	-7
93	25.03.94	531019	35	46	57	-11
94	29.03.94	531019	35	45	52	-7
95	29.03.94	531019	35	45	52	-7
96	29.03.94	531019	35	45	52	-7
97	29.03.94	531019	35	46	54	-8
98	29.03.94	531019	35	46	49	-3
99	29.03.94	531019	35	46	52	-6
100	30.03.94	531019	35	46	41	5
101	15.04.94	531019	35	46	57	-11
Mittelwert:				46,2	48,9	-2,8
Standartabweichung:				3,11	6,36	6,92
5%-Quantil:				41,1	38,5	

Anhang C 9: hochfester B 65

Bauvorhaben: q
 Firma: 9, Entnahme auf Baustelle
 TB-Werk: 14, Entnahme im Werk
 Region: F. a. M.
 Betonsorte: 872510, B 65
 Zementsorte: Mischzement

	Liefer- schein- Nr.	Datum	Druckfestigkeit β_{w20}		Bst. Prüfstelle E		
			TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²	9	St. Ffm	TH DA
1	18618	23.06.95	92	83			x
2	20172	05.07.95	97	93	x		
3	20746	10.07.95	89	94	x		
4	21456	14.07.95	91	79			x
5	21464	14.07.95	92	92		x	
6	21502	14.07.95	83	88	x		
7	21586	15.07.95	85	87			x
8	21865	18.07.95	80	80	x		
9	21876	18.07.95	81	82			x
10	21881	18.07.95	88	89	x		
11	21953	19.07.95	86	86	x		
12	21959	19.07.95	63	76			x
13	21968	19.07.95	80	85	x		
14	22150	20.07.95	84	83	x		
15	22158	20.07.95	83	81			x
16	22242	21.07.95	72	81	x		
17	22251	21.07.95	87	75			x
18	22312	22.07.95	83	81	x		
19	22346	22.07.95	84	88	x		
20	22591	25.07.95	83	87	x		
21	22870	27.07.95	87	88	x		
22	22872	27.07.95	82	80			x
23	22968	28.07.95	85	82	x		
24	22985	28.07.95	87	83			x
25	23015	29.07.95	88	82	x		
26	23017	29.07.95	82	77			x
27	23152	31.07.95	85	82	x		
28	23161	31.07.95	82	79			x
29	23262	01.08.95	82	79		x	
30	23266	01.08.95	84	88	x		
31	23496	02.08.95	81	76	x		
32	23500	02.08.95	81	79			x
33	23639	03.08.95	86	79		x	
34	23642	03.08.95	81	77	x		
35	23810	04.08.95	83	88	x		
36	23812	04.08.95	84	83			x
37	23853	05.08.95	81	85	x		
38	23855	05.08.95	80	81			x
39	23978	07.08.95	81	82	x		
40	23981	07.08.95	88	83			x
41	24047	08.08.95	89	85	x		
42	24054	08.08.95	88	89		x	
43	24536	10.08.95	84	88	x		
44	24732	01.08.95	82	87	x		
45	24725	11.08.95	80	86	x		
46	24784	12.08.95	87	86	x		
47	24786	12.08.95	83	86		x	

	Liefer- schein- Nr.	Datum	Druckfestigkeit β_{w20}		Bst. Prüfstelle E		
			TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²	9	St. Ffm	TH DA
48	25017	14.08.95	74	79	x		
49	25033	14.08.95	84	77			x
50	25194	15.08.95	82	84	x		
51	25200	15.08.95	80	79			x
52	25304	16.08.95	85	82			x
53	26145	24.08.95	86	84	x		
54	26496	28.08.95	89	88		x	
55	26652	29.08.95	83	90	x		
56	26625	29.08.95	82	94		x	
57	26810	30.08.95	86	83			x
58	27098	01.09.95	93	93	x		
59	27098	01.09.95	95	86	x		
60	27098	01.09.95	96	91		x	
61	27140	02.09.95	81	83	x		
62	27140	02.09.95	85	77	x		
63	27140	02.09.95	86	85		x	
64	27473	06.09.95	86	88		x	
65	27588	07.09.95	86	86		x	
66	27775	08.09.95	87	77	x		
67	27680	08.09.95	83	78	x		
68	27941	11.09.95	88	81	x		
69	28025	11.09.95	80	65		x	
70	28147	12.09.95	85	85	x		
71	28291	13.09.95	85	81	x		
72	28535	14.09.95	85	79		x	
73	28491	14.09.95	76	81	x		
74	28622	15.09.95	78	79		x	
75	28791	16.09.95	86	78		x	
76	28784	16.09.95	83	84	x		
77	28866	18.09.95	89	76			x
78	28830	18.09.95	79	76	x		
79	29002	19.09.95	86	76			x
80	28982	19.09.95	81	83	x		
81	29250	21.09.95	85	79	x		
82	29545	23.09.95	77	78			x
83	29530	23.09.95	87	75	x		
84	29620	25.09.95	81	75			x
85	29583	25.09.95	85	83	x		
86	29760	26.09.95	86	82			x
87	29739	26.09.95	86	85	x		
88	29958	27.09.95	90	82			x
89	29894	27.09.95	88	83	x		
90	29995	28.09.95	82	81			x
Mittelwert:			84,26	82,68	83,92	83,87	79,96
Standardabw.:			4,86	5,04	4,52	7,44	3,08
5%-Quantil:			76,26	74,39	76,48	71,62	74,90
Abnahme:			2,52%				
(Standardabw. β_{w20} (TBW - Bst.): 5,36 N/mm ²)							

Anhang C 9: hochfester B 65

Bauvorhaben: q
 Firma: 9, Entnahme auf Baustelle
 TB-Werk: 14, Entnahme im Werk
 Region: F. a. M.
 Betonsorte: 872514, B 65
 Zementsorte: PZ45F

	Liefer- schein- Nr.	Datum	Druckfestigkeit β_{w20}		Bst. Prüfstelle E		
			TBW	Bst.	9	St. Ffm	TH DA
			N/mm ²	N/mm ²			
1	30210	29.09.95	99	98	x		
2	30259	29.09.95	84	74			x
3	30337	30.09.95	91	96	x		
4	30598	05.10.95	89	96	x		
5	30837	06.10.95	98	100	x		
6	30934	07.10.95	92	90			x
7	30952	07.10.95	90	94		x	
8	31473	12.10.95	87	88		x	
9	31592	13.10.95	91	91			x
10	31723	14.10.95	94	81			x
11	31734	14.10.95	98	91	x		
12	31742	14.10.95	97	88		x	
13	31779	16.10.95	94	88	x		
14	31803	16.10.95	95	81			x
15	31925	17.10.95	88	91	x		
16	31964	17.10.95	91	87			x
17	32121	18.10.95	95	84	x		
18	32173	18.10.95	83	84			x
19	32314	19.10.95	95	85	x		
20	32515	20.10.95	92	81			x
21	32690	21.10.95	92	89	x		
22	32700	21.10.95	88	82			x
23	32748	23.10.95	92	95	x		
24	32787	23.10.95	91	89			x
25	33232	26.10.95	97	92	x		
26	33251	26.10.95	96	97	x		
27	33307	26.10.95	100	98		x	
28	33359	27.10.95	95	91	x		
29	33441	27.10.95	94	92	x		
30	33456	27.10.95	89	83	x		
31	33470	27.10.95	91	93		x	
32	33523	28.10.95	95	92	x		
33	33625	30.10.95	92	87	x		
34	34269	03.11.95	83	71	x		
35	34324	03.11.95	91	86	x		
36	34352	03.11.95	89	85		x	
37	34632	07.11.95	79	85	x		
38	34645	07.11.95	84	84	x		
39	34912	09.11.95	85	85		x	
40	34934	09.11.95	84	79	x		
41	34934	09.11.95	86	82			x
42	35085	10.11.95	94	90			x
43	35085	10.11.95	89	87	x		
44	35085	10.11.95	82	93		x	
45	35716	16.11.95	84	98		x	
46	35676	16.11.95	95	93	x		
47	35882	17.11.95	90	88		x	
48	35889	17.11.95	88	76	x		

	Liefer- schein- Nr.	Datum	Druckfestigkeit β_{w20}		Bst. Prüfstelle E		
			TBW	Bst.	9	St. Ffm	TH DA
			N/mm ²	N/mm ²			
49	36569	23.11.95	81	93			x
50	36549	23.11.95	80	87	x		
51	36614	24.11.95	91	89			x
52	36604	24.11.95	91	91	x		
53	37081	29.11.95	94	97			x
54	37075	29.11.95	91	92	x		
55	37305	30.11.95	93	96			x
56	37190	30.11.95	102	97	x		
57	37799	04.12.95	90	89			x
58	37787	04.12.95	90	86	x		
59	37856	05.12.95	92	87			x
60	37835	05.12.95	87	82			x
61	37835	05.12.95	92	85	x		
62	38358	08.12.95	84	94			x
63	38358	08.12.95	91	79	x		
64	38368	08.12.95	95	92			x
65	38391	09.12.95	92	95	x		
66	38391	09.12.95	99	94			x
67	38395	09.12.95	91	95			x
68	39114	16.12.95	76	82			x
69	39114	16.12.95	76	76	x		
70	39123	16.12.95	87	80			x
71	39150	18.12.95	85	81			x
72	39150	18.12.95	86	82	x		
73	39160	18.12.95	77	86			x
74	33	04.01.96	79	82			x
75	37	04.01.96	80	84			x
76	37	04.01.96	78	83	x		
77	53	05.01.96	83	84			x
78	47	05.01.96	89	91			x
79	47	05.01.96	89	92	x		
80	288	11.01.96	83	89			x
81	288	11.01.96	83	84	x		
82	301	11.01.96	88	84			x
83	383	12.01.96	77	83			x
84	383	12.01.96	77	82	x		
85	395	12.01.96	89	85			x
86	663	17.01.96	80	83			x
87	676	17.01.96	73	68			x
88	676	17.01.96	76	76	x		
89	758	18.01.96	87	95			x
90	771	18.01.96	75	83	x		
91	771	18.01.96	85	88			x
Mittelwert:			88,37	87,40	87,57	89,39	84,38
Standardabw.:			6,47	6,42	6,78	5,03	6,49
5%-Quantil:			77,73	76,83	76,43	81,12	73,70
Abnahme:			1,17%				
(Standardabw. β_{w20}(TBW - Bst.): 5,93 N/mm²)							

Anhang C 10: Transportzeiten

Quelle: Herr Schneider							
Umfang: eine Baustelle, ein TBW, zwei Sorten mit Verzögerer							
	Transportzeiten				Fahrzeit	Probenahme nach Anknft	Endladevorgang beendet
	Abfahr TBW	Anknft Bst.	Probe-nahme	Entlade-ende			
1	06:01	07:00	07:15	07:25	0:59	0:15	1:24
2	06:31	07:20			0:49		
3	08:00	08:35		09:20	0:35		1:20
4	08:43	09:35	09:50		0:52	0:15	
5	15:01	16:05			1:04		
6	16:07	17:00	17:45	18:25	0:53	0:45	2:18
7	06:36	08:30			1:54		
8	06:52	07:50	08:15	08:25	0:58	0:25	1:33
9	07:48	08:45		09:00	0:57		1:12
10	08:39	09:30			0:51		
11	09:07	10:00	10:45	11:05	0:53	0:45	1:58
12	10:10	11:10			1:00		
13	12:06	13:00			0:54		
14	06:21	07:20		07:40	0:59		1:19
15	06:55	07:25			0:50		
16	06:46	07:40		08:30	0:54		1:44
17	08:22	09:20		09:35	0:58		1:13
18	09:05	10:10	10:30		1:05	0:20	
19	08:59	09:35		11:05	0:36		2:06
20	09:43	10:40		12:00	0:57		2:17
21	10:20	11:20			1:00		
22	12:04	13:05	13:30	13:30	1:01	0:25	1:26
23	08:15	09:10		11:20	0:55		3:05
24	09:54	11:15	13:35	13:35	1:21	2:20	3:41
25	10:42	11:35		14:00	0:53		3:18
26	07:47	09:00		11:40	1:13		3:53
27	08:22	09:20		11:45	0:58		3:23
28	10:52	12:00		12:25	1:08		1:33
29	12:42	13:35		14:00	0:53		1:18
30	17:51	19:05	20:00	19:40	1:14	0:55	1:49
31	19:24	20:20		20:40	0:56		1:16
32	20:16	21:00			0:44		
33	20:27	21:20	21:30		0:53	0:10	
34	15:41	16:35	17:00	18:00	1:14	0:05	2:19
35	16:23	17:30		18:40	1:07		2:17
36	16:43	17:45	18:15		1:02	0:30	
37	18:32	19:20		21:25	0:48		2:53
38	18:55	19:30		22:15	0:55		3:20
39	18:33	19:40	20:00	20:10	1:07	0:20	1:37
40	20:49	21:40		22:00	0:51		1:11
41	18:45	19:50	20:00	21:00	1:05	0:10	2:15
42	08:04	09:00		09:30	0:56		1:26
43	16:19	17:00		18:10	0:41		1:51
44	17:03	18:10		18:55	1:07		1:52
45	17:26	18:15	19:15	19:30	0:49	1:00	2:04
46	16:22	17:20	17:40	18:40	0:58	0:20	2:18
47	16:35	17:30		18:20	0:55		1:45
48	16:58	17:45		19:00	0:47		2:02
49	17:07	18:05		19:10	0:58		2:03
50	17:33	18:45	18:50	19:30	1:12	0:05	1:57
51	17:51	18:50	19:30		0:59	0:40	
52	19:36	20:30	20:30	21:00	0:54	0:00	1:24
53	17:36	18:50			1:14		
54	17:47	19:00		20:10	1:13		2:23
55	17:57	19:00	19:35		1:03	0:35	
56	18:53	19:50		20:30	0:57		1:37
57	19:29	20:30		21:40	1:01		2:11
58	07:05	08:00	08:30	09:30	0:55	0:30	2:25
59	09:43	10:35		12:05	0:52		2:22
60	11:41	12:40		13:10	0:59		1:29
61	12:43	13:40	13:45	17:25	0:57	0:05	4:42
62	18:05	19:20		21:00	1:15		2:55
63	12:49	13:40	13:55	15:50	0:51	0:15	3:01
64	14:43	15:35		17:20	0:52		2:37
65	16:10	17:45	18:00	20:00	1:35	0:15	3:50
66	11:07	12:05	12:15	14:00	0:58	0:10	2:53
67	15:11	16:05		17:25	0:54		2:14
68	14:57	15:40		18:40	0:43		3:43
69	17:22	18:25		18:55	1:03		1:33
70	15:47	17:00		18:20	1:13		2:33
71	12:26	13:25		14:30	0:59		2:04
72	09:24	10:30			1:06		
73	08:23	09:25		09:35	1:02		1:12

	Transportzeiten				Fahrzeit	Probenahme nach Anknft	Endladevorgang beendet
	Abfahr TBW	Anknft Bst.	Probe-nahme	Entlade-ende			
74	11:31	12:10	12:15		0:39	0:05	
75	16:08	17:15	18:00	18:15	1:07	0:45	2:07
76	10:53	11:50	12:15	13:10	0:57	0:25	2:17
77	09:53	10:45	11:00		0:52	0:15	
78	10:17	11:10			0:53		
79	15:24	16:05		18:25	0:41		3:01
80	20:27	21:20			0:53		
81	10:36	11:15		11:55	0:39		1:19
82	15:11	16:15	16:30	18:45	1:04	0:15	3:34
83	19:05	20:00	21:15	22:10	0:55	1:15	3:05
84	19:31	20:25		23:10	0:54		3:39
85	20:06	20:55		00:25	0:49		4:19
86	16:32	17:30	18:00		0:58	0:30	
87	08:26	09:20		10:40	0:54		2:14
88	15:30	16:25	16:45	16:30	0:55	0:20	1:00
89	12:19	13:15	13:30	14:45	0:56	0:15	2:26
90	13:57	15:00		16:15	1:03		2:18
91	16:24	17:20	17:30	19:30	0:56	0:10	3:06
92	17:16	18:10		20:00	0:54		2:44
93	14:47	15:50			1:03		
94	10:52	11:30		13:50	0:38		2:58
95	16:40	17:35		18:05	0:55		1:25
96	07:56	08:50	09:30		0:54	0:40	
97	15:55	16:40		17:40	0:45		1:45
98	12:36	13:40	14:00	14:50	1:04	0:20	2:14
99	16:02	17:00	17:30	19:30	0:58	0:30	3:28
100	17:18	18:25	22:15	22:15	1:07	3:50	4:57
101	18:16	19:15		22:50	0:59		4:34
102	09:36	10:30	11:00	11:20	0:54	0:30	1:44
103	18:00	19:00	19:15		1:00	0:15	
104	15:26	17:15	17:30	18:45	1:49	0:15	3:19
105	17:15	18:15	18:30	20:15	1:00	0:15	3:00
106	08:58	10:00	10:45	12:30	1:02	0:45	3:32
107	15:04	16:10		16:40	1:06		1:36
108	15:39	16:50	16:50	17:15	1:11	0:00	1:36
109	15:51	17:00		17:35	1:09		1:44
110	17:34	18:45		19:30	1:11		1:56
111	08:59	10:15		11:00	1:16		2:01
112	09:18	10:25	11:00	12:20	1:07	0:35	3:02
113	12:30	13:35	11:45	16:20	1:05		3:50
114	15:04	16:10	17:00	18:10	1:06	0:50	3:06
115	16:13	17:15	18:15	19:45	1:02	1:00	3:32
116	15:59	17:05	18:00	19:30	1:06	0:55	3:31
117	17:16	18:25		21:10	1:09		3:54
118	12:23	13:50	14:30	14:55	1:27	0:40	2:32
119	14:15	15:20	16:30	18:45	1:05	1:10	4:30
120	09:57	11:00	11:15	12:40	1:03	0:15	2:43
121	10:24	11:20	14:15		0:56	2:55	
122	12:23	13:15	13:30	14:15	0:52	0:15	1:32
123	12:46	13:35	14:15	16:05	0:49	0:40	3:19
124	16:02	17:00	17:45		0:58	0:45	
125	13:24	14:45		16:30	1:21		3:06
126	14:07	15:05	15:00	18:15	0:58		4:08
127	09:27	10:20	10:30	12:05	0:53	0:10	2:38
128	07:01	07:50	08:10	09:05	0:49	0:20	2:04
129	05:57	06:40		08:50	0:43		2:53
130	10:00	11:15	12:00	14:15	1:15	0:45	4:15
131	08:53	09:45	10:00	11:35	0:52	0:15	2:42
132	15:35	16:50	17:05	18:00	1:15	0:15	2:25
133	16:29	17:35		19:20	1:06		2:51
134	17:38	18:30	19:20	20:30	0:52	0:50	2:52
135	08:53	09:45	11:00	13:45	0:52	1:15	4:52
136	13:01	14:15	14:20	15:30	1:14	0:05	2:29
137	15:46	17:45		18:25	1:59		2:39
138	12:33	13:40		14:40	1:07		2:07
139	16:33	17:30		18:45	0:57		2:12
140	16:43	17:45		19:15	1:02		2:32
141	17:37	18:40	19:30	20:15	1:03	0:50	2:38
142	17:46	18:40			0:54		
143	11:01	12:05	12:20		1:04	0:15	
					Mittelwert:	1:00	0:34
					min:	0:35	1:00
					max:	1:59	4:57

Anhang C 11: gleicher Entnahmeort

Bauvorhaben: p
 TB-Werke: 11, 12 und 13
 Region: Berlin
 Firma: 8

Randbedingungen:

- sowohl TBW- als auch Bst.-Probekörper auf der Baustelle hergestellt
- jeweils Verwendung von Plastikformen
- gleicher Eigenüberwacher der drei TBW's
- 22 Sorten

Ergebniss:

- geringere mittlere Abweichungen der ermittelten Druckfestigkeiten: nur 4,44 N/mm² im Vergleich zu sonst 6,71 N/mm²
- Prüfstelleneinfluß 1,60 N/mm²
- vgl. optische Darstellung; Form: $F_1 = \beta_{w200} / \beta_{WN}$

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	B	K	Temperatur		Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte		Druckfestigkeit β_{w200}		$\beta_{TBW-\beta_{Bst.}}$	
									Luft °C	Beton °C	TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW d	Bst. d		
1	21272	01.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	-1	10	40	46	2,34	2,28	49	28	42	7
2	21125	28.02.96	Berlin	11	8	p	35	R	-1	11	48	48	2,29	2,34	49	28	55	-6
3	21279	01.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	0	11	48	48	2,29	2,30	47	28	39	8
4	21289	01.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	-1	10	47	47	2,32	2,31	49	28	46	3
5	21297	01.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	0	10	43	47	2,33	2,31	45	28	44	1
6	21388	04.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	-1	14	46	46	2,31	2,31	55	28	42	13
7	21760	08.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	0	13	44	44	2,32	2,34	47	28	45	2
8	22061	14.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	0	11	43	44	2,31	2,28	48	28	40	8
9	22301	18.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	0	13	47	48	2,31	2,32	55	28	45	10
10	22564	21.03.96	Berlin	11	8	p	35	R	-1	13	47	48	2,29	2,30	45	28	39	6
11	320445	17.01.96	Berlin	12	8	p	35	R	-4	15	45	47	2,27	2,23	39	90	41	-2
12	320570	18.01.96	Berlin	12	8	p	35	R	-4	17	47	48	2,28	2,29	43	28	43	0
13	326021	07.05.96	Berlin	12	8	p	35	R	9	14	46	47	2,30	2,30	44	28	43	1
14	326454	14.05.96	Berlin	12	8	p	35	R	9	17	45	46	2,34	2,32	46	28	43	3
15	326740	18.05.96	Berlin	12	8	p	35	R	10	14	51	51	2,33	2,30	44	28	37	7
16	320492	17.01.96	Berlin	12	8	p	35	R	-2	14	46	47	2,26	2,28	50	28	47	3
17	320816	22.01.96	Berlin	12	8	p	35	R	-9	18	43	46	2,29	2,28	53	28	50	3
18	320820	22.01.96	Berlin	12	8	p	35	R	-9	16	43	47	2,31	2,28	57	28	51	6

Anhang C 11: gleicher Entnahmeort

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	B	K	Temperatur		Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte		Druckfestigkeit β_{w200}		$\beta_{TBW-\beta}$ Bst.		
									Luft °C	Beton °C	TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW N/mm ² d	Bst. N/mm ² d			
19	320881	23.01.96	533524	Berlin	12	8	p	35	R	-7	17	47	47	2,28	2,28	55	28	46	9
20	326262	11.05.96	633508	Berlin	12	8	p	45	R	6	13	46	48	2,30	2,28	49	28	53	-4
21	700105	15.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	8	12	46	47	2,27	2,28	41	90	44	-3
22	700106	15.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	7	13	47	47	2,29	2,27	38	90	43	-5
23	800078	16.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	10	13	46	48	2,32	2,25	48	90	38	10
24	700284	30.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-1	13	39	46	2,28	2,28	43	90	48	-5
25	32189	17.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	5	11	48	48	2,27	2,25	43	90	42	1
26	32430	25.11.95	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	1	14	47	47	2,31	2,32	45	90	48	-3
27	100242	31.01.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-3	19	45	45	2,28	2,26	48	90	43	5
28	400527	23.02.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-5	14	47	47	2,34	2,30	50	90	54	-4
29	400750	02.03.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-3	15	57	47	2,36	2,25	47	90	46	1
30	400756	02.03.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-2	15	50	49	2,36	2,26	51	90	47	4
31	401229	28.03.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-2	11	48	49	2,26	2,29	47	90	47	0
32	200051	13.02.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	-1	14	47	48	2,28	2,27	44	90	39	5
33	102434	11.06.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	30	28	45	44	2,32	2,33	54	90	53	1
34	102436	11.06.96	5332120	Berlin	13	8	p	35	R	30	29	46	45	2,31	2,31	52	90	49	3
35	401965	29.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	9	14	45	46	2,31	2,26	44	56	42	2
36	101451	30.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	9	16	46	47	2,31	2,25	39	56	42	-3
37	401893	25.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	16	17	46	47	2,28	2,29	40	28	38	2
38	401863	25.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	14	17	45	47	2,28	2,30	37	28	38	-1
39	400113	01.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	-8	18	45	48	2,29	2,30	45	28	41	4
40	400120	01.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	-6	19	44	48	2,29	2,30	39	28	39	0
41	400353	15.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	-2	15	46	48	2,29	2,28	45	28	44	1
42	400355	15.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	-2	17	46	47	2,31	2,28	44	28	45	-1
43	400401	16.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	1	14	44	47	2,29	2,27	41	28	41	0
44	400403	16.02.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	1	15	45	48	2,29	2,29	40	28	44	-4
45	400874	09.03.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	-5	12	44	48	2,35	2,32	48	28	41	7
46	101025	10.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	12	15	45	44	2,31	2,31	43	28	41	2

Anhang C 11: gleicher Entnahmeort

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	B	K	Temperatur		Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte		Druckfestigkeit $\beta_{w,200}$				$\beta_{TBW-\beta}$ Bst.
									Luft °C	Beton °C	TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW N/mm ²	d	TBW N/mm ²	d	
47	401602	16.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	5	14	46	48	2,29	2,30	46	28	39	7
48	401652	18.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	20	12	45	48	2,36	2,29	47	28	38	9
49	401688	19.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	21	16	47	47	2,28	2,30	44	28	40	4
50	401693	19.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	21	17	46	48	2,29	2,30	39	28	40	-1
51	401694	19.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	21	16	46	47	2,30	2,30	41	28	41	0
52	401806	24.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	12	18	43	43	2,28	2,27	40	28	39	1
53	401907	26.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	7	19	47	47	2,27	2,29	36	28	37	-1
54	401909	26.04.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	15	18	48	48	2,28	2,29	37	28	33	4
55	402211	08.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	8	12	45	48	2,31	2,28	43	56	40	3
56	402236	09.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	5	14	48	48	2,39	2,29	44	56	45	-1
57	402377	14.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	13	16	47	48	2,37	2,26	45	56	44	1
58	101940	24.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	18	19	48	49	2,24	2,30	38	56	43	-5
59	402589	28.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	11	18	45	46	2,35	2,30	43	56	46	-3
60	402588	28.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	10	18	46	47	2,35	2,30	45	56	42	3
61	102146	31.05.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	27	23	45	47	2,31	2,29	41	56	44	-3
62	402721	01.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	15	19	45	48	2,28	2,30	42	56	42	0
63	402952	07.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	29	27	45	47	2,34	2,30	38	56	39	-1
64	102370	08.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	24	26	46	48	2,29	2,28	37	56	37	0
65	403088	12.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	25	27	48	47	2,33	2,27	38	56	41	-3
66	403136	13.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	17	22	42	45	2,38	2,30	47	56	43	4
67	103096	02.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	19	23	44	44	2,32	2,29	46	56	44	2
68	403756	02.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	19	23	47	48	2,31	2,30	34	56	38	-4
69	103167	04.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	22	26	48	48	2,28	2,27	37	56	41	-4
70	103168	04.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	22	26	48	48	2,28	2,28	37	56	38	-1
71	103169	04.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	21	26	46	46	2,29	2,29	40	56	42	-2
72	403923	08.07.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	12	20	44	48	2,31	2,31	40	56	47	-7
73	202309	03.06.96	5334105	Berlin	13	8	p	35	R	15	20	48	47	2,30	2,30	47	56	44	3
74	400397	16.02.96	5324105	Berlin	13	8	p	35	R	1	14	49	49	2,30	2,25	40	28	40	0

Anhang C 11: gleicher Entnahmeort

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- firma Nr.	Bau- werk Nr.	K	Temperatur		Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte		Druckfestigkeit β_{w200}		$\beta_{TBW} - \beta_{Bst.}$			
								Luft °C	Beton °C	TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²				
75	400871	09.03.96	5324105	Berlin	13	8	p	35	R	-5	12	48	47	2,33	2,27	52	28	40	12
76	401735	20.04.96	5324105	Berlin	13	8	p	35	R	8	13	47	46	2,22	2,27	45	28	41	4
77	403061	11.06.96	5324105	Berlin	13	8	p	35	R	30	27	47	47	2,31	2,25	39	56	40	-1
78	100234	31.01.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-3	22	46	48	2,29	2,32	51	28	44	7
79	100235	31.01.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-3	19	47	47	2,30	2,30	51	28	45	6
80	400200	06.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-10	13	44	48	2,31	2,30	47	28	50	-3
81	400253	12.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-3	17	40	40	2,34	2,30	53	28	54	-1
82	400391	15.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-2	30	43	49	2,31	2,28	45	28	45	0
83	400541	23.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-4	19	47	47	2,33	2,32	46	28	48	-2
84	400663	29.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	0	12	48	48	2,30	2,31	49	28	50	-1
85	400664	29.02.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	0	13	48	47	2,27	2,29	48	28	50	-2
86	100572	13.03.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	-2	16	47	44	2,32	2,31	46	28	40	6
87	401038	18.03.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	8	12	47	48	2,32	2,32	53	28	49	4
88	401092	20.03.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	9	14	45	48	2,35	2,33	52	28	43	9
89	401360	03.04.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	3	12	47	46	2,28	2,30	46	28	49	-3
90	100959	04.04.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	1	12	44	48	2,34	2,33	52	28	50	2
91	101003	09.04.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	7	15	45	47	2,28	2,30	48	28	44	4
92	401829	24.04.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	12	17	45	48	2,29	2,33	43	28	38	5
93	401833	24.04.96	5335005	Berlin	13	8	p	35	R	14	19	45	48	2,27	2,32	40	28	42	-2
94	400257	12.02.96	5325005	Berlin	13	8	p	35	R	1	22	45	47	2,29	2,24	49	28	45	4
95	400659	29.02.96	5325005	Berlin	13	8	p	35	R	0	12	48	46	2,25	2,31	44	28	51	-7
96	400873	09.03.96	6325108	Berlin	13	8	p	45	R	-4	10	40	42	2,31	2,26	59	28	46	13
97	403779	03.07.96	5424105	Berlin	13	8	p	35	F	18	22	52	54	2,31	2,29	47	56	45	2
98	403784	03.07.96	5424105	Berlin	13	8	p	35	F	20	22	51	56	2,29	2,27	47	56	48	-1
														Mittelwert:		45,19	43,59	1,60	
														Standartabweichung:		5,22	4,42	4,44	
														5%-Quantil:		36,61	36,32		

Untersuchung des Einflusses der Festbetonrohrichtendifferenz auf die Betondruckfestigkeit
 Die Festbetonrohrichtendichte ist u.a. stark von der Qualität der Verdichtung abhängig. Bei guter Verdichtung liegt der Luffporengehalt zwischen 1- und 2 Vol.%.
 Nach einer gängigen Faustformel nimmt die Druckfestigkeit bei einem Anstieg des Luffporengehalts um 1 Vol% um 5% ab.
 D.h. bei einer Abnahme der Dichte um 0,032 kg/dm³ (= p * 1 Vol% = 2,30 * 0,01) sollte eine Festigkeitsabnahme von 2,25 N/mm² (= 45 N/mm² * 0,05) zu beobachten sein.
 Multipliziert man jeweils den Dichteunterschied mit dem Druckfestigkeitsunterschied, so erhält man einen Wertungsfaktor zur Beurteilung dieser Abhängigkeit.
 Zur Bestätigung der Faustformel müßte sich im Mittel ein Faktor von 0,023 * 2,25 = +0,052 ergeben.

- Fall 1 (vgl. Anhang C 11):
 Bauvorhaben: p
 TB-Werke: 11, 12 und 13
 Region: Berlin
 Firma: 8
- Randbedingungen:
 - sowohl TBW- als auch istst.-Probekörper auf der Baustelle hergestellt
 - jeweils Verwendung von Plastikformen
 - gleicher Eigenüberwacher der drei TBW's
 - Elementierung des Prüfs einfluss durch Normierung der Mittelwerte von Δp und Δβ_{w,200} auf Null

Ergebnis: Der Abminderungsfaktor wird nicht bestätigt, die Tendenz stimmt grundsätzlich

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- werk Nr.	Bau- werk K	Ausbreitmaß		Festbetonrohrichte-			Druckfestigkeit β _{w,200}			Faktor Δ p · Δ β _{w,200} normiert			
							TBW cm	Bst. cm	Δ a cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	Δ p kg/dm ³	Δ p normiert kg/dm ³	TBW N/mm ²		Bst. N/mm ²	β _{TBW} -β _{Bst.} N/mm ²	Δ β _{w,200} normiert N/mm ²
1	21272	01.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	40	46	-6	2,34	2,28	0,06	0,05	49	42	7	5,40	0,2528
2	21125	28.02.96	Berlin	11	8	p 35 R	48	48	0	2,29	2,34	-0,05	-0,06	49	55	-6	-7,60	0,4802
3	21279	01.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	48	48	0	2,29	2,30	-0,01	-0,02	47	39	8	6,40	-0,1482
4	21289	01.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	47	47	0	2,32	2,31	0,01	0,00	49	46	3	1,40	-0,0044
5	21297	01.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	43	47	-4	2,33	2,31	0,02	0,01	45	44	1	-0,60	-0,0041
6	21388	04.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	46	46	0	2,31	2,31	0,00	-0,01	55	42	13	11,40	-0,1500
7	21760	08.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	44	44	0	2,32	2,34	-0,02	-0,03	47	45	2	0,40	-0,0132
8	22061	14.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	43	44	-1	2,31	2,28	0,03	0,02	48	40	8	6,40	0,1077
9	22301	18.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	47	48	-1	2,31	2,32	-0,01	-0,02	55	45	10	8,40	-0,1945
10	22564	21.03.96	Berlin	11	8	p 35 R	47	48	-1	2,29	2,30	-0,01	-0,02	45	39	6	4,40	-0,1019
11	320445	17.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	45	47	-2	2,27	2,23	0,04	0,03	39	41	-2	-3,60	-0,0967
12	320570	18.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	47	48	-1	2,28	2,29	-0,01	-0,02	43	43	0	-1,60	0,0371
13	326021	07.05.96	Berlin	12	8	p 35 R	46	47	-1	2,30	2,30	0,00	0,01	44	43	1	-0,60	0,0079
14	326454	14.05.96	Berlin	12	8	p 35 R	45	46	-1	2,34	2,32	0,02	0,01	46	43	3	1,40	0,0096
15	326740	18.05.96	Berlin	12	8	p 35 R	51	51	0	2,26	2,28	-0,02	-0,03	50	47	3	1,40	-0,0464
16	320492	17.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	46	47	-1	2,26	2,28	-0,02	-0,03	50	47	3	1,40	-0,0464
17	320816	22.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	43	46	-3	2,29	2,28	0,01	0,00	53	50	3	1,40	-0,0044
18	320820	22.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	43	47	-4	2,31	2,28	0,03	0,02	57	51	6	4,40	0,0740
19	320881	23.01.96	Berlin	12	8	p 35 R	47	47	0	2,28	2,28	0,00	0,01	55	46	9	7,40	-0,0974
20	326262	11.05.96	Berlin	12	8	p 45 R	46	48	-2	2,30	2,28	0,02	0,01	49	53	-4	-5,60	-0,0383
21	700105	15.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,27	2,28	-0,01	-0,02	41	44	-3	-4,60	0,1066
22	700106	15.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,29	2,27	0,02	0,01	38	43	-5	-6,60	-0,0451
23	800078	16.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	46	46	-2	2,32	2,25	0,07	0,06	48	38	10	8,40	0,4773
24	700284	30.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	39	46	-7	2,28	2,28	0,00	-0,01	43	48	-5	-6,60	0,0869
25	32189	17.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,27	2,25	0,02	0,01	43	42	1	-0,60	-0,0041
26	32430	25.11.95	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,31	2,32	-0,01	-0,02	45	48	-3	-4,60	0,1066
27	100242	31.01.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	45	0	2,28	2,26	0,02	0,01	48	43	5	3,40	0,0232
28	400527	23.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,34	2,30	0,04	0,03	50	54	-4	-5,60	-0,1503
29	400750	02.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	57	47	10	2,36	2,25	0,11	0,10	47	46	1	-0,60	-0,0583
30	400756	02.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	50	49	1	2,36	2,26	0,10	0,09	51	47	4	2,40	0,2082
31	401229	28.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	49	-1	2,26	2,29	-0,03	-0,04	47	47	0	-1,60	0,0691
32	200051	13.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	46	-1	2,28	2,27	0,01	0,00	44	39	5	3,40	-0,0107

Anhang C 12: Abhängigkeit der Festigkeit von der Dichte

Lieferschein-Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau-firma Nr.	Bau-werk Nr.	B-K	Ausbreitmaß		Festbetonrohichte			Druckfestigkeit $f_{w,200}$			Faktor $\Delta p \cdot \Delta f_{w,200}$ normiert		
								TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm^3	Bst. kg/dm^3	Δp kg/dm^3	Δp normiert kg/dm^3	TBW N/mm^2	Bst. N/mm^2		$\beta_{TBW} \cdot \beta_{Bst.}$ N/mm^2	$\Delta f_{w,200}$ normiert N/mm^2
33	102434	11.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	44	1	2,32	2,33	-0,01	-0,02	54	53	1	-0,60	0,0139
34	102436	11.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	45	1	2,31	2,31	0,00	-0,01	52	49	3	1,40	-0,0184
35	401965	29.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	46	-1	2,31	2,26	0,05	0,04	44	42	2	0,40	0,0147
36	101451	30.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,31	2,25	0,06	0,05	39	42	-3	-4,60	-0,2155
37	401893	25.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,28	2,29	-0,01	-0,02	40	38	2	0,40	-0,0092
38	401863	25.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	47	-2	2,28	2,30	-0,02	-0,03	37	38	-1	-2,60	0,0863
39	400113	01.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,29	2,30	-0,01	-0,02	45	41	4	2,40	-0,0555
40	400120	01.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	48	-4	2,29	2,30	-0,01	-0,02	39	39	0	-1,60	0,0371
41	400353	15.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	48	-2	2,29	2,28	0,01	0,00	45	44	1	-0,60	0,0019
42	400355	15.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,31	2,28	0,03	0,02	44	45	-1	-2,60	-0,0438
43	400401	16.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	47	-3	2,29	2,27	0,02	0,01	41	41	0	-1,60	-0,0110
44	400403	16.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,29	2,29	0,00	-0,01	40	44	-4	-5,60	0,0737
45	400874	09.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	48	-4	2,35	2,32	0,03	0,02	48	41	7	5,40	0,0909
46	101025	10.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	44	1	2,31	2,31	0,00	-0,01	43	41	2	0,40	-0,0052
47	401602	16.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	48	-2	2,29	2,30	-0,01	-0,02	46	39	7	5,40	-0,1250
48	401652	18.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,36	2,29	0,07	0,06	47	38	9	7,40	0,4205
49	401688	19.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,28	2,30	-0,02	-0,03	44	40	4	2,40	-0,0795
50	401893	19.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	48	-2	2,29	2,30	-0,01	-0,02	39	40	-1	-2,60	0,0603
51	401694	19.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,30	2,30	0,00	0,00	41	41	0	-1,60	0,0211
52	401806	24.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	43	43	0	2,28	2,27	0,01	0,00	40	39	1	-0,60	0,0019
53	401907	26.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,27	2,29	-0,02	-0,03	36	37	-1	-2,60	0,0863
54	401909	26.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,28	2,29	-0,01	-0,02	37	33	4	2,40	-0,0555
55	402211	08.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,31	2,28	0,03	0,02	43	40	3	1,40	0,0235
56	402236	09.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,39	2,29	0,10	0,09	44	45	-1	-2,60	-0,2260
57	402377	14.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	48	-1	2,37	2,26	0,11	0,10	45	44	1	-0,60	-0,0583
58	101940	24.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	49	-1	2,24	2,30	-0,06	-0,07	38	43	-5	-6,60	-0,4830
59	402589	28.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	46	-1	2,35	2,30	0,05	0,04	43	46	-3	-4,60	-0,1695
60	402588	28.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	47	-1	2,35	2,30	0,05	0,04	45	42	3	1,40	0,0515
61	102146	31.05.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	47	-2	2,31	2,29	0,02	0,01	41	44	-3	-4,60	-0,0315
62	402721	01.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,28	2,30	-0,02	-0,03	42	42	0	-1,60	0,0531
63	402952	07.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	47	-2	2,34	2,30	0,04	0,03	38	39	-1	-2,60	-0,0698
64	102370	08.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	48	-2	2,29	2,28	0,01	0,00	37	37	0	-1,60	0,0051
65	403088	12.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	47	1	2,33	2,27	0,06	0,05	38	41	-3	-4,60	-0,2155
66	403136	13.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	42	45	-3	2,38	2,30	0,08	0,07	47	43	4	2,40	0,1603
67	103096	02.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	44	0	2,32	2,29	0,03	0,02	46	44	2	0,40	0,0067
68	403756	02.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	48	-1	2,31	2,30	0,01	0,00	34	38	-4	-5,60	0,0177
69	103167	04.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,28	2,27	0,01	0,00	37	41	-4	-5,60	0,0177
70	103168	04.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,28	2,28	0,00	-0,01	37	38	-1	-2,60	0,0343
71	103169	04.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	46	0	2,29	2,29	0,00	-0,01	40	42	-2	-3,60	0,0474
72	403923	08.07.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	48	-4	2,31	2,31	0,00	-0,01	40	47	-7	-8,60	0,1132
73	202309	03.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	47	1	2,30	2,30	0,00	-0,01	47	44	3	1,40	-0,0184
74	400397	16.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	49	49	0	2,30	2,25	0,05	0,04	40	40	0	-1,60	-0,0590
75	400871	09.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	47	1	2,33	2,27	0,06	0,05	52	40	12	10,40	0,4870
76	401735	20.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	46	1	2,22	2,27	-0,05	-0,06	45	41	4	2,40	-0,1515
77	403061	11.06.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,31	2,25	0,06	0,05	39	40	-1	-2,60	-0,1219
78	100234	31.01.96	Berlin	13	8	p 35 R	46	48	-2	2,29	2,32	-0,03	-0,04	51	44	7	5,40	-0,2330
79	100235	31.01.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,30	2,30	0,00	-0,01	51	45	6	4,40	-0,0579
80	400200	06.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	48	-4	2,31	2,30	0,01	0,00	47	50	-3	-4,60	0,0148
81	400253	12.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	40	40	0	2,34	2,30	0,04	0,03	53	54	-1	-2,60	-0,0698
82	400391	15.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	43	49	-6	2,31	2,28	0,03	0,02	45	45	0	-1,60	-0,0270
83	400541	23.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	47	0	2,33	2,32	0,01	0,00	46	48	-2	-3,60	0,0114
84	400663	29.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	48	0	2,30	2,31	-0,01	-0,02	49	50	-1	-2,60	0,0603

Anhang C 12: Abhängigkeit der Festigkeit von der Dichte

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- werk Nr.	B K	Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte-			Druckfestigkeit $\beta_{W,200}$			Faktor $\Delta p \cdot \Delta \beta_{W,200}$ normiert				
							TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	Δp kg/dm ³	Δp normiert kg/dm ³	TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²		$\beta_{TBW} - \beta_{Bst.}$ N/mm ²	$\Delta \beta_{W,200}$ normiert N/mm ²		
85	400664	29.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	47	1	2,27	2,29	-0,02	-0,03	48	50	-2	-3,60	0,1195	
86	100572	13.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	44	3	2,32	2,31	0,01	0,00	46	40	6	4,40	-0,0139	
87	401038	18.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	48	-1	2,32	2,32	0,00	-0,01	53	49	4	2,40	-0,0316	
88	401092	20.03.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,35	2,33	0,02	0,01	52	43	9	7,40	0,0506	
89	401360	03.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	47	46	1	2,28	2,30	-0,02	-0,03	46	49	-3	-4,60	0,1526	
90	100959	04.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	44	46	-4	2,34	2,33	0,01	0,00	52	50	2	0,40	-0,0013	
91	101003	09.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	47	-2	2,28	2,30	-0,02	-0,03	48	44	4	2,40	-0,0795	
92	401829	24.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,29	2,33	-0,04	-0,05	43	38	5	3,40	-0,1806	
93	401833	24.04.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	48	-3	2,27	2,32	-0,05	-0,06	40	42	-2	-3,60	0,2275	
94	400257	12.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	45	47	-2	2,29	2,24	0,05	0,04	49	45	4	2,40	0,0883	
95	400659	29.02.96	Berlin	13	8	p 35 R	48	46	2	2,25	2,31	-0,06	-0,07	44	51	-7	-8,60	0,6294	
96	400873	09.03.96	Berlin	13	8	p 45 R	40	42	-2	2,31	2,26	0,05	0,04	59	46	13	11,40	0,4199	
97	403779	03.07.96	Berlin	13	8	p 35 F	52	54	-2	2,31	2,29	0,02	0,01	47	45	2	0,40	0,0027	
98	403784	03.07.96	Berlin	13	8	p 35 F	51	56	-5	2,29	2,27	0,02	0,01	47	48	-1	-2,60	-0,0178	
Mittelwerte:							46,01	47,14	-1,13	2,30	2,29	0,01	0,00	45,19	43,59	1,60	0,00	0,0276	$\sum (\Delta p_i \cdot \Delta \beta_{W,200 i}) / n$
															0,0000	$\sum \Delta p_i / n \cdot \sum \Delta \beta_{W,200 i} / n$ (Kontrolle)			

Fall 2 (aus Anhang C 2):

Bauvorhaben: n

TB-Werke: 8

Region: Chemnitz

Firma: 7

Randbedingungen:

- getrennte Herstellung der Probekörper: einmal im TBW einmal auf der Baustelle

- Elementierung des Prüfstelleneinflusses durch Normierung der Mittelwerte von Δp und $\Delta \beta_{W,200}$ auf Null

Ergebnis: Der Abminderungsfaktor wird bestätigt

Liefer- schein- Nr.	Datum	Sorte	Ort	TBW Nr.	Bau- werk Nr.	B K	Ausbreitmaß		Festbetonrohddichte-			Druckfestigkeit $\beta_{W,200}$			Faktor $\Delta p \cdot \Delta \beta_{W,200}$ normiert				
							TBW cm	Bst. cm	TBW kg/dm ³	Bst. kg/dm ³	Δp kg/dm ³	Δp normiert kg/dm ³	TBW N/mm ²	Bst. N/mm ²		$\beta_{TBW} - \beta_{Bst.}$ N/mm ²	$\Delta \beta_{W,200}$ normiert N/mm ²		
1	3216	03.09.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	52	44	8	2,39	2,25	0,14	0,08	45	46	-1	-2,50	-0,1875	
2	3416	10.09.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	46	42	4	2,40	2,33	0,07	0,00	49	48	1	-0,50	-0,0025	
3	4310	16.10.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	48	46	2	2,35	2,30	0,05	-0,01	51	46	5	3,50	-0,0525	
4	4674	29.10.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	49	44	5	2,36	2,30	0,06	0,00	52	60	-8	-9,50	0,0475	
5	5703	06.12.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	50	46	4	2,36	2,28	0,08	0,02	50	43	7	5,50	0,0825	
6	1657	26.06.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	52	45	7	2,40	2,31	0,09	0,02	48	46	2	0,50	0,0125	
7	1892	02.07.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	58	46	12	2,38	2,31	0,07	0,00	44	36	8	6,50	0,0325	
8	788	03.06.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	50	44	6	2,38	2,28	0,10	0,04	52	43	9	7,50	0,2625	
9	1018	10.06.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	50	43	7	2,32	2,32	0,00	-0,07	50	54	-4	-5,50	0,3575	
10	999	10.06.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	49	45	4	2,32	2,30	0,02	-0,05	51	49	2	0,50	-0,0225	
11	3298	06.09.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	52	45	7	2,39	2,35	0,04	-0,03	44	46	-2	-3,50	0,0875	
12	3311	06.09.96	Chemnitz	8	7	n 35 R	49	43	6	2,38	2,32	0,06	0,00	48	49	-1	-2,50	0,0125	
Mittelwerte:							50,42	44,42	6,00	2,37	2,30	0,07	0,00	48,67	47,17	1,50	0,00	0,0525	$\sum (\Delta p_i \cdot \Delta \beta_{W,200 i}) / n$
															0,0000	$\sum \Delta p_i / n \cdot \sum \Delta \beta_{W,200 i} / n$ (Kontrolle)			

Bild D1:
Mittlere Bauwerksfestigkeit \bar{f}_B in Bauwerken
(Verteilungsdichte)

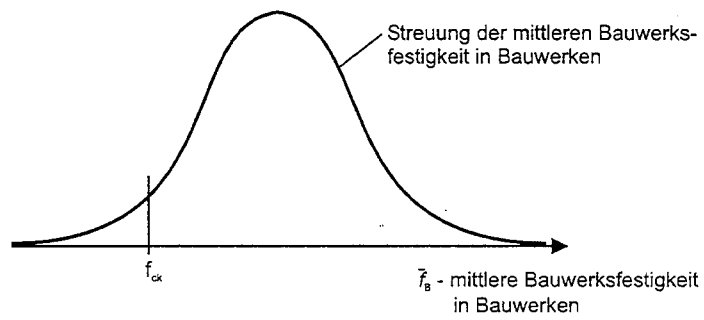


Bild D2:
Abweichung der Bauteilfestigkeit f_B innerhalb eines bestimmten
Bauwerks von der mittleren Bauwerksfestigkeit \bar{f}_B
(Verteilungsdichte)

