

Aufgaben der Eigenüberwachungs-Prüfstellen im Rahmen der Umstellung auf die neuen Betonnormen

Teil 1/4: Konformitätsnachweis von Beton nach den neuen Normen

Anfang Juni dieses Jahres wurde von der MPVA Neuwied ein Seminar „Aufgaben der Eigenüberwachungs-Prüfstellen im Rahmen der Umstellung auf die neuen Beton- und Gesteinskörnungsnormen“ veranstaltet. Die BFT wird vorbereitend und begleitend zu einem weiteren Seminar, das im November stattfinden soll, einige Aspekte herausgreifen und im Rahmen einer Serie von vier aufeinander folgenden Beiträgen diskutieren. Während in dieser Ausgabe der Konformitätsnachweis von Beton nach den neuen Normen behandelt wird, beschäftigt sich der Beitrag in Heft 09/2002 mit den Änderungen im Bereich des Prüfwesens für den Beton. Der Beitrag in Heft 10/2002 beschreibt die Änderungen des Prüfwesens im Bereich der Gesteinskörnung. Mit der Darstellung der werkseitigen Produktionskontrolle und deren Umsetzung in den Betonwerken befasst sich schließlich der letzte Beitrag in Heft 11/2002.

Einführung

Die Einführung der neuen Beton- bzw. Gesteinskörnungsnormen ist in aller Munde. Die neuen Betonnormen (DIN 1045-2 [7] und DIN EN 206-1 [8]) treten ähnlich wie die neue Gesteinskörnungsnorm (DIN 4226-1 [1]) mit ihrer Bekanntmachung in der Bauregelliste 2002/1 in Kraft. Das DIBt hat bei der Umsetzung der Betonnormen eine Übergangszeit bis zum 31. 12. 2004 festgelegt, innerhalb der Beton wahlweise nach alter oder neuer Norm verwendet werden kann. Auf Grund der Vielzahl der mit der Umsetzung der neuen Betonnormen verbundenen Anpassungen im Betonwerk sollte in jedem Fall frühzeitig mit den vorbereitenden Maßnahmen begonnen werden. Im Gegensatz zu den Betonnormen wird die neue Gesteinskörnungsnorm mit Bekanntmachung der nächsten Bauregelliste 2002/1 bauaufsichtlich ohne Übergangszeit eingeführt. In der Praxis wird sich jedoch zwangsläufig eine Übergangszeit bis Ende 2002 ergeben. Auch hier besteht dringender Handlungsbedarf.

Alle oben genannten Vorschriften beinhalten wesentliche Neuerungen, die in zahlreichen Seminarveranstaltungen und Veröffentlichungen aller Art bis heute vielfach behandelt worden sind. Die wenigsten hiervon haben sich bisher jedoch mit den konkreten Problemen der Eigenüberwachungs-Prüfstellen befasst. Gerade diese müssen sich aber kurzfristig auf gravierende Änderungen einstellen. So verlangen die neuen Normen:

- ▶ Die Anschaffung neuer Prüfnormen und Prüfgeräte
- ▶ Den Aufbau eines Handbuchs der werkseitigen Produktionskontrolle
- ▶ Die Anpassung von Rezepturen und Sortenverzeichnissen an die Anforderungen der neuen Normen
- ▶ Die Bildung von Betonfamilien und Schaffung der EDV-Voraussetzungen für die Auswertung und Verwaltung der Prüfergebnisse
- ▶ Die Festlegung von Zielwerten der Betondruckfestigkeit und

Tasks for the attestation bodies within the context of the conversion to the new concrete standards

Part 1/4: System of attestation of conformity for concrete to the new standards

At the beginning of June of this year, a seminar “Tasks for the attestation bodies responsible for factory production control within the context of the conversion of the new standards for concrete and for aggregates for concrete and mortar” was organized by the Materials and Testing Institute MPVA in Neuwied. BFT, in preparation of and to accompany a further seminar to take place in November, will highlight some aspects of the new standards and discuss them in a series of four sequential articles. While in this issue conformity attestation for concrete under the new standards is discussed, the article in issue 09/2002 will concern itself with the changes in testing procedures for concrete. The article in 10/2002 will go into the changes in testing procedures for aggregates for concrete and mortar. In the final article of this series to appear in 11/2002, the system of factory production control and its implementation in concrete plants will be described.

Introduction

The introduction of the new standards for concrete and for aggregates for concrete and mortar is a subject much discussed. The new concrete standards (DIN 1045-2 [7] and DIN EN 206-1 [8]), similar to the new standards for aggregates for concrete and mortar (DIN 4226-1 [1]), will take effect with the publishing of the German Bauregelliste (a catalog issued by the Federal Institute for Construction Technology (DIBt) 2002/1. For their implementation, the DIBt has stipulated a transitory period until 31 December 2004, during which the concrete may be used either to the old (DIN 1045 [07.88]) or the new (DIN 1045 [07.01]) standard. Given the numerous adjustments required in concrete plants to enable them to comply with the new standards, preparatory measures should soon be taken. The new standard for aggregates for concrete and mortar, other than is the case with the concrete standards, will come into force immediately, without transitory period, with the publication of the next Bauregelliste 2002/1. In practice, however, there will inevitably result a transitory period to

der Transformationsfaktoren sowie der Maßnahmen bei Nichtkonformität

► Die Schulung des Personals hinsichtlich der relevanten Inhalte der neuen Normen und der teilweise veränderten Prüfungsdurchführung.

Der vorliegende erste Teil der Serie der MPVA Neuwied soll als Leitfaden bei der Umstellung auf die neuen Normen hinsichtlich des Konformitätsnachweises von Beton dienen, wobei der Aspekt der Druckfestigkeit herausgegriffen wird.

Konformitätsnachweis für die Betondruckfestigkeit

Betonarten

Der Konformitätsnachweis muss für alle Betone nach DIN 1045-2/DIN EN 206-1 durchgeführt werden. Beim Beton nach Eigenschaften liefert der Betonhersteller dem Abnehmer einen Beton, der bestimmte Eigenschaften besitzt. Der Betonhersteller ist verantwortlich für die Einhaltung dieser Eigenschaften und hat diese im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung nachzuweisen. Dieses System entspricht dem der alten Norm: Der Kunde bestellt einen B25, das Betonwerk weist auf dem Lieferschein einen B25 aus und muss im Rahmen der werkseitigen Produktionskontrolle (Eigenüberwachung) nachweisen, dass der Beton die Anforderungen an einen B25 erfüllt.

Beim Beton nach Zusammensetzung gibt der Abnehmer im Gegensatz dazu vor, mit welchen Ausgangsstoffen und welcher Rezeptur der Beton herzustellen ist. Der Betonhersteller ist dabei nur „Lohnmischer“. Er kann die Eigenschaften dieses Betons nicht beeinflussen, da er die Rezeptur vorgegeben bekommt. Dementsprechend ist er für die Eigenschaften dieses Betons auch nicht verantwortlich. Die Eigenüberwachung des Betonherstellers beschränkt sich auf die Kontrolle der vorgegebenen Zusammensetzung des Betons. Die Bestimmung bzw. der Nachweis einer bestimmten Betondruckfestigkeit gehört in diesem Fall nicht zu seinen Aufgaben.

Beton nach Eigenschaften

Bevor die einzelnen Methoden zur Auswertung z. B. der Betondruckfestigkeit nach den neuen Betonnormen behandelt werden, müssen einige wesentliche Punkte zur Probenahme und Prüfungsdurchführung angesprochen werden.

Die Betonproben müssen zufällig ausgewählt und gleichmäßig über die Produktion verteilt entnommen werden. Eine „gezielte Probenahme“ ist auf Grund der statistischen Grundlagen des Auswerteverfahrens nicht – auch nicht am oberen Rand der Konsistenzklasse – zulässig. Erfolgt eine Auswertung über eine Betonfamilie (siehe folgende Abschnitte), so muss die Probenahme sich über den gesamten Bereich der Betonfamilie erstrecken. In der Praxis haben diese Vorgaben auf Grund des Zufallsprinzips zur Folge, dass der am häufigsten produzierte Beton auch am häufigsten beprobt wird.

Die Proben dürfen im Werk entnommen werden, sofern sichergestellt ist, dass sich die maßgebenden Betoneigenschaften und die Betonzusammensetzung zwischen dem Ort der Probenahme und dem Ort der Übergabe nicht wesentlich ändern. Prüfkörper für Betone, denen auf der Baustelle z. B. Fließmittel zugegeben werden, sind weiterhin grundsätzlich auf der Baustelle zu entnehmen.

Wie in der Vergangenheit darf pro Fahrzeug jeweils nur ein Prüfergebn zur Auswertung der Druckfestigkeit herangezogen werden. Werden mehrere Proben aus einem Fahrzeug entnommen, so ist der Mittelwert der Druckfestigkeiten dieser Proben für die weitere Auswertung heranzuziehen.

Prüfungsdurchführung

Die alte DIN 1045 [3] definiert die Festigkeitsklassen für Normalbeton in Tabelle 1 durch die Nenn- und Serienfestigkeit von Würfeln mit einer Kantenlänge von 200 mm, die sieben Tage unter Wasser und anschließend bis zur Prüfung (in der Regel nach 28 Tagen) an der Luft gelagert werden.

In DIN 1045-2/DIN EN 206-1 werden die Druckfestigkeitsklas-

sen am Ende des Jahres 2002. Hier, too, there is an urgent need for action. All of the above standards contain essential changes, which have been discussed in numerous seminars and publications of all kind. However, only a few of them have gone into the concrete problems facing the attestations bodies responsible for factory production control. These, however, must adjust to far-reaching changes in the short term. The new standards require, inter alia:

- Acquiring new standards and testing equipment
- Building up a new manual on factory production control
- Adjustment of mix designs and mix lists
- Formation of concrete families and creation of the computer environment needed for evaluating and managing the test results
- Determining the target values for the compressive strength of concrete and transformation factors as well as measures for non-conformance
- Training the personnel with regard to the relevant contents of the new standards and the partially changed testing procedure.

The first part of the MPVA Neuwied series is to serve as a guideline on the conversion to the new standards with regard to conformity attestation, using the aspects of compressive strength as an example.

Conformity attestation for the compressive strength of concrete

Types of concrete

Conformity attestation is required for all types of concrete to DIN 1045-2/DIN EN 206-1. For concrete classified by its properties, the concrete manufacturer delivers to the user a concrete with specific properties. The concrete manufacturer is responsible for adherence to these properties and must demonstrate compliance to that effect within the scope of factory production control and external control. This system corresponds to the old standard: The customer orders a concrete of grade B25, the concrete producer lists the concrete in the delivery slip as being of grade B25 and demonstrates under the factory production control (in-house quality control) system that the concrete meets the requirements of a concrete of grade B25.

When a concrete is specified by its composition, the customer will specify with which constituent materials and mix composition the concrete is to be manufactured. In this case, the concrete manufacturer is only a “hired mixer.” He cannot influence the properties of this concrete as the mix composition has been specified. Accordingly, he is also not responsible for the properties of this concrete. The concrete manufacturer’s factory production control is restricted to the control of the specified composition of the concrete. The specification or attestation of conformity to a specific compressive strength is in this case not the responsibility of the concrete producer.

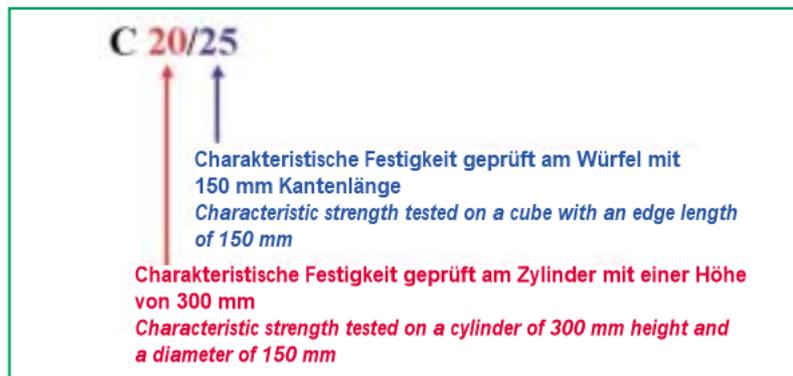
Concrete specified by properties

Before turning to the various methods for evaluating, e.g., the compressive strength of the concrete to the new concrete standards, a number of significant issues relating to sampling and testing shall be addressed.

The concrete samples must be taken at random and uniformly distributed over the production. “Selective sampling” is not permissible due to the statistical bases of the evaluation method – also not for the upper edge of a consistence class. If an evaluation is made by concrete family (see the following chapters), the sampling must cover the entire range of the concrete family. In practice, owing to the principle of random sampling, these provisions result in the most frequently manufactured concrete to be subjected to the most frequent sampling.

Sampling can take place in the plant when the assurance is given that the authoritative concrete properties and concrete

Bild 1. Prüfkörper für die Bestimmung der Betondruckfestigkeit
Fig. 1. Test specimens for determining the compressive strength of concrete



sen dagegen mittels der Konformitätskriterien definiert, die sich auf

- ▶ Betonzylinder mit einer Höhe von 300 mm und einem Durchmesser von 150 mm oder
 - ▶ Betonwürfel mit einer Kantenlänge von 150 mm
- beziehen, die bis zur Prüfung unter Wasser gelagert werden. Eine Abminderung der Druckfestigkeit eines 150-mm-Würfels auf die Werte eines 200-mm-Würfels ist dementsprechend nicht mehr erforderlich. Die Druckfestigkeitsklasse wird dabei wie in **Bild 1** beschrieben formuliert.

Als Alternativverfahren dürfen auch Würfel mit einer Kantenlänge von 150 mm geprüft werden, die gemäß den Vorgaben der DIN 1048-5 [4] sieben Tage unter Wasser und anschließend bis zur Prüfung an der Luft gelagert wurden. In diesem Fall ist die Druckfestigkeit wegen der veränderten Lagerungsbedingungen um den Faktor 0,92 (Umrechnung auf die Wasserlagerung) abzumindern. Bei gleichen Ausgangsbedingungen (Kantenlänge, Lagerungsbedingungen usw.) wäre die Druckfestigkeit nach der „alten“ DIN 1045 mit dem Faktor 0,95 (Umrechnung auf den Referenzprüfkörper mit 200 mm Kantenlänge) abgemindert worden. Beim Vergleich der Berechnungen liegt dementsprechend eine um ca. 3% verringerte Druckfestigkeit vor, was bei einem B25 nach der alten

composition do not significantly change between the sampling site and the site on which they are handed over. Concrete samples to which e.g. a plasticizer has been added on the construction site must now as before always be taken on the construction site.

As has been the case in the past, always only one test result per vehicle may be used for evaluating the compressive strength. If several samples are taken from one vehicle, the average value of the compressive strength of these samples must be used for evaluation.

Test procedure

The old DIN 1045 [3] defines the strength classes for normal concrete in Table 1 by nominal and series strength of cubes with an edge length of 200 mm, stored for seven days in water and subsequently stored in the open air (as a rule for 28 days) until testing.

In DIN 1045-2/DIN EN 206-1, the compressive strength classes are defined by conformity criteria related to

- ▶ concrete cylinders of 300 mm height and 150 mm diameter or
 - ▶ concrete cubes with an edge length of 150 mm
- stored in water until testing. Therefore, a deduction from the compressive strength of a 150mm cube to the values of a 200 mm cube is no longer required. The compressive concrete strength is in this case formulated as described in **Figure 1**.

As an alternative method, cubes with an edge length of 150 mm which, pursuant to DIN 1048-5 [4] were stored in water for seven days and subsequently stored in the open air until testing, may also be tested. In this case, the compressive strength, due to the different storage conditions, must be reduced by a factor of 0.92 (conversion to water storage). All initial conditions being equal (edge length, storage conditions etc.), the compressive strength according to the "old" DIN 1045, would have had to be reduced by a factor of 0.95 (conversion to the reference sample of 200mm edge length). A comparison of the calculations would therefore show a compressive strength reduced by approx. 3%, which for a concrete of grade B25 to the old standard would correspond to approx. 1 N/mm² (see also **Table 1**).

Using a conversion factor of 0.92, a number of other points must also be considered:

- ▶ The factor of 0.92 in a stricter sense should only be applied to Portland cements. For slower cements, e.g. blast furnace cements (in particular CEM III/B), the factor is too far on the safe side. Manufacturers who would like to use a for them more favorable (meaning higher) factor than 0.92, are required to provide evidence to that effect.
- ▶ The factor of 0.92 should actually only be used for a test age of 28 days. At a test age of 7 days, a factor of e.g. 1.0 should be used, as for this case both methods specify water storage for 7 days.
- ▶ For lightweight aggregate concrete, there exists no conversion factor to storage to DIN 1048-5 [4]. The concrete standards, with regard to reduction due to storage conditions, expressly refer to "normal concrete." Application of this factors to lightweight aggregate concrete is not provided for.

Concrete family

The new concrete standards offer two possibilities for conformity attestation of the compressive strength, i.e.

- ▶ individually for every concrete or
 - ▶ for entire groups of concrete, the so-called "concrete families"
- In the new concrete standard, the term "concrete family" is for the first time normatively defined as

a group of concrete compositions for which a reliable relationship between relevant properties is established and documented.

The meaning of this provision is best illustrated on the following example:

Norm etwa 1 N/mm² entspricht (siehe hierzu auch **Tabelle 1**). Bei Verwendung des Umrechnungsfaktors von 0,92 sind darüber hinaus noch einige Punkte zu beachten:

- ▶ Der Faktor von 0,92 ist im strengeren Sinne nur auf Portlandzemente anzuwenden. Bei langsamen Zementen, wie z. B. Hochofenzementen (besonders beim CEM III/B), ist der Faktor zu sehr auf der sicheren Seite. Hersteller, die einen für sich günstigeren (heißt größeren) Faktor als 0,92 nutzen wollen, müssen einen entsprechenden Nachweis erbringen.
- ▶ Der Faktor von 0,92 ist eigentlich nur auf das Prüfalter von 28 Tagen anzuwenden. Bei einem Prüfalter von 7 Tagen müsste der Faktor z. B. 1,0 betragen, da in diesem Falle beide Verfahren eine 7-tägige Wasserlagerung vorsehen.
- ▶ Für Leichtbeton existiert kein Faktor für die Umrechnung auf die Lagerung nach DIN 1048-5 [4]. Die Betonnormen sprechen bezüglich der Abminderung auf Grund der Lagerungsbe-

Tabelle 1: Druckfestigkeiten nach DIN 1045 (07.88) und dem DIN Fachbericht
Table 1: Compressive strengths to the DIN 1045 (07.88) and to the DIN Fachbericht

Bemerkungen Notes	Druckfestigkeit Compressive strength	
	DIN 1045 (07.88) DIN 1045 (07.88)	DIN 1045-2 (07.01) DIN 1045-2 (07.01)
Bruchlast = 720 kN Ultimate load	$b_w = \frac{720 \text{ kN}}{22.500 \text{ mm}^2} \cdot 0,95$	$b_w = \frac{720 \text{ kN}}{22.500 \text{ mm}^2} \cdot 0,92$
Würfelkantenlänge = 150 mm Cube edge length = 150 mm	30.4 N/mm²	29.4 N/mm²

dingungen ausdrücklich von „Normalbeton“. Eine Anwendung dieses Faktors auf Leichtbeton ist nicht vorgesehen.

Betonfamilie

Die neuen Betonnormen bieten die Möglichkeit des Konformitätsnachweises der Druckfestigkeit

- ▶ für jeden Beton einzeln oder
 - ▶ für ganze Gruppen von Betonen, den sog. „Betonfamilien“.
- Der Begriff der Betonfamilie wird mit der neuen Betonnorm erstmals normativ definiert. Wörtlich lautet die Definition:

Unter einer Betonfamilie wird eine Gruppe von Betonzusammensetzungen verstanden, für die ein verlässlicher Zusammenhang zwischen maßgebenden Eigenschaften festgelegt und dokumentiert ist.

Folgendes Beispiel soll die schwer verständliche Bestimmung erläutern:

Zwei vergleichbare Mittelklasse-Kfz fahren dieselbe 1.000-km-Teststrecke: PKW A verbraucht durchschnittlich acht Liter Normalbenzin auf 100 km, PKW B benötigt hingegen neun Liter.

In diesem Beispiel liegt ein verlässlicher Zusammenhang (Mittelwert über eine 1.000-km-Teststrecke) vor. Vorausgesetzt, dass beide PKW unter denselben Bedingungen fahren, ist davon auszugehen, dass PKW A auch den nächsten Testlauf kraftstoffsparender absolviert.

Ähnlich verhält es sich beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestigkeit über Betonfamilien. So werden in den neuen Betonnormen Bedingungen definiert, die erfüllt sein müssen, damit der „verlässliche Zusammenhang“ als gegeben angenommen werden kann. In Anwendung des Beispiels hieße dies, dass natürlich beide PKW auf derselben Strecke, unter denselben Witterungsbedingungen usw. fahren. Die normativen Bedingungen für die Bildung von Betonfamilien sind u. a. nachfolgend aufgeführt:

- ▶ Verwendung von Zementen gleicher Art, Festigkeitsklasse und Herkunft
- ▶ Gesteinskörnungen gleicher geologischer Herkunft
- ▶ Betone sowohl mit als auch ohne Wasser reduzierende/verflüssigende Zusatzmittel sowie
- ▶ Gesamter Bereich der Konsistenzklassen.

Separate Betonfamilien sind zu bilden bei

- ▶ Betonen mit Zusatzstoffen des Typs II wie z. B. Steinkohlenflugaschen
- ▶ Betonen mit Zusatzmitteln, die Auswirkungen auf die Betondruckfestigkeit haben, zum Beispiel hochwirksame Wasser reduzierende/verflüssigende Zusatzmittel, Beschleuniger, Verzögerer oder Luftporenbildner.

Grundsätzlich liegt bei dem System der Betonfamilienauswertung die Annahme zu Grunde, dass qualitativ minderwertige Ausgangsstoffe zu Festigkeitsverlusten bei allen daraus hergestellten Betonen führen. Sinkt die Qualität z. B. eines Zementes, so ist zu erwarten, dass die Druckfestigkeit aller mit diesem Zement hergestellten Betone ebenfalls sinkt. Hieraus ist abzuleiten, dass der Wechsel von Ausgangsstoffen (zum Beispiel des Zementes) zur Bildung einer neuen Betonfamilie führen muss.

Prüfhäufigkeit

Nach den neuen Betonnormen sind die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Prüfhäufigkeiten für die Bestimmung der Betondruckfestigkeit einzuhalten.

In **Tabelle 2** fallen zunächst die neuen Begrifflichkeiten „Erstherstellung“ und „stetige Herstellung“ auf.

Die Erstherstellung ist definiert als der Zeitraum vom Produktionsbeginn bis zum Erreichen von 35 Prüfergebnissen.

Diese 35 Prüfergebnisse müssen innerhalb einer Spanne von

Two comparable middle-class cars travel the same test distance of 1,000 km: Car A consumes on the average 8 liters of standard gasoline, car B requires 9 liters.

This example shows a reliable relationship (mean value over a test distance of 1,000 km). Assuming that both cars drive under the same conditions, it can be assumed that car A will consume less gasoline also in the next test run.

Attestation of conformity of concrete strength by concrete family is much the same. In the new concrete standards, the requirements that must be met so that a "reliable relationship" can be assumed to have been established are defined. Applying the above example this would mean that both cars would, of course, travel the same distance, under identical weather conditions etc. Among the normative requirements for forming concrete families are the following:

- ▶ Use of cements of the same kind, strength class and origin
- ▶ Aggregates of the same geological origin
- ▶ Concretes both with and without water-reducing or plasticizing admixtures as well as the
- ▶ entire range of consistence classes.

Separate concrete families must be formed for

- ▶ Concretes containing additives of type II, e.g. fly ashes
- ▶ Concretes containing additives affecting the compressive strength of concrete, e.g. highly effective water-reducing/plasticizing admixtures, accelerators, retarders or air-entraining agents.

The system of evaluation by concrete families is based on the assumption that constituent materials of lesser quality lead to a reduction of strength in all concretes manufactured with them. A lower quality cement, e.g., must be expected to result in a diminishment of the compressive strength of all concretes manufactured with such a cement. From this it can be deduced that a switch to another constituent material (e.g. cement) must lead to the formation of a new concrete family.

Test frequency

The new concrete standards require adherence to test frequencies listed in the following table for determining the compressive concrete strength:

Table 2 lists two new terms: "Initial production" and "continuous production."

Initial production is defined as the period of time from initial production to achievement of 35 test results.

These 35 test results would have to be obtained within a period of at the most one year, otherwise the manufacturer will remain under the regime of initial production.

When the manufacturer has submitted evidence to the effect that more than 35 test results were obtained within one year, testing under continuous production can be started.

The number of 35 test results, depending on the evaluation procedure, refers to the individual concrete (mix) or the concrete family. Proof of 35 test results for every concrete or concrete family is to be submitted separately. Accordingly, a manufacturer who with concrete family A has passed on to continuous production, may not automatically switch to continuous production also with all other concrete families.

When a manufacturer satisfies the requirements of continuous production, he is assumed to be sufficiently experienced with the concrete mix designs of the respective concrete family. This "sufficient experience" is honored by allowing him to reduce in half the test frequency.

Looking at the test frequency it becomes apparent that continuous production requires a test cube to be manufactured "only" every 400 m³ (small series) – clearly less than what was

maximal einem Jahr anfallen, ansonsten verbleibt der Hersteller in der Erstherstellung.

Kann der Hersteller nachweisen, dass er mehr als 35 Prüfergebnisse innerhalb eines Jahres ermittelt hat, darf er in die stetige Herstellung übergehen.

Die Anzahl von 35 Prüfergebnissen bezieht sich je nach Auswerteverfahren auf den einzelnen Beton (die Sorte) oder die Betonfamilie. Der Nachweis der 35 Prüfergebnisse ist für jeden Beton bzw. jede Betonfamilie gesondert zu erbringen. Das bedeutet, dass ein Hersteller, der mit der Betonfamilie A in die stetige Herstellung übergeht, nicht automatisch mit allen anderen Betonfamilien ebenfalls in die stetige Herstellung überwechseln darf.

Erfüllt ein Hersteller die Anforderungen der stetigen Herstellung, so wird davon ausgegangen, dass er ausreichende Erfahrungen mit den Rezepturen der entsprechenden Betonfamilie hat. Diese „ausreichende Erfahrung“ wird ihm mit einer Halbierung der Prüfhäufigkeit honoriert.

Bei der Betrachtung der Prüfhäufigkeit fällt weiterhin auf, dass im Rahmen der stetigen Herstellung „nur“ alle 400 m³ ein Probewürfel (keine Serie) herzustellen ist. Das ist deutlich weniger, als nach der alten Norm z. B. für B-II-Betone erforderlich war. Dies hat zu der Annahme geführt, dass in Zukunft viel weniger geprüft werden wird, als bisher. Hierbei ist jedoch übersehen worden, dass in der Tabelle auch steht „oder 1/Produktionswoche“. Dazu ein Beispiel:

Ein Betonwerk produziert im Rahmen der stetigen Herstellung bei 50 Produktionswochen 20.000 m³ Beton pro Jahr. Von den 50 Produktionswochen wird in 40 Produktionswochen ein Beton aus der Familie A in einer Menge von 8.000 m³ hergestellt. Für die Anzahl der erforderlichen Probewürfel ergibt sich hieraus folgendes:

$$\text{Mengenregel: „400-m}^3\text{-Regel“} = \frac{8.000}{400} = 20 \text{ Würfel}$$

$$\text{Wochenregel: } 40 \text{ Produktionswochen} = 40 \text{ Würfel}$$

Da der Grundsatz beibehalten wird, dass das Verfahren anzuwenden ist, das die größere Prüfhäufigkeit ergibt, sind im o. a. Beispiel gemäß der Wochenregel in dem betrachteten Zeitraum 40 Probewürfel dieser Betonfamilie herzustellen. Die Kubikmeterregel käme erst bei Überschreitung von 40 x 400 m³, also bei mehr als 16.000 m³ Beton der Betonfamilie A pro Jahr, zur Anwendung.

Bezüglich der Prüfhäufigkeit sei auf die Auswertung von Herrn Dr.-Ing. Ulrich Wöhl, der im Abschnitt 7 der Veröffentlichung des Bundesverbandes Transportbeton [6] anhand einiger Beispiele ausführte, dass die Prüfhäufigkeit nach der neuen Norm stark von der Produktionsmenge des Werkes sowie der Zusammenstellung der Betonfamilien abhängt. Bei kleinen Werken und einer Auswertung der einzelnen Sorten kann nach den neuen Betonnormen durchaus eine Verdoppelung der Prüfhäufigkeit im Vergleich zur Überwachungspraxis nach der alten Norm resultieren. Bei maximaler Betonfamilienbildung und großen Betonwerken ist im Gegensatz dazu eine merkliche Reduzierung der Prüfhäufigkeit möglich.

Somit ist festzustellen, dass die Betonhersteller aus Gründen der Prüfhäufigkeit über die Bildung von möglichst großen Betonfamilien nachdenken müssen. Gerade bei der Auswertung selten produzierter Betone sollte die Zusammenfassung in Betonfamilien intensiv geprüft werden, da bei der Betonfamilie im Rahmen der Erstherstellung „nur“ zwei Würfel pro Woche und Betonfamilie zu entnehmen sind. Werden die Betone einzeln ausgewertet, müsste jeder produzierte Beton 2-mal pro Produktionswoche beprobt werden.

Tabelle 2: Prüfhäufigkeit nach dem DIN Fachbericht
Table 2: Test frequency to the DIN Fachbericht

	Mindestprüfhäufigkeit Minimum test frequency	
	Erste 50 m ³ Initial 50 m ³	Mehr als 50 m ³ Over 50 m ³
Erstherstellung (≤ 35 Prüfergebnisse) Initial production (≤ 35 test results)	3 Proben 3 samples	1/200 m ³ oder 2/Produktions- woche or 2/production week
Stetige Herstellung (> 35 Prüfergebnisse) Continuous production (> 35 test results)	–	1/400 m ³ oder 1/Produktionswoche or 1/production week

required under the old standard, e.g. for B II concretes. This has led to the erroneous assumption that in future less testing will be required than before, overlooking the fact that the table also specifies "or 1/production week." On this, an example:

A concrete plant manufactures under the continuous production system in 50 production weeks 20,000 m³ concrete per year. During 40 of the 50 production weeks, 8,000 m³ of a concrete of family A is manufactured. In this case, the following number of test cubes need to be manufactured:

$$\text{Quantity rule: "400 m}^3\text{ rule" = } \frac{8.000}{400} = 20 \text{ cubes}$$

$$\text{Weekly rule: } 40 \text{ production weeks} = 40 \text{ cubes}$$

Following the principle that the procedure resulting in the higher test frequency is to be applied, for the above example, based on the weekly rule, 40 test cubes of this concrete family must be manufactured. The cubic meter rule would here only apply when exceeding 40 x 400 m³, i.e. when more than 16,000 m³ concrete of concrete family A are manufactured per year.

With regard to the test frequency, reference is made to the evaluation done by Dr.-Ing. Ulrich Wöhl, who in section 7 of the publication of the Federal Ready-mix Concrete Association [6] demonstrated that the test frequency based on the new standard is highly dependent on a plant's weekly production output and the mix composition of the concrete families. In small plants, and when evaluating individual mixes, the number of test frequencies required under the new standard may well result in double the number required under the control system of the old standard. While in large concrete plants and where a maximum number of concrete families is formed, a noticeable reduction in test frequency can be achieved.

Accordingly, concrete manufacturers, in consideration of the test frequency, may want to think about forming as large concrete families as possible. In particular with regard to the evaluation of rarely manufactured concretes, the possibility to form concrete families should be intensively looked into, as for the concrete family, within the scope of initial production, "only" two cubes per week and concrete family must be sampled. When all concretes are individually evaluated, every concrete manufactured would have to be sampled twice in every production week.

Transformations methods

As has been explained above, certain requirements must be met for concretes (also of different strength classes) to be gathered into concrete families. To enable a common evaluation of different strength classes within a concrete family, a

Transformationsmethoden

Wie oben ausgeführt gibt es Voraussetzungen, die eingehalten werden müssen, damit Betone (auch unterschiedlicher Festigkeitsklassen) in einer Betonfamilie zusammengefasst werden dürfen. Damit eine gemeinsame Auswertung unterschiedlicher Betonfestigkeitsklassen in einer Betonfamilie möglich ist, müssen jedoch zuerst ein „Referenzbeton“ definiert und die „Zielfestigkeit“ der Betone festgelegt werden.

Als Referenzbeton soll der am häufigsten produzierte Beton der Familie oder ein Beton aus dem Mittelfeld der Familie (hinsichtlich der Betondruckfestigkeit) ausgewählt werden.

Bei der Festlegung der Zielfestigkeit sollte die geplante mittlere Druckfestigkeit des jeweiligen Betons verwendet werden. Liegen bereits Erfahrungen mit den Betondruckfestigkeiten des betreffenden Betons vor, sollte der Mittelwert der Ergebnisse der Güteprüfung dieses Betons verwendet werden.

Den meisten Veröffentlichungen zu diesem Thema ist zu entnehmen, dass die Prüfergebnisse der Erstprüfung zur Festlegung der Zielfestigkeit eingesetzt werden sollen. Hiervon ist aber dringend abzuraten. In der Regel liegen die Druckfestigkeiten der Erstprüfungen (hierbei handelt es sich um im Labor unter idealen Bedingungen hergestellte Betone) höher als die Druckfestigkeiten im Rahmen der Güteprüfung, sodass dies zu einer Verfälschung der „transformierten Druckfestigkeiten“ führen würde.

Nachdem die Hürden der Begriffsdefinitionen nunmehr genommen sind, kann mit der Beschreibung der eigentlichen „Transformationsverfahren“ begonnen werden. Der CEN-Bericht über Betonfamilien [5] stellt Methoden dar, mit denen die Druckfestigkeiten von Betonfamilienmitgliedern transformiert werden können. Bei den hier beschriebenen Verfahren handelt es sich um die Druckfestigkeitsdifferenz, den Druckfestigkeitsfaktor und die w/z-Wert-Methode.

Die w/z-Wert-Methode ist nach den bisherigen Erfahrungen ein in der Praxis nicht anwendbares Verfahren, da das Verfahren zu kompliziert ist und kein angemessenes Verhältnis Aufwand/Nutzen besteht.

Das Verfahren der Druckfestigkeitsdifferenz geht davon aus, dass die Differenz der Betondruckfestigkeiten zweier Betone – für die ein verlässlicher Zusammenhang zwischen den Druckfestigkeiten besteht – konstant ist. Das Berechnungsverfahren für die Differenzmethode ist in **Bild 2** dargestellt:

Die Annahme der Differenzmethode besagt also, dass die Betondruckfestigkeit der Sorte 1 im Beispiel aus **Bild 2** um 10,5 N/mm² höher als die der Referenzsorte ist (siehe Schritt 2). Aus der im Rahmen der Güteprüfung ermittelten Druckfestigkeit der Sorte 1 von 40,0 N/mm² und der konstanten Druckfestigkeitsdifferenz ergibt sich damit eine „transformierte Druckfestigkeit“ von 29,5 N/mm² (siehe Schritt 4). Diese wird für die weitere Auswertung im Rahmen der Konformitätskriterien verwendet (siehe nachfolgender Abschnitt).

Auf einem ähnlichen Prinzip basiert die Faktormethode, nur dass hier nicht die Differenz, sondern der Quotient der Zielfestigkeiten für die weitere Auswertung zu Grunde gelegt wird. Diese Methode ist nachfolgend beispielhaft in **Bild 3** dargestellt. Bei der Transformation über den Druckfestigkeitsfaktor geht man somit davon aus, dass die Druckfestigkeit der Referenzsorte im oben aufgeführten Beispiel 76% der Druckfestigkeit der Sorte 1 beträgt (siehe Schritt 2). Aus der im Rahmen der Güteprüfung ermittelten Druckfestigkeit der Sorte 1 von 40,0 N/mm² und dem konstanten Druckfestigkeitsfaktor ergibt sich somit eine „transformierte Druckfestigkeit“ von 30,4 N/mm² (siehe Schritt 4) (gerundet 30,5 N/mm²). Diese wird dann für die weitere Auswertung im Rahmen der Konformitätskriterien verwendet (siehe nachfolgender Abschnitt).

Auffällig ist, dass die transformierten Druckfestigkeiten der oben genannten Verfahren im Einzelfall nicht identisch sind (29,5 N/mm² im Vergleich zu 30,4 N/mm²). Hieraus ist aber keineswegs abzuleiten, dass der Druckfestigkeitsfaktor grund-

„reference concrete“ has first to be defined and the “target strength“ of the concretes established.

As reference concrete, the concrete of a family most frequently produced or a concrete from the family's mean range (in terms of the compressive strength) should be chosen.

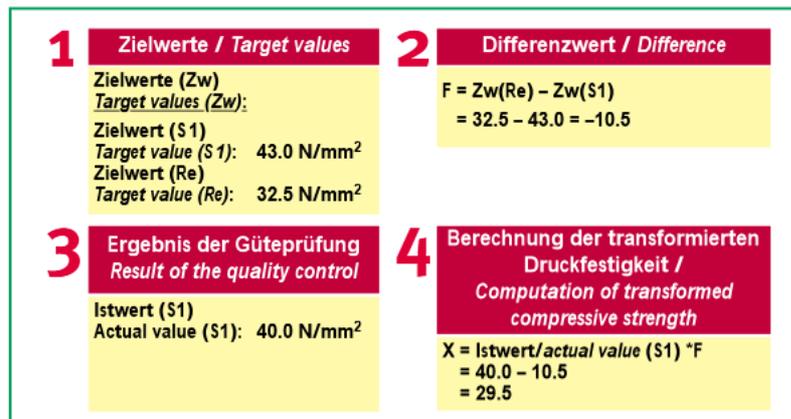
In establishing the target strength, the projected mean compressive strength of the respective concrete should be used. Where experiences have already been gained with the compressive strengths of the concrete under consideration, the mean value of the result of the quality test for this concrete should be used.

Most publications on this subject seem to favor using the test results of initial type-testing for establishing the target strength. This is not recommended. As a rule, the compressive of strengths achieved with initial type-testing (these are performed on concrete manufactured in the laboratory under ideal conditions) are higher than the compressive strengths obtained by way of quality testing and could therefore lead to a distortion of the “transformed compressive strengths.”

Now that the hurdle of the definition of terms has been taken, a description of the actual “transformation procedure“ can follow. The CEN report on the application of the principle of concrete families to production and conformity control [5] offers possible methods for transforming the compressive strengths of members of the concrete family. The methods described in the report make use of the difference in compressive strengths, the compressive strength factor and the w/c ratio.

The w/c-ratio method, as experience has shown, is so far not suitable for practical application, being far too complex and

Bild 2. Differenzmethode
Fig. 2. Method considering the differences in compressive strengths



for lack of a reasonable cost/benefit ratio.

The method based on the difference in compressive strengths assumes that the difference in the compressive strengths of two concretes – for which a reliable relationship has been established – is constant. This computation method is presented in **Figure 2**.

Bild 3. Faktormethode
Fig. 3. Factor method

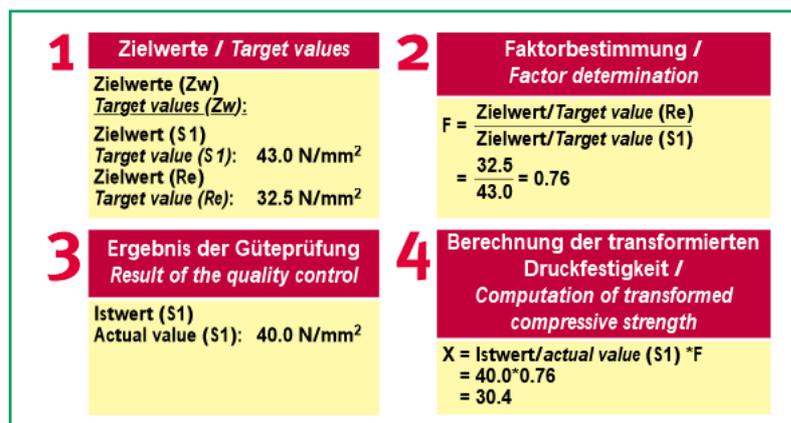


Tabelle 3: Konformitätsnachweis für die Druckfestigkeit
Table 3: Conformity attestation for compressive strength

	Größe der Auswertungseinheit No. of evaluation units	Kriterium 1 Criterion 1 Mittelwert von n Druckfestigkeiten Mean value of n compressive strengths [N/mm ²]	Kriterium 2 Criterion 2 Kleinster Einzelwert Smallest individual value [N/mm ²]
Erstherstellung Initial production	3	$> f_{ck} + 4$	$> f_{ck} - 4$
Stetige Herstellung Continuous production	15	$> f_{ck} + 1,48 \times s_{35}$	$> f_{ck} - 4$

sätzlich „günstigere“ Werte als die Druckfestigkeitsdifferenz liefert. Vielmehr ist im Einzelfall teilweise die eine und teilweise die andere Methode günstiger. Bei einer ausreichend großen Anzahl von Werten sollte insgesamt keines der Verfahren günstigere/ungünstigere Werte liefern.

Konformitätskriterien

Im Rahmen des Konformitätsnachweises der Betondruckfestigkeit sind die Anforderungen der nachfolgend aufgeführten Kriterien zu erfüllen:

- Kriterium 1: Die Anforderung an den Mittelwert einer 3er-Serie bzw. das 5%-Quantil der Betonfamilie bzw. Betonsorte;
 - Kriterium 2: Die Anforderung an den kleinsten Einzelwert;
 - Kriterium 3: Die Anforderung an den Mittelwert eines Betons in einer Betonfamilie.
- Anmerkung: Das Kriterium 1 ist somit grundsätzlich mit der Mittelwertanforderung bzw. der statistischen Auswertung der DIN 1045 (07.88) und das Kriterium 2 mit der Anforderung an die dort definierte Nennfestigkeit (wenn auch nicht von den Zahlenwerten her) vergleichbar. Bei dem Kriterium 3 handelt es sich um eine völlig neue Anforderung.

Die diesbezüglichen Anforderungen sind in den **Tabellen 3** und **4** zusammengestellt.

Bezüglich des Kriteriums 2 (Einzelwertkriterium) muss ein C 20/25 gemäß DIN 1045-2 eine Druckfestigkeit von $f_{ck} - 4 = (25 - 4) \text{ N/mm}^2$ also 21 N/mm^2 besitzen. f_{ck} ist hierbei die sog. charakteristische Druckfestigkeit. Nach der „alten“ DIN 1045 muss ein vergleichbarer B25 als kleinsten Einzelwert mindestens die Nennfestigkeit, also 25 N/mm^2 besitzen. Diesbezüglich ist dementsprechend festzuhalten, dass die DIN 1045-2 deutlich geringere Anforderungen an den kleinsten Einzelwert stellt als die alte DIN 1045. Die Begründung hierfür besteht darin, dass gemäß dem statistischen Ansatz, der dem

The method making use of the differences in compressive strengths thus assumes that the compressive strength of a concrete of mix composition 1, in the example from Figure 2, is 10.5 N/mm^2 times higher than the reference mix (see step 2). Based on the compressive strength of 40.0 N/mm^2 established for mix 1 within the scope of quality testing, there results a "transformed compressive strength" of 29.5 N/mm^2 (see step 4). This value is then used for further evaluation within the scope of conformity criteria (see following chapter).

The factor method is based on a similar principle, only that here not the differences in compressive strengths are made use of for further evaluation, but the quotient of the target strengths. An example of this method is given in **Figure 3**.

When transforming the compressive strength factor it is thus assumed that the compressive strength of the reference mix in the above-cited example is 76% of the compressive strength of mix (see step 2). Based on the compressive strength of 40.0 N/mm^2 established for mix 1 by way of quality assurance and the constant compressive strength factor there thus results a „transformed compressive strength“ of 30.4 N/mm^2 (see step 4) (rounded to 30.5 N/mm^2). This value is then used for further evaluation within the scope of conformity criteria (see following chapter).

It is evident that the transformed compressive strengths obtained by the above-described method are not identical when applied individually (29.5 N/mm^2 compared to 30.4 N/mm^2). This, however, by no means infers that the compressive strength factor will always provide "more favorable" values than those derived from the difference in compressive strengths. On a case-to-case basis, partly one and partly the other method will be more favorable. When a sufficient number of values is available, none of the methods should as a whole result in more favorable/less favorable values.

Conformity criteria

Within the scope of conformity attestation of the compressive strength of concrete, the following requirements would have to be met:

- Criterion 1: The requirement on the mean value of a series of 6, or the 5% quantile of the concrete family or concrete mix
 - Criterion 2: The requirement made on the smallest single value
 - Criterion 3: The requirement made on the mean value of a concrete of a concrete family.
- Note: Criterion 1 is therefore basically comparable to the mean value requirement resp. the statistical evaluation, and criterion 2 to the nominal strength (if not with regard to the numerical values). Criterion 3 is a totally new requirement.

The requirements listed above are summarized in **Tables 3** and **4**. As regards criterion 2 (single value criterion), a C 20/25 to DIN 1045-2 should have a compressive strength of $f_{ck} - 4 = (25 - 4) \text{ N/mm}^2$, in other words 21 N/mm^2 . f_{ck} is here the so-called characteristic compressive strength. According to the "old" DIN 1045, the smallest single value of a comparable B 25 should attain at least the nominal strength, i.e. 25 N/mm^2 . In this regard it is here noted that the requirements of DIN 1045-2 on the smallest single value are clearly less than those specified in the old DIN 1045. The reason for this is that in accordance with the statistical approach, on which criterion 1 is based for continuous production, 5% of the compressive strength values fall below the characteristic (under the old norm nominal) strength when the requirement on the mean value is just met (i.e. when a C 20/25 has a mean compressive strength of 29 N/mm^2).

Based on criterion 1, within the scope of initial production (mean value criterion), a C 20/25 (corresponding to a B 25 in

Tabelle 4: Mittelwertanforderung an jeden einzelnen Beton einer Betonfamilie
Table 4: Mean value required of every single concrete of a concrete family

Anzahl der Prüfergebnisse eines Betons in einer Betonfamilie Number of test results of a concrete in a concrete family	Kriterium 3 Criterion 3 Mittelwert von n Druckfestigkeiten eines Betons in einer Betonfamilie Mean value of n compressive strengths of a concrete in a concrete family
1	$\$ f_{ck} - 4$
2	$\$ f_{ck} - 1$
3	$\$ f_{ck} + 1$
4	$\$ f_{ck} + 2$
5	$\$ f_{ck} + 2,5$
6-14	$\$ f_{ck} + 3$
$\$ 15$	$\$ f_{ck} + 1,48 \times s$

Kriterium 1 bei der stetigen Herstellung zu Grunde liegt, 5% der Druckfestigkeitsergebnisse die charakteristische Festigkeit (nach alter Norm Nennfestigkeit) unterschreiten, wenn die Mittelwertanforderung gerade erfüllt ist (ein C 20/25 also eine mittlere Druckfestigkeit von 29 N/mm² besitzt).

Gemäß dem Kriterium 1 im Rahmen der Erstherstellung (Mittelwertkriterium) muss ein C 20/25 (entspricht in etwa einem B 25 nach alter Norm) eine mittlere Druckfestigkeit von $f_{ck} + 4 = (25 + 4) \text{ N/mm}^2$ also 29 N/mm² besitzen. f_{ck} ist hierbei die sog. charakteristische Druckfestigkeit, die sinngemäß der Nennfestigkeit nach der alten Norm gleichzusetzen ist.

Nach der „alten DIN 1045“ musste der vergleichbare B25 eine mittlere Druckfestigkeit von $\geq 30 \text{ N/mm}^2$ besitzen, also ca. 1 N/mm² mehr. An dieser Stelle muss nochmals die Durchführung der Prüfungen in Erinnerung gerufen werden. Die Druckfestigkeit eines nach DIN 1048-5 gelagerten Betonwürfels mit einer Kantenlänge von 150 mm ist nach den neuen Normen um ca. 3%, also um ca. 1 N/mm², geringer als nach der alten DIN 1045. Für die Erfüllung der Druckfestigkeitsanforderung ist nach alter und neuer Betonnorm dementsprechend nahezu dieselbe Bruchlast erforderlich. Nachfolgend ist eine Auswertung des Kriteriums 1 im Rahmen der Erstherstellung mittels des Druckfestigkeitsfaktors beispielhaft dargestellt. Zu diesem Zweck wurde die Sorte 103 als Referenzbeton verwendet.

- ▶ Im Schritt 1 wird der Druckfestigkeitsfaktor aus den festgelegten Zielwerten berechnet.
- ▶ Im Schritt 2 wird die transformierte Druckfestigkeit aus der Ist-Festigkeit und dem Transformationsfaktor berechnet.
- ▶ Abschließend werden die 3er-Mittelwerte der transformierten Druckfestigkeiten bestimmt und mit dem Anforderungswert ($f_{ck} + 4$) verglichen.

Bei der statistischen Auswertung von Kriterium 1 im Rahmen der stetigen Herstellung (statistisches Kriterium) ist zu beachten, dass zur Berechnung des 5%-Quantils nicht die Standardabweichung der auszuwertenden 15 Prüfergebnisse, sondern die bekannte Standardabweichung der 35 davor liegenden Druckfestigkeiten anzuwenden ist. Weiterhin ist zu beachten, dass bei Normalbeton unabhängig von der Gleichmäßigkeit der Produktion mindestens mit einer bekannten Standardabweichung von $\geq 3 \text{ N/mm}^2$ gerechnet werden muss. Das entsprechende Berechnungsbeispiel für die Auswertung des Kriteriums 1 im Rahmen der stetigen Herstellung mittels des Druckfestigkeitsfaktors ist **Bild 5** zu entnehmen.

- ▶ Im Schritt 1 wird der Druckfestigkeitsfaktor aus den festgelegten Zielwerten berechnet.
- ▶ Im Schritt 2 wird die transformierte Druckfestigkeit aus der Ist-Festigkeit und dem Transformationsfaktor berechnet.
- ▶ Im Schritt 3 wird der Anforderungswert aus der bekannten Standardabweichung und der charakteristischen Festigkeit bestimmt.
- ▶ Abschließend wird der Mittelwert der 15 transformierten Druckfestigkeiten bestimmt und mit dem Anforderungswert verglichen.

Darüber hinaus muss jeder Beton einer Betonfamilie die Anforderungen der nachfolgenden Tabelle erfüllen.

Gemäß diesen Anforderungen werden der Mittelwert der Druckfestigkeiten der betreffenden Sorte einer Betonfamilie im Betrachtungszeitraum gebildet und die Anzahl der Prüfergebnisse dieser Sorte gezählt. Auf der Basis der Anzahl der Prüfergebnisse wird die Anforderung an den Mittelwert dieser Sorte aus **Tabelle 4** abgelesen und mit dem tatsächlichen Mittelwert der Druckfestigkeit verglichen. Konkret heißt das, dass z. B. vier Prüfergebnisse einer Sorte gemäß der oben aufgeführten Tabelle einen Mittelwert von $\geq f_{ck} + 2$ erreichen müssen.

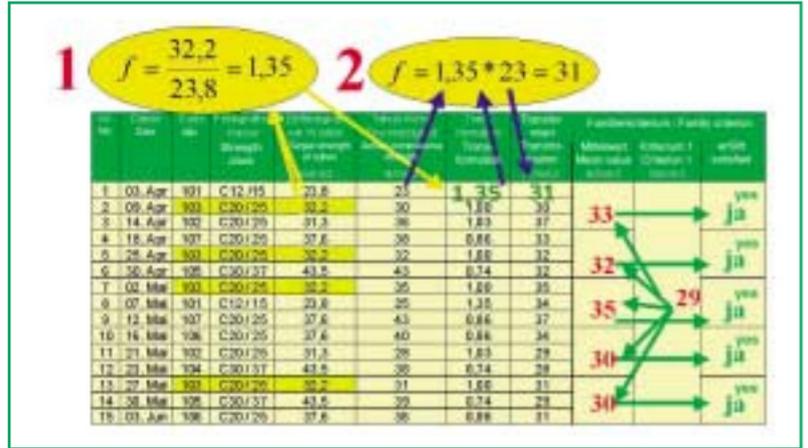


Bild 4. Beispiel-Auswertung für den Serienmittelwert – Kriterium 1 einer Betonfamilie in der Erstherstellung
Fig. 4. Evaluation example for the mean series value – criterion 1j of a concrete family in initial type-testing

the old standard) should attain a mean compressive strength of $f_{ck} + 4 = (25 + 4) \text{ N/mm}^2$, i.e. 29 N/mm². f_{ck} denotes here the so-called characteristic compressive strength, which, by analogy, is equal to the nominal strength of the old standard. Under the "old DIN 1045," a comparable B 25 would have to have a mean compressive strength of $\geq 30 \text{ N/mm}^2$, i.e. approx. 1 N/mm² more. Here, the execution of the tests should once again be called to mind. The compressive strength of a concrete cube with an edge length of 150 mm, stored as specified in DIN 1048-5, according to the new standard, is approx. 3%, i.e. by approx. 1 N/mm², lower than that determined to old DIN 1045. Accordingly, in order to meet the requirements made on the compressive strength, nearly the same ultimate load is required under both the old and new standards. In what follows, an evaluation of criterion 1 made within the scope of initial production, using the compressive

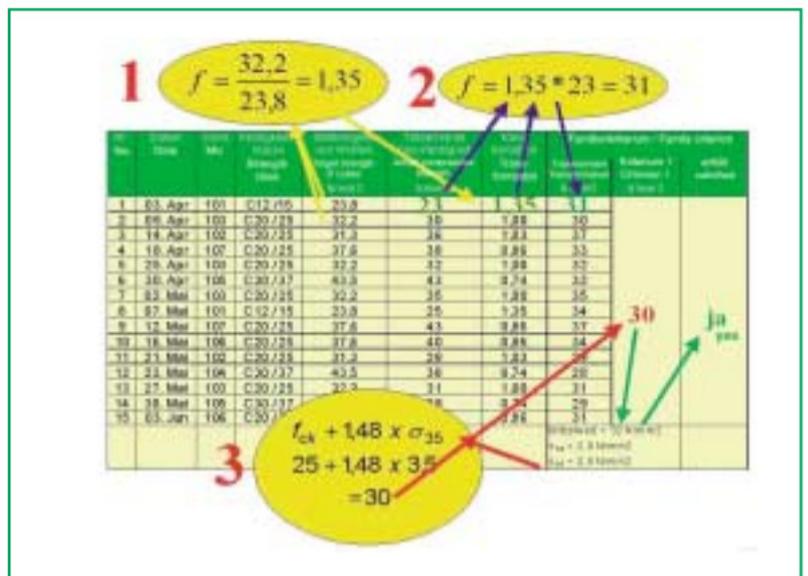


Bild 5. Beispiel-Auswertung für den Familienmittelwert – Kriterium 1 einer Betonfamilie in der stetigen Herstellung
Fig. 5. Evaluation example for the mean family value – criterion 1 of a concrete family in continuous production

strength factor, is presented by way of example. For this purpose, mix composition 103 was chosen as the reference concrete.

- ▶ In stage 1, the compressive strength factor is calculated from the established target values.
- ▶ In step 2, the transformed compressive strength is calculated based on the actual strength and the transformation factor.
- ▶ Finally, the 3 mean values of the transformed compressive strength are determined and compared with the requirement value ($f_{ck} + 4$).

For the statistical evaluation of criterion 1 within the scope of continuous production (statistical criterion) it should be con-

Standardabweichung

Neben den oben aufgeführten Anforderungen an die Betondruckfestigkeit sollte die Standardabweichung gemäß [1] während der Produktion nicht stark schwanken. In den neuen Betonnormen wird diese Forderung wie folgt definiert:

$$0,63 s_{35} \# s_{15} \# 1,37 s_{35}$$

Bei s_{35} handelt es sich um die sog. bekannte Standardabweichung der 35 Prüfergebnisse, die **vor** dem Betrachtungszeitraum liegen. s_{15} ist die Standardabweichung der 15 Prüfergebnisse, die **im** Betrachtungszeitraum ermittelt wurde.

Wird die o. a. Bedingung nicht erfüllt, so ist eine neue Standardabweichung zu „schätzen“. Dies geschieht i. d. R. dadurch, dass die Standardabweichung der letzten 35 Prüfergebnisse **inkl.** der 15 Werte aus dem Betrachtungszeitraum berechnet und für die weitere Auswertung herangezogen wird.

Bei der Bewertung der Standardabweichung der Produktion von Betonwerken hat sich herausgestellt, dass die oben formulierte Bedingung häufiger nicht eingehalten wird. So können erhebliche Schwankungen der Standardabweichung auftreten, wenn z. B. zeitlich begrenzte Großaufträge mit engen Konsistenzanforderungen (z. B. Beton für Brückenbauwerke) in den Betrachtungszeitraum fallen und dadurch eine geringe Standardabweichung bewirken. Ebenso steigt die Standardabweichung s_{15} im Vergleich zu s_{35} an, wenn der Großauftrag zeitlich vor dem Betrachtungszeitraum liegt und im Betrachtungszeitraum „nur noch“ Ergebnisse aus einer „normalen“ Produktion vorliegen.

Maßnahmen bei Nichtkonformität

Wird eine Nichtkonformität der Druckfestigkeit festgestellt, so sind die nachfolgenden Maßnahmen zu ergreifen:

- ▶ Nachprüfen der Prüfergebnisse;
- ▶ Durchführung einer Wiederholungsprüfung;
- ▶ Information der Abnehmer;
- ▶ Durchführung von Untersuchungen am Bauwerk.

Mögliche Verfahren, die hierbei zur Anwendung kommen können sind die Rückprallprüfung oder die Bohrkernentnahme und anschließende zerstörende Prüfung im Prüflabor.

Inwiefern die Durchführung einer sachgerechten Wiederholungsprüfung möglich ist, ist fraglich, da die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung ja frühestens nach 28 Tagen vorliegen.

Wie eine derartige Wiederholungsprüfung in der Praxis aussehen soll, wird in der Norm nicht näher ausgeführt.

Beton nach Zusammensetzung

Wie bei der Definition der Betonarten bereits erwähnt, ist der Betonhersteller beim Beton nach Zusammensetzung ausschließlich für die Einhaltung der vorgegebenen Sollzusammensetzung verantwortlich. Der Betonhersteller muss weder eine Erstprüfung noch regelmäßige Druckfestigkeitsprüfungen durchführen. Er muss nur über Protokollausdrucke belegen, dass er die vorgegebene Rezeptur mit einer Genauigkeit von 6-3% einhält und den w/z-Wert um nicht mehr als 0,02 überschreitet. Dass die erforderlichen Eigenschaften des Betons mit der verwendeten Rezeptur eingehalten werden, liegt in der Verantwortung des Auftraggebers. Er muss dementsprechend im Rahmen einer Erstprüfung nachweisen, dass die geforderten Eigenschaften mit der vorgegebenen Rezeptur erfüllt werden. Weiterhin muss er regelmäßig Güteprüfungen durchführen, die dies im Rahmen der Produktion bzw. Verarbeitung dauerhaft bestätigen.

Zusammenfassung

Das neue Normenwerk für Beton und Gesteinskörnungen wird eine Reihe von Neuerungen bringen. Die Neuerungen betreffen sowohl die Technischen Abteilungen als auch die Marketing-

sidered that for calculating the 5% quantile not the standard deviation of the 15 test results to be evaluated are to be applied, but the known standard deviation of the 35 compressive strength values obtained before that. Furthermore, allowance should be made for the fact that for normal concrete, independent of the constancy of production, at least one of the known standard deviations of $\geq 3 \text{ N/mm}^2$ should be considered in the calculation. The corresponding arithmetic example for evaluating criterion 1 within continuous production by means of the compressive strength factor is given in **Figure 5**.

- ▶ In step 1, the compressive strength factor is calculated from the established target values.
- ▶ In step 2, the transformed compressive strength is calculated from the actual strength and the transformation factor.
- ▶ In step 2, the requirement value is determined from the known standard deviation and the characteristic strength.
- ▶ Finally, the mean value of the 15 transformed compressive strength values is determined and compared with the required value.

In addition to that, every concrete of a concrete family should meet the requirement shown in **Table 4**.

In accordance with this requirement, the mean value of the compressive strength of a given mix of a concrete family in the period under consideration is formed and the number of test results obtained on this mix counted. Based on the number of test results, the requirement made on the mean value for this mix is taken from Table 4 and compared with the actual mean value of the compressive strength. In concrete terms, this means that, based on the above table, e.g. four test results of one mix must be attained with a mean value of $\geq f_{ck} + 2$.

Standard deviation

In addition to the above-stated requirements made on the compressive strength of concrete, the standard deviation pursuant to [1] should not be subject to much fluctuation during production. In the new concrete standards, this requirement is defined as follows:

$$0,63 s_{35} \# s_{15} \# 1,37 s_{35}$$

s_{35} represents a so-called known standard deviation of the 35 test results obtained **prior** to the period of observation. s_{15} denotes the standard deviation of the 15 test results determined **during** the period of observation.

If the condition stated above is not met, a new standard deviation must be "estimated." This is as a rule done by calculating the standard deviation of the last 35 test results, including the 15 values from the period of observation, and to take them into account for the further evaluation.

In evaluating the standard deviation of the production in concrete plants, it has been found that the condition formulated above is frequently not adhered to. Therefore, considerable fluctuations from the standard deviation may occur when processing in the period under observation, e.g., large jobs with tight consistence requirements over a limited period of time (e.g. for bridge structures), resulting in a lower standard deviation. In the same way, standard deviation s_{15} will increase over s_{35} when the large job was processed prior to the period under observation and when during the period of observation only the results from "normal production" are available.

Measures to be taken in case of non-conformity

If non-conformity of the compressive strength has been established, the following measures should be taken:

- ▶ Recheck the rest results
- ▶ Repeat the test
- ▶ Inform the customer
- ▶ Investigate the structure. Among the possible methods sui-

abteilungen der Betonwerke. Hierbei wird häufig der Änderungsbedarf im Bereich der Eigenüberwachungs-Prüfstellen unterschätzt. So werden sich die Prüfstellen u. a. intensiv mit der Frage der Betonfamilien-Bildung und der damit verbundenen EDV-Voraussetzungen auseinander setzen müssen. Daneben sind Erstprüfungen für an die neue Norm angepasste Betonzusammensetzungen durchzuführen, neue Sortenverzeichnisse zu entwickeln und die anzuwendenden Auswertesysteme werksspezifisch festzulegen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Prüfstellen in der näheren Zukunft eine Reihe von Aufgaben zu bewältigen haben. Neben der hierfür erforderlichen Zeit muss trotz der jetzigen konjunkturellen Situation auch Geld z. B. in eine neue Laborsoftware investiert werden, um die Voraussetzungen der neuen Normen zu erfüllen.

Karl-Uwe Voß, Neuwied

table for that purpose are rebound tests or drill core sampling, followed by destructive testing in a test laboratory.

To what extent the execution of an appropriate repeat testing is possible is questionable, as the results of the compressive strength test will be available after 28 days at the earliest.

How repeat testing of that kind is to be performed is not explained in detail in the standard.

Concrete based on the mix composition

As has already been stated in connection with the definition of the types of concrete, the concrete producer is solely responsible for adherence to the specified target composition for a concrete based on a mix composition. The concrete producer is neither required to perform initial type-testing, nor regular compressive strength tests. All he needs to do is prove, by means of a protocol printout, that the specified concrete mix composition has been adhered to within a tolerance of $\pm 3\%$ and that the w/c ratio is not fallen below by more than 0.02.

That the required properties of the concrete are met with the mix design used is the responsibility of the client. He must submit proof to the effect that the required properties are met with the specified mix composition. Further to that, he is required to perform at regular intervals quality tests by which this fact is permanently attested to within the scope of the production or processing.

Summary

The new standards for concrete and aggregates for concrete and mortar will bring a number of changes. The changes will affect both the technical departments and the marketing departments of concrete plants. The changes these will require in the attestation bodies for factory production control are frequently underestimated. Among the issues the attestation bodies will need to intensively concern themselves with is the aspect of concrete family formation and the computer environment to be created to meet these requirements. Aside from that, initial type-testing for concrete mix composition adapted to the new standard is to be performed, new mix lists developed and the evaluation systems to be used by the plants specified.

In summary it must be emphasized that the testing bodies will have to master a number of tasks in the near future. In addition to the time this will require, money must also be invested, e.g. into new laboratory software, to meet the requirements of the new standards, despite the present economical situation.

LITERATUR

- [1] DIN 4226-1 Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen, Fassung Juli 2001
- [2] DIN-Fachbericht 100, „Beton“ zur Anwendung der DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, Fassung August 2001
- [3] DIN 1045 Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung, Fassung Juli 1988
- [4] DIN 1048-5 Prüfverfahren für Beton – Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper, Fassung Juni 1991
- [5] CEN-Bericht „Die Anwendung des Prinzips von Betonfamilien auf die Produktions- und Konformitätskontrolle von Beton“, Entwurf Juli 1999
- [6] Transportbeton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. (BTB), Fassung August 2001
- [7] DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1, Fassung Juli 2001
- [8] DIN EN 206-1 Beton – Teil 1: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Fassung Juli 2001