

Teil 3/4: Neue Prüfnormen für Beton und Gesteinskörnungen – Änderungen bei der Prüfung von Gesteinskörnungen

Mit der Einführung der neuen Beton- und Gesteinskörnungsnormen DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1], [2] und DIN 4226 [3] wurden auch zahlreiche Regelwerke überarbeitet bzw. neu erstellt, die mit den neuen Produktnormen im Zusammenhang stehen. Dies gilt auch für die Prüfung von Beton und Gesteinskörnungen. Mit Einführung der neuen Prüfnormen kommen auf den Anwender zahlreiche Änderungen und Umstellungen zu. Dieser Artikel soll den Verantwortlichen der werkeigenen Produktionskontrolle sowie dem mit der Durchführung von Prüfungen betrauten Personal einen Überblick über die wesentlichen Änderungen geben, die bei der Prüfung von Gesteinskörnungen nach neuer Norm zu beachten sind.

Mit Einführung der Bauregelliste 2002/1 ersetzt die DIN 4226-1 (2001) die Fassung der Norm aus dem Jahr 1983. Bisher vorwiegend im Teil 3 der DIN 4226 (1983) geregelte Prüfverfahren für Zuschlag mit dichtem Gefüge (jetzt: normale und schwere Gesteinskörnungen) werden daher durch die in der gültigen Stoffnorm genannten Verfahren ersetzt. **Tabelle 1** zeigt die gemäß DIN 4226-1 prüfbareren Eigenschaften von normalen und schweren Gesteinskörnungen mit den entsprechenden Prüfverfahren.

Konsequent werden für die bautechnischen Eigenschaften von Gesteinskörnungen die europäischen Prüfnormen der Normenreihen DIN EN 933 ff., DIN EN 1097 ff., DIN EN 1367 ff. und DIN EN 1744 ff. zu Grunde gelegt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um in Deutschland bekannte und praktizierte Prüfverfahren. Änderungen bezüglich des Geräteaufbaus oder der Durchführung sind jedoch auch bei diesen „bekannten“ Prüfverfahren feststellbar.

Einige der Eigenschaften können mit unterschiedlichen Verfahren (Referenz- und Alternativverfahren) überprüft werden, so z. B. die Kornform oder der Widerstand gegen Zertrümmerung. In beiden Fällen war eine Prüfung nach dem sogenannten „Referenzverfahren“ bisher nicht üblich.

Darüber hinaus können gemäß der neuen Norm Eigenschaften deklariert werden, welche nach alter DIN 4226-1 nicht Gegenstand einer Überprüfung waren (z. B. Verschleißwiderstand, Widerstand gegen Abrieb etc.). Der Anwender muss sich also auch mit völlig neuen Prüfverfahren auseinandersetzen.

Änderungen bei „bekannten“ Prüfverfahren/ zusätzliche alternative Verfahren

Neben der Reduktion der Prüfhäufigkeiten, Änderungen der Probemengen oder der Trocknungstemperaturen sind bei Prüfung nach den neuen Normen weitere Änderungen zu beachten. Berücksichtigt werden bei den folgenden Betrachtungen besonders die Prüfverfahren für die allgemeinen Eigenschaften von Gesteinskörnungen (vgl. Anhang H, Tabelle H1 der Norm).

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

Part 3/4: New test standards for concrete and aggregates – changes to aggregates testing

The implementation of the new standards for concrete and aggregates for concrete and mortar DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1], [2] and DIN 4226 [3] requires revision and/or new creation of many standards which are related to the new product standards. The same applies to the testing of concrete and aggregates for concrete and mortar. Implementation of the new test standards will require their users to make many modifications and changes.

This report aims to provide guidance for all those responsible for factory production control and the personnel in charge of performing the tests by giving an overview of the essential changes that need to be considered when testing aggregates for concrete and mortar against these new standards.

With the publication of Bauregelliste 2002/1, the list of German building regulations, DIN 4226-1 (2001) replaces the 1983 version of this standard. The test methods for normal-weight and heavy aggregates (used for obtaining concrete with closed structure), until now primarily regulated in Part 3 of DIN 4116, are now being replaced by the valid European standards. **Table 1** summarizes the characteristics of normal-weight and heavy aggregates that can be tested to DIN 4226-1, together with the related test methods.

The various properties or characteristics of aggregates are strictly regulated by the European test standards of standard series DIN EN 933 ff., DIN EN 1097 ff., DIN EN 1367 ff. and DIN EN 1744 ff. Most of these test methods are known and widely practiced in Germany. However, the standards also provide for changes even to these “known” test methods with regard to the test setup and the procedure.

Some characteristics or properties can be checked by different methods (reference method and alternative method, such as, for example, the particle shape of aggregates or their resistance to fragmentation. In both cases, testing by the so-called

Tabelle 1. Eigenschaften von Gesteinskörnungen und die entsprechend DIN 4226-1:2001 anzuwendenden Prüfnormen

Tabelle 1. Aggregates characteristics and the relevant test standards to be used in accordance with DIN 4226-1:2001

Geometrische Eigenschaften Gesteinskörnungen DIN EN 933 <i>Geometrical properties of aggregates</i> EN 933	Physikalische und mechanische Eigenschaften von Gesteinskörnungen DIN EN 1097 <i>Physical and mechanical properties of aggregates</i> EN 1097	Thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen DIN EN 1367 <i>Thermal and weathering properties of aggregates</i> EN 1367	Chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen DIN EN 1744 <i>Chemical properties of aggregates</i> EN 1744
Korngrößenverteilung Gehalt an Feinanteilen Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren Particle size distribution <i>Assessment of fines</i> Part 1: Determination of particle size distribution – sieving method	Verschleißwiderstand Teil 1: Bestimmung des Widerstands gegen Verschleiß (Micro-Deval) Resistance to wear Part 1: Determination of resistance to wear (Micro-Deval)	Frostwiderstand Teil 1: Bestimmung des Widerstands gegen Frost-Tau-Wechsel Frost resistance Part 1: Determination of resistance to freezing and thawing	Chloridgehalt Säurelösliches Sulfat Gesamtschwefel Feine organ. Bestandteile Leichtgew. organ. Bestandteile
Kornform Teil 3: Bestimmung der Kornform, Plattigkeitskennzahl Teil 4: Bestimmung der Kornform, Kornformkennzahl Particle shape Part 3: Determination of particle shape, flakiness Part 4: Determination of particle shape, shape index	Widerstand gegen Zertrümmerung Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung Resistance to fragmentation Part 2: Method for determination of resistance to fragmentation	Frost-Tausalz-Widerstand Teil 2: Magnesiumsulfatverfahren Resistance to freeze-thaw with de-icing salt Part 2: Magnesium sulfate test	Teil 1: Chemische Analyse Chloride content Acid-soluble sulfate Total sulphur Fine organic constituents Part 1: Chemical analysis
Beurteilung von Feinanteilen Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen, Sandäquivalent-Verfahren Teil 9: Beurteilung von Feinanteilen, Methylenblau-Verfahren Assessment of fines Part 8: Assessment of fines – sand equivalent test Part 9: Assessment of fines – Methylene blue test	Kornrohddichte Teil 6: Bestimmung der Rohddichte und der Wasseraufnahme Particle density Part 6: Determination of particle density and water absorption	Alkali-Kieselsäure-Reaktion DAfStb-Richtlinie Alkali-aggregate reaction silic acid DAfStb code of practice	
	Widerstand gegen Polieren Teil 8: Bestimmung des Polierwertes Resistance to polishing and abrasion Part 8: Determination of the polished stone value		
	Widerstand gegen Abrieb durch Spikereifen Teil 9: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß durch Spikereifen Resistance to wear by studded tires Part 9: Determination of the resistance to wear by abrasion from studded tires		

Korngrößenverteilung/Gehalt an Feinanteilen

Der Gehalt an Feinanteilen (früher: abschlämmbare Bestandteile) und die Korngrößenverteilung werden nach DIN EN 933-1 [4] in einem Arbeitsgang ermittelt. Dies war auch nach alter Norm bereits möglich, aber nicht vorgeschrieben. Dazu wird

“reference method“ has so far not been commonly practiced in this country.

In addition, under the new standard, properties or characteristics (such as wear resistance, resistance to abrasion etc.) can be declared, the testing of which had not been provided for

die Gesteinskörnung zunächst ausgewaschen, anschließend erfolgt die Ermittlung der Kornzusammensetzung an der gewaschenen Probe. Der Absetzversuch zur Bestimmung des Gehalts an Feinanteilen ist nicht mehr zulässig.

Nach neuer Norm ist eine einfache Bestimmung des Gehalts der Feinanteile bzw. der Kornzusammensetzung ausreichend (alte Norm: Doppelbestimmung). Auch die erforderliche Prüfmenge je Siebung/Auswaschversuch wurde geändert (siehe **Tabelle 2**).

Die Änderungen bei den Anforderungen an die Kornzusammensetzung wirken sich auch auf das entsprechende Prüfverfahren aus. Wichtigster Punkt in diesem Zusammenhang ist sicherlich der Einsatz neuer, in Deutschland bisher gar nicht bzw. nur im Straßenbau genutzter Siebe. Die Anforderung der Norm an den Durchgang durch das Sieb mit 1,4 D (D = Größtkorn; geforderter Durchgang: 98 bis 100 bzw. 95 bis 100 bei Sanden) macht die Einführung von Ergänzungssiebätzen erforderlich. Ergänzungssiebsetz 1 umfasst die Siebe mit 1,4 mm, 2,8 mm, 5,6 mm, 11,2 mm, 22,4 mm und 45 mm Maschenweite. Ergänzungssiebsetz 2 umfasst weitere Siebe (6,3 mm, 10 mm, 12,5 mm, 14 mm, 20 mm und 40 mm), die jedoch in Deutschland aller Wahrscheinlichkeit nach keine Anwendung finden werden.

Eine wichtige Änderung im Zusammenhang mit dem Gehalt an Feinanteilen ist, dass bei erhöhten Gehalten (Sand > 3 M.-%) die Unschädlichkeit der Feinanteile mittels neuer Prüfverfahren (Methylenblau-, Sandäquivalent-Verfahren) nachgewiesen werden kann (siehe **Tabelle 2**).

Kornform

Die Kornform wurde bisher nach DIN 52114 untersucht und über die Anzahl der ungünstig geformten Körner (Körner mit einem Länge-Dicke-Verhältnis > 3) beurteilt. Dieses Verfahren mit dem Kornformmessschieber wird in der DIN EN 933-1 [6] beschrieben. Abgesehen von geänderten Prüfutmengen ist es weitestgehend mit dem Verfahren nach alter Norm identisch (vgl. **Tabelle 2**). Kornklassen mit weniger als 10 M.-% Anteil an der Gesamtprobe werden ausgesondert, bei der Auswertung sind Unterschiede bei Prüfung eng- und weitgestufter grober Gesteinskörnungen zu berücksichtigen. Der Prozentsatz ungünstig geformter Körner wird mit der Kornformkennzahl SI wiedergegeben.

Die Bestimmung der Kornformkennzahl stellt jedoch „nur“ das Alternativverfahren dar, als Referenzverfahren wurde mit der DIN EN 933-3 [5] das Verfahren zur Bestimmung der Plattigkeitskennzahl FI eingeführt. Nach Auftrennen der Körnung in einzelne Kornklassen erfolgt hier die Absiebung über die in der Norm vorgegebenen, sogenannten Stabsiebe (**Bild 1**). Als ungünstig geformt bzw. plattig gelten solche Körner, die das entsprechende Stabsieb passieren.

Bei Schiedsuntersuchungen ist dieses Referenzverfahren maßgebend!

Kornrohdichte und Wasseraufnahme

Die Kornrohdichte, die nach alter Norm zum Beispiel bei erhöhten Anforderungen an Leichtzuschläge geprüft wurde, muss nach neuer DIN 4226-1 im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) bzw. der Fremdüberwachung (FÜ) jährlich untersucht werden.

Bei dem in DIN EN 1097-6 [7] beschriebenen Verfahren handelt es sich um eine Bestimmung mittels Pyknometer (> 32 mm: Drahtkorbverfahren), wie sie auch in der alten Norm beschrieben wurde. Die neue Norm unterscheidet jedoch in Abhängigkeit von der Korngröße (0,063 bis 4 mm, 4 bis 32 mm, 32 bis 63 mm) verschiedene Vorgehensweisen. Weiterhin ergeben sich Änderungen bei den Prüftemperaturen und den Prüfutmengen. Neu ist die Bestimmung der Wasseraufnahme, die zusammen mit der Kornrohdichte aus der Massendifferenz von ofengetrockneter und wassergesättigter, oberflächen-trockener Probe ermittelt wird (vgl. **Tabelle 3**).

Frostwiderstand

under the old DIN 4226. Users will now have to acquaint themselves with entirely new test methods.

Changes to “known” test methods/ additional alternative methods

Apart from the reduction in test frequency, the quantities of test portions or the drying temperatures, there are a number of other changes to be considered when testing to the new standards. In the following discussion, in particular the test methods governing the general properties of aggregates (compare Annex H, Table H1 of the standard) will be gone into in more detail.

Particle size distribution/fines content

The fines content (previously: settleable solids) and the particle size distribution in accordance with DIN EN 933-1 [4] are now determined in a single step. This had been possible also under the old standard, but not stipulated. For this, the aggregates are first washed and the particle distribution subsequently determined on the washed specimen. The settlement test previously used to determine the fines content is no longer permitted.

In accordance with the new standard, a single determination of the fines contents and/or the granulometric composition is sufficient (old standard: double check). The amounts of aggregates required for each sieving/wash test has also been changed (see **Table 2**).

The changes to the requirements of the granulometric composition also affect the relevant test methods. The most significant changes are here surely in the sieving methods, which are entirely new to Germany and/or having been employed only in road construction. The requirement of the standard to describe aggregates by passage through a sieve at 1.4 D (D = maximum particle size; required passage: 98-100 and/or 95-100 for sands) means that new sieve sets must be purchased. Supplementary sieve set 1 comprises sieves of 1.4 mm, 2.8 mm, 5.6 mm, 11.2 mm, 22.4 mm and 45 mm mesh width. Supplementary sieve set 2 comprises additional sieves (6.3 mm, 10 mm, 12.5 mm, 14 mm, 20 mm and 40 mm), which however in all probability will not be used in Germany. An important change in connection with the fines assessment is that in case of higher contents (sand > 3 M.-%), it is now possible to demonstrate the non-harmfulness of the fines by means of new test methods (methylene blue test, sand equivalent test) (**Table 2**).

Particle shape

The particle shape has until now been determined in accordance with DIN 52114 and assessed based on the number of unfavorably shaped particles (particles with a length/thickness ratio > 3). This method, using the particle slide gauge, is speci-



Bild 1. Untersuchung einer gebrochenen Gesteinskörnung mit dem Stabsieb; links: plattige Körner, rechts: Stabsieb mit kubisch geformten Körnern

Fig. 1. Examination of crushed aggregates using a bar sieve; on the left: flaky particles; on the right: steel sieve containing particles of cubical shape

Tabelle 2. Änderungen bei der Prüfung geometrischer Eigenschaften von Gesteinskörnungen
Tabelle 2. Changes in testing the geometrical properties of aggregates

Prüf-gegenstand <i>Subject of testing</i>	Prüf-verfahren <i>Test method</i>	Norm neu <i>Standard new</i>	Norm alt <i>Standard old</i>	Änderungen bei Prüfgeräten <i>Changes in test apparatus</i>	Änderungen bei der Durchführung <i>Changes in procedure</i>
Korngrößenverteilung bei WPK erforderlich <i>Particle size distribution required for factory production control</i>	Siebung <i>Sieving</i>	DIN EN 933-1	DIN 4226-3	Zusätzliche siebe <i>Additional sieves</i>	Verwendung eines anderen Siebsatzes Einfache Siebung ausreichend <i>Use of another sieve set Single sieving sufficient</i>
Kornform bei WPK erforderlich <i>Particle shape required for factory production control</i>	Plattigkeitskennzahl <i>Flakiness index</i>	DIN EN 933-3	–	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>
	Kornformkennzahl <i>Shape index</i>	DIN EN 033-4	DIN 52114	Keine <i>None</i>	Geänderte Probemengen Kornklassen < 10 M.-% an der Gesamtprobe sind auszusondern Änderungen bei der Auswertung <i>Changes in test portions Particle sizes < 10 M.-% in the total sample to be discarded Changes in the assessment procedure</i>
Gehalt an Feinanteilen bei WPK erforderlich <i>Assessment of fines required for factory production control</i>	Auswaschversuch (Absetzversuch entfällt!) <i>Wash test (Settlement test no longer applicable)</i>	DIN EN 933-1	DIN 4226-3	Keine <i>None</i>	Geänderte Probemengen Einfache Bestimmung ausreichend <i>Changes in test portions Single determination sufficient</i>
Beurteilung von Feinanteilen bei WPK ggf. erforderlich <i>Assessment of fines required for factory production control</i>	Methylenblau-Verfahren <i>Methylene blue test</i>	DIN EN 933-9	–	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>
	Sandäquivalent-Verfahren <i>Sand equivalent test</i>	DIN EN 933-8		Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>

Der Frostwiderstand von Gesteinskörnungen wird mit Einführung der neuen DIN 4226-1 nach DIN EN 1367-1 [8] geprüft. Dieses Verfahren ist weitestgehend identisch mit dem Verfahren N der DIN 52104 („Dosenfrost“), nach welchem bisher geprüft wurde. Auch hier sind geänderte Probemengen zu berücksichtigen. Während nach alter Norm sowohl die Frostbeständigkeit (eF) als auch die Frost-Tausalz-Beständigkeit (eFT) mit diesem Verfahren nachgewiesen werden konnte (in Abhängigkeit von der Menge der Absplitterungen), muss der Nachweis über einen ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand nach neuer DIN 4226-1 mit anderen Verfahren, in der Regel mit dem Magnesiumsulfat-Verfahren (siehe unten) erbracht werden.

Chlorid-/Sulfatgehalt

Die Bestimmung des Gehalts an wasserlöslichen Chloriden erfolgt im Referenzverfahren nach DIN EN 1744-1, Abschnitt 7 [9] durch Titration nach Volhard. Die Änderungen im Vergleich zum alten Verfahren (potenziometrische Titration, DIN 4226-3, Abschnitt 3.6.4) sind gravierend (vgl. **Tabelle 4**). Neben erhöhten Probemengen haben sich deutliche Änderun-

gen in DIN EN 933-1 [6]. Apart from the changes regarding the quantities of test portions, the method is largely identical with the method specified in the old standard (cf. Table 2). Aggregate categories containing less than 10 M.-% of the total sample is discarded; differences in the close- or wide-meshed sieve must be taken into consideration. The percentage of unfavorably shaped particles is recorded as shape index SI. However, the determination of the shape index refers “only” to the alternative method. As reference method, DIN EN 933-3 [5] introduces the method for determining the flakiness index FI. After grading the aggregate into particle size fractions, sieving here takes place using the bar sieves specified in the standard (see **Fig. 1**). Particles that pass through the relevant bar sieve are regarded as being unfavorably shaped or flaky. This reference method is authoritative whenever a matter is submitted to arbitration.

Particle density and water absorption

The particle density which, under the old standard, was for example determined when higher demands were made on

Tabelle 3. Änderungen bei der Prüfung physikalischer bzw. thermischer Eigenschaften von Gesteinskörnungen
Tabelle 3. Changes in testing the physical and thermal properties of aggregates

Prüf-gegenstand <i>Subject of testing</i>	Prüf-verfahren <i>Test method</i>	Norm neu <i>Standard new</i>	Norm alt <i>Standard old</i>	Änderungen bei den Prüfgeräten <i>Changes in test apparatus</i>	Änderungen bei der Durchführung <i>Changes in procedure</i>
Kornroh-dichte und Wasserauf-nahme bei WPK ggf. erforderlich <i>Particle density and water absorption required for factory production control</i>	Kornrohdichte <i>Particle density</i>	DIN EN 1097-6	DIN 52102	ggf. neue Pyknometer Metallform <i>Possibly new pycnometers Metal form</i>	Geänderte Probemengen <i>Changes in test portions</i>
	Wasser-aufnahme <i>Water absorption</i>	DIN EN 1097-6	DIN 52103	Vgl. Kornrohdichte <i>Cf. particle density</i>	Prüfung aller Kornklassen möglich Prüfung erfolgt mit der Bestimmung der Kornrohdichte <i>Testing of all particle size categories possible Testing by determining the particle density</i>
Frostwider-stand bei WPK ggf. erforderlich <i>Frost resistance, may be required for factory production control</i>	Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel <i>Resistance to freeze-thaw with attack</i>	DIN EN 1367-1	DIN 52104, Verfahren N <i>Method N</i>	Keine <i>None</i>	Geänderte Probemengen <i>Changes in test portions</i>
Frost-Tau-salz-Wider-stand <i>Resistance to freeze-thaw with de-icing salt</i>	Magnesium-sulfat-Verfahren <i>Magnesium sulfate test</i>	DIN EN 1367-2	DIN 52104, Verfahren N <i>Method N</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>

gen hinsichtlich der Aufbereitung der Gesteinskörnungen ergeben: Die Proben sind auf eine Korngröße < 16 mm zu zerkleinern und werden dann 60 min lang mit destilliertem Wasser geschüttelt (alte Norm: Kochen mit destilliertem Wasser). Die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgt am so erhaltenen wässrigen Auszug der Probe durch Titration mit Silbernitrat und Ammoniumthiocyanat. Auch dies stellt eine Abweichung zum bisherigen Verfahren dar. Die Beschaffung neuer Geräte, wie z. B. einer Schüttelmaschine, diverser Glasgeräte etc. ist erforderlich. Bei gleicher Aufbereitung gibt es weitere Alternativverfahren zur Bestimmung des Gehalts an Chloriden (unter anderem auch eine potenziometrische Titration wie nach alter Norm). Der Gehalt an säurelöslichen Sulfaten von Gesteinskörnungen wird nach gleicher Norm, Abschnitt 12 ermittelt. Die Bestimmung erfolgt wie bisher üblich durch salzsauren Aufschluss der Probe und anschließende Fällung des Sulfats als Bariumsulfat. Geändert haben sich lediglich die Probemengen und das Vorgehen beim Aufschluss der Probe (vgl. Tabelle 4). Neue Geräte sind zur Versuchsdurchführung im allgemeinen nicht erforderlich.

Organische Bestandteile

Um festzustellen, ob eine Gesteinskörnung fein verteilte organische Stoffe enthält, wird weiterhin der Natronlaugetest eingesetzt. Im Vergleich zur alten Norm haben sich jedoch einige Änderungen ergeben (siehe Tabelle 4). So gibt es bei dem Ver-

light-weight aggregates, must now under the new DIN 4226-1 be tested annually within the scope of factory production control and/or external control.

The method described in DIN EN 1097-6 [7] involves determination by pycnometer (> 32 mm: wire basket method), which was also described in the old standard. The new standard, however, provides for different methods, depending on the particle size (0.063 to 4 mm, 4 to 32 mm, 32 to 63 mm). In addition to that, the new standard specifies different test temperatures and sample quantities.

New is the determination of water absorption, which is done based on the mass difference between oven-dried and water-saturated, samples dried on the surface (cf. Table 3).

Frost resistance

Upon implementation of the new DIN 4226-1, the aggregates' resistance to frost is to be determined in accordance with DIN EN 1367-1 [8]. This method is largely identical with method N described in DIN 52104 (involving direct freezing of the aggregates), based on which testing used to take place. Here, too, the changes in the number of samples must be taken into account.

While under the old standard, both the resistance to frost and the frost/de-icing salt resistance could be demonstrated by this method (depending on the test sample loss) sufficient resistance to freeze-thaw with de-icing salt, in accordance to the new DIN

Tabelle 4. Änderungen bei der Prüfung chemischer Eigenschaften von Gesteinskörnungen
Tabelle 4. Changes in testing the chemical properties of aggregates

Prüf-gegenstand <i>Subject of testing</i>	Prüf-verfahren <i>Test method</i>	Norm neu <i>Standard new</i>	Norm alt <i>Standard old</i>	Änderungen bei Prüfgeräten <i>Changes in test apparatus</i>	Änderungen bei der Durchführung <i>Changes in procedure</i>
Chlorid-gehalt bei WPK ggf. erforderlich <i>Chloride content may be required for factory production control</i>	Bestimmung wasserlös. Chloride nach Volhard <i>Determination of water-soluble chloride using the Volhard method</i>	DIN EN 1744-1, Abschnitt 7 <i>Section 7</i>	DIN 4226-3, Abschnitt 3.6.4 <i>Section 3.6.4</i>	Schüttelmaschine erforderlich Weithalsflaschen <i>Shaking machine required Wide-necked bottles</i>	Geänderte Probemengen Änderungen bei der Probenaufbereitung und Bestimmung <i>Changes in test portions Changes in sample preparation and determination</i>
Sulfatgehalt <i>Sulfate content</i>	Bestimmung säurelöslicher Sulfate <i>Determination of acid-soluble sulfate</i>	DIN EN 1744-1, Abschnitt 13 <i>Section 13</i>	DIN 4226-3, Abschnitt 3.6.4 <i>Section 3.6.4</i>	Keine <i>None</i>	Geänderte Probemengen Änderungen bei der Probenaufbereitung <i>Changes in test portions Changes in sample preparation</i>
Organische Bestandteile bei WPK erforderlich <i>Organic constituents required for factory production control</i>	Bestimmung des Humusgehaltes (Natronlauge-Test) <i>Determination of humus content (sodium hydroxide solution test)</i>	DIN EN 1744-1, Abschnitt 15.1 <i>Section 15.1</i>	DIN 4226-3, Abschnitt 3.6.2.1 <i>Section 3.6.2.1</i>	Geänderte Abmessungen der Glasgeräte <i>Changed sized of glass apparatus</i>	Prüfung aller Kornklassen möglich Trocknung bei 55 °C Herstellen einer Farbvergleichslösung notwendig <i>Testing of all particle size categories possible Drying at 55 °C Manufacture of a color comparison solution required</i>
	Bestimmung des Fulvosäuregehaltes <i>Determination of fulvo acid content</i>	DIN EN 1744-1, Abschnitt 15.2 <i>Section 15.2</i>	–	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>	Neues Prüfverfahren <i>New test method</i>
Leichtgew. organ. Verunreinigungen bei WPK ggf. erforderlich <i>Lightweight contaminants may be required for factory production control</i>	Untersuchung auf aufschwimmende Verunreinigungen <i>Tests for lightweight contaminants</i>	DIN EN 1744-1, Abschnitt 15.2 <i>Section 15.2</i>	DIN 4226-3, Abschnitt 3.6.2.2 <i>Section 3.6.2.2</i>	Geänderte Abmessungen der Glasgeräte <i>Changed sizes of glass apparatus</i>	Geänderte Probemengen Abtrennen der Anteile < 0,3 mm <i>Changes in test portions Separation of particles < 0.3 mm</i>

fahren nach DIN EN 1744, Abschnitt 15.1 [9] keine Begrenzung hinsichtlich des Größtkorns (alte Norm: < 8 mm). Das Prüfgut muss allerdings auf eine Korngröße < 4 mm zerkleinert werden. Während nach alter Norm ohne vorherige Trocknung geprüft werden konnte, sieht die neue Norm eine Trocknung bei 55 °C vor.

Die Beurteilung der Verfärbung der Lösung (gelb: keine wesentlichen Anteile, rot-schwarz: erhöhte Anteile) erfolgt nicht mehr nur nach subjektiver Farbabschätzung, sondern im direkten Vergleich mit einer Farbvergleichslösung (heller als Vergleichslösung: geeignet). Diese Farbvergleichslösung ist nur begrenzte Zeit (mindestens jedoch 2 Wochen) verwendbar und muss dann aus den entsprechenden Chemikalien (Eisen- und Kobaltchlorid) frisch hergestellt werden. Auf eine umweltverträgliche Entsorgung dieser Lösungen ist zu achten.

Der Fulvosäuretest nach DIN EN 1744-1, Abschnitt 15.2 [9] stellt ein alternatives Verfahren zur Prüfung auf organische Bestandteile dar. Auch bei diesem Verfahren gibt es keinerlei Einschränkung hinsichtlich der Prüfkorngröße. Nach Aufschluss

4226-1 must now be demonstrated by another method; as a rule by way of the magnesium sulfate test (see below).

Chloride/sulfate content

The content of soluble chlorides is determined by the reference method to DIN EN 1744-1, section 7 [9] by titration using the Volhard method. The changes compared to the old method (potentiometric titration, DIN 4226-3, section 3.6.4) are quite drastic (cf. **Table 4**).

Apart from the increased sampling quantities that are required by the new standard, there are significant changes regarding the preparation of the aggregates: The samples must be reduced to particle size < 16 mm and subsequently agitated with distilled water for 60 min (old standard: boiling in distilled water). The chloride content is determined from the aqueous extract of the sample obtained in this way, with silver nitrate and ammonium thiocyanate. This is also a departure from the hitherto followed method. New apparatus, e.g. a shaking machine, a variety of glassware etc. must be purchased.

der Messprobe mit verdünnter Salzsäure wird die Lösung abfiltriert und mit Zinnchlorid-Lösung versetzt. Sind organische Bestandteile in der Probe enthalten, verfärbt sich die Lösung (Reaktion auf Fulvosäure). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit einer Standardfarbtafel in mehreren Abstufungen.

In der neuen Fassung der DIN 4226-1 wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei diesen zwei Verfahren lediglich um Vorversuche handelt. Lassen sich Hinweise erkennen, dass die Gesteinskörnung wesentliche Anteile an erstarrungs- bzw. erhärtungsstörenden Stoffen enthält (z. B. Dunkelfärbung der Lösung), so kann dieser Einfluss mit dem Mörtelverfahren (DIN EN 1744-1, Abschnitt 15.3 [9]) quantifiziert werden. Dazu werden Mörtel mit der unbehandelten Gesteinskörnung sowie mit einer zuvor erhitzten Probe hergestellt. Durch das Erhitzen werden organische Bestandteile zerstört – diese Probe dient im weiteren als Referenz.

Über den Vergleich der Erstarrungszeiten und der Druckfestigkeiten dieser zwei Mörtel lässt sich der Einfluss der organischen Bestandteile auf diese Kenngrößen quantifizieren.

Leichtgewichtige organische Bestandteile

Der Anteil leichtgewichtiger organischer Bestandteile, nach alter Norm gleichzusetzen mit den quellfähigen Bestandteilen, wird weiterhin nach dem bekannten Prinzip ermittelt (vgl. Tabelle 4). Das entsprechende Verfahren ist in DIN EN 1744-1, Abschnitt 14.2 [9] geregelt. Änderungen bei der Durchführung betreffen die eingesetzte Probenmenge, außerdem ist ein Abtrennen der Anteile < 0,3 mm erforderlich.

Wie auch beim Natronlaugetest macht eine normgemäße Prüfung des Anteils an leichtgewichtigen organischen Bestandteilen die Beschaffung neuer Glasgeräte erforderlich, da sich die Abmessungen im Vergleich zur alten Norm geändert haben.

Neue Prüfverfahren

Einige neue Prüfverfahren wurden bereits im vorangegangenen Kapitel vorgestellt, und zwar dann, wenn sie eine Alternative zur bisher üblichen Prüfung darstellen. Die neue DIN 4226-1 kennt jedoch auch Eigenschaften bzw. Prüfverfahren, die bisher nicht geläufig waren.

Auf Verfahren, welche im Rahmen der allgemeinen Anforderungen an Gesteinskörnungen relevant sein können, soll im Folgenden eingegangen werden.

Beurteilung von Feinanteilen

Bei erhöhten Anteilen an Körnern < 0,063 mm kann der Nachweis der Unschädlichkeit dieser Feinanteile bei Sanden mit zwei neuen Verfahren erbracht werden.

Beim Sandäquivalent-Verfahren (DIN EN 933-8 [10]) wird der zu prüfende Sand mit Wasser und einem Flockungshilfsmittel zunächst in einem speziellen Glaszylinder geschüttelt, anschließend wird die Höhe der Ausflockung sowie die Höhe des Bodensatzes ermittelt. Der prozentuale Anteil des Bodensatzes im Vergleich zur gesamten Ausflockung ergibt den Sandäquivalent-Wert SE.

Bislang liegen keine ausreichenden Erfahrungen vor, die die Festlegung eines Grenz- bzw. Richtwertes für den SE-Wert rechtfertigen würden (vgl. Anhang D der DIN 4226-1). Der Nachweis der Unschädlichkeit der Feinanteile gilt daher bis auf weiteres auch bei jahrelanger problemloser Verwendung eines Sandes als erbracht.

Das Methylenblau-Verfahren (DIN EN 933-9 [11]) wird im europäischen Ausland bereits seit langem praktiziert. Hier wird die Tatsache genutzt, dass die betonschädlichen Stoffe (zum Beispiel Tonminerale) den Farbstoff aus einer Farbstofflösung (Methylenblau-Lsg.) absorbieren können. Der Lösung eines Sandes in Wasser wird solange Methylenblau-Lösung zugegeben, bis der zugegebene Farbstoff nicht mehr absorbiert wird, d. h. alle enthaltenen Tonminerale mit Farbstoff gesättigt sind. Dieser Zeitpunkt wird durch die sogenannte „Tüpfelprobe“ ermittelt. Anhand der Probenmenge und der zugegebenen

Using the same preparation procedure, there are other alternative methods available for determining the chloride content (inter alia potentiometric titration as described in the old standard).

The content of acid-soluble sulfates in aggregates is determined in accordance with section 12 of the same standard. The procedure is the same as before, i.e. dissolving the sample in hydrochloric acid, followed by precipitation of the sulfate as barium sulfate. Here, the only changes are to the quantities of the test portions and the procedure used for dissolving the sample (cf. Table 4).

New apparatus are in general not required for the procedure.

Organic constituents

In order to determine whether an aggregate contains finely distributed organic matter, the test using a sodium hydroxide solution is used, the same as before. There are, however, a few changes in the new standard (cf. Table 4). Thus, for example, the procedure in accordance with DIN EN 1744, section 15.1 [9] provides for no limitation on the maximum particle size (old standard: < 8 mm). However, the test portions must be reduced to particle size < 4 mm. While testing to the old standard required no drying, the new standard specifies drying at a temperature of 55 °C.

The assessment of the discoloration (yellow: no significant content; red-back: increased content) is no longer based on a subjective estimation of the color, but is now effected by direct comparison with a reference color solution (lighter than reference solution: suitable). This reference color solution can be used for only a limited period of time (at the least, however, for 2 weeks), after which it must be prepared anew from the appropriate chemicals (iron and cobalt chloride). Care must be taken that the solution is disposed off in an environmentally friendly manner.

The fulvo acid test to DIN EN 1744-1, section 15.2 [9] is an alternative method for establishing the presence of organic constituents. The procedure described in the new standard also provides for no limitation with regard to the particle size. Following dissolution of the sample with diluted hydrochloric acid, the solution is passed through a filter and mixed with a tin chloride solution. If the sample contains organic constituents, the solution changes color (reaction to vulvo acid). The assessment is made by comparing the sample with a standard graduated color chart.

In the new version of DIN 4226-1, express attention is called to the fact that these two procedures are only preliminary tests. When there are indications of a sample containing significant amounts of constituents that would interfere with the setting or hardening process (e.g. if the solution changes to a darker color), this influence can be quantified by means of the mortar process (DIN EN 1744-1, section 15.3 [9]). For this assessment, mortars are made up from the untreated particle size as well as with a previously heated sample. The heating process destroys organic constituents – this sample would then be used as a reference.

The influence of the organic constituents on this parameter can be quantified by comparing setting times and compressive strengths.

Lightweight organic constituents

The content of lightweight organic constituents, according to the old standard equivalent to the constituents capable of swelling, is determined as before, following the same principle (cf. Table 4). The relevant procedure is regulated in DIN EN 1744-1, section 14.2 [9]. Changes in procedure refer to the size of the test portion. In addition to that, separation of particles < 0,3 mm is required.

Determination of the content of lightweight organic constituents as specified in the new standard will require the purchase of new glass apparatus, the same as is the case for the sodium hydroxide test, due to the change in dimensions.

Bild 2. Prüfgerät zur Bestimmung des Los-Angeles-Koeffizienten
Fig. 2. Apparatus used for determining the Los Angeles coefficient



nen Farbstoffmenge lässt sich der Methylenblau-Wert MB errechnen. Auch hier liegen zur Beurteilung bislang nur Erfahrungswerte aus dem Ausland vor.

Da beide Verfahren bisher in Deutschland nicht eingesetzt wurden, müssen entsprechende Geräte für diese Prüfungen neu beschafft werden.

Frost-Tausalz-Widerstand (Magnesiumsulfat-Verfahren)

Auch der Nachweis für die Frost-Tausalz-Beständigkeit wurde in der neuen DIN 4226-1 mit dem Magnesiumsulfat-Verfahren (DIN EN 1367-2 [12]) neu geregelt.

Bei dem bislang üblichen „Dosenfrost“ (Verfahren N nach DIN 52104) galt die Frost-Tausalz-Beständigkeit als gegeben, wenn die Masse der Absplitterungen (bei Absiebung durch entsprechendes Sieb) einen Wert von $< 2 \text{ M.-%}$ ergab.

Auch beim Magnesiumsulfat-Verfahren wird der Anteil an Absplitterungen nach Abschluss des Verfahrens ermittelt, die Beanspruchung der Körnung ist jedoch eine völlig andere. Eine Befrostung bzw. Frost-Tau-Wechsel entfallen, die Probe wird statt dessen 5-mal einer Magnesiumsulfat-Lösung ausgesetzt und anschließend getrocknet. Absplitterungen können entstehen, wenn bei Trocknung der mit Salzlösung gesättigten Probe in Hohlräumen der Körner Salz auskristallisiert. Ist der Druck durch die aufwachsenden Kristalle größer als die Festigkeit des Gesteins, kommt es zu Absplitterungen. Der MS-Wert gibt den Prozentsatz der Absplitterungen bei Absiebung über ein 10-mm-Sieb wieder.

Auf Grund der andersartigen Beanspruchung der Körnung sind Fälle denkbar, in denen nach neuem Verfahren keine ausreichende Frost-Tausalz-Beständigkeit mehr nachgewiesen werden kann, obwohl die gleiche Körnung zuvor als eFT eingestuft worden war. Eine frühzeitige Prüfung von Gesteinskörnungen mit dem Magnesiumsulfat-Verfahren ist daher bei entsprechender Verwendung empfehlenswert.

Neue Prüfgeräte und -mittel (Drahtsiebkörbe, Chemikalien) sind auch hier gegebenenfalls erforderlich.

Petrografische Beschreibung

Im Rahmen der Werkseigenen Produktionskontrolle muss nach neuer Norm regelmäßig (alle 3 Jahre bzw. bei wesentlichen Änderungen) eine petrografische Beschreibung der Gesteinskörnung nach DIN EN 932-3 [13] erfolgen. Dies war bisher nicht erforderlich.

Nach augenscheinlicher Begutachtung der Probe erfolgt bei diesem Verfahren die Beurteilung der Kornform und Oberflächenbeschaffenheit sowie eine petrografische Einordnung durch Auszählen der Körner. Die petrografische Einordnung beinhaltet Angaben zur Art des Gesteins, zu den vorkommenden Mineralien sowie geologische Angaben zur Lagerstätte.

Mechanische Eigenschaften

Vor allem im Bereich der physikalischen (bzw. mechanischen) Anforderungen kennt die neue Norm eine Fülle neuer Eigenschaften, die überprüft werden können, wenn die Gesteinskörnung für spezielle Anwendungen vorgesehen ist. Diese Eigen-

New methods

Some of the new test methods were already presented in the preceding chapter, all of which represent alternatives to the hitherto practiced testing. However, the new DIN 4226-1 also knows of a number of properties and/or test methods that are unfamiliar.

Methods that may be of relevance to aggregates will be discussed in what follows.

Assessment of fines

For mixes containing an increased content of particles $< 0,063 \text{ mm}$, evidence of the non-harmfulness of these fines, when contained in sands, can be provided by two new methods. With the sand equivalent method (DIN EN 933-8 [10]), the sand specimen is first agitated with water and a flocculation aid in a special-type glass cylinder; subsequently, the amount of flocculation and the height of the sediment is determined. The percentage of sediment compared to the total amount of flocculation yields the sand equivalent value SE.

So far there is not sufficient experience available that would justify specifying a limit and/or guide value for the SE value (cf. Annex D of DIN 4226-1). Proof of the non-harmfulness of fines is therefore now as before the unproblematic use of the sand.

The methylene blue test (DIN EN 933-9 [11]) has long been practiced in other European countries. Here, use is made of the fact that matter harmful to concrete (such as clay minerals) can absorb from a dye solution the dye (methylene blue solution). For this, methylene blue solution is added in drops to the solution of a sand until the added dye is no longer absorbed, i.e. all clay minerals in the specimen are saturated with dye. The point of saturation is determined by means of a so-called spot test. The methylene blue value MB can be calculated based on the sample quantity and the amount of dye added. Empirical values for this assessment are also only available from other countries.

As both test methods are new to Germany, appropriate apparatus for performing these tests must be purchased.

Resistance to freeze-thaw with de-icing salt (magnesium sulfate process)

Testing the resistance to freeze-thaw with de-icing salt has also been newly regulated in the new DIN 4226-1, using the magnesium sulfate test (DIN EN 1367-2 [12]).

With the hitherto customary "direct freezing" (method N to DIN 52104) resistance to freeze-thaw with de-icing salt was assumed to have been demonstrated when the test sample loss (after passage through the appropriate sieve) yielded a value of $< 2 \text{ M.-%}$.

In the magnesium sulfate test, the rate of loss is also determined at the end of the test. However, the actions to which the aggregates are subjected to are entirely different. Freezing and/or freeze-thaw cycles are no longer performed. Instead, the sample is exposed 5 times to a magnesium sulfate solution and subsequently dried. Sample losses can occur when in the voids of the particles in the sample saturated with a salt solution salt out-crystallizes. Losses are incurred, when the pressure asserted by the growing crystals is greater than the strength of the aggregate. The MS value reflects the percentage of sample loss incurred following passage through a 10-mm sieve.

Due to the different type of loading to which the aggregate is subjected, cases are conceivable where, using the new method, a sufficient resistance to the action of freeze-thaw with de-icing salt can no longer be shown, despite the fact that the same aggregate had previously been classified as such. It is therefore recommended to test aggregates intended for relevant utilization at an early stage, using the magnesium sulfate test.

New test devices and means (wire sieves, chemicals) may have to be acquired.

schaften, wie z. B. Widerstand gegen Abrieb, Widerstand gegen Zertrümmerung, Festigkeit, Widerstand gegen Verschleiß etc. werden nach der Normenreihe DIN EN 1097 ff. geprüft (siehe Tabelle 1). Exemplarisch soll hier nur auf den Widerstand gegen Zertrümmerung eingegangen werden.

Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand gegen Zertrümmerung bzw. die Festigkeit einer Gesteinskörnung wird charakterisiert durch den nach DIN EN 1097-2 [14] ermittelten Los-Angeles-Koeffizienten LA bzw. durch den Schlagzertrümmerungswert SZ. Während der Schlagzertrümmerungswert ein in Deutschland bekanntes Verfahren darstellt (z. B. bei Gesteinskörnungen für den Straßenbau), handelt es sich beim Los-Angeles-Verfahren um eine neue Prüfung.

Eine Gesteinsprobe der Kornklasse 10/14 mm mit definierter Zusammensetzung in diesem Bereich wird in einer rotierenden Trommel mit Stahlkugeln beansprucht (siehe **Bild 2**). Anschließend wird die Probe über ein 1,6-mm-Sieb abgeseibt. Aus dem Siebrückstand lässt sich der Los-Angeles-Koeffizient ermitteln.

Das Los-Angeles-Verfahren ist als Referenzverfahren für diese Prüfung eingeführt. Der Schlagversuch ist mit dem Verfahren nach DIN 52115-3 identisch, neue Geräte sind hier nicht erforderlich.

Zusammenfassung

Die Einführung der neuen DIN 4226 – Teil 1 und – damit verbunden – die Einführung neuer Prüfnormen für Gesteinskörnungen bringt für die Anwender deutliche Änderungen im Bereich der Durchführung der Prüfungen. Neben den Änderungen bei bekannten Verfahren, sind dabei zusätzlich bisher nicht bestimmte Eigenschaften zu überprüfen bzw. völlig neue Verfahren einzusetzen. Dies macht die Anschaffung neuer Prüfgeräte und -mittel erforderlich. Darüber hinaus sind Anpassungen im Bereich von Vordrucken und Formblättern notwendig.
Petra Arens, Neuwied

Petrographic description

Within the scope of factory production control, the new standard requires a petrographic description of the aggregates to be provided at regular intervals (every 3 years and/or whenever significant changes occur) in accordance with DIN EN 932-3 [13]. This was previously not necessary.

Following a visual examination of the specimen, the procedure calls for an assessment of the particle shape and the surface characteristics, as well as a petrographic classification by counting the particles. The petrographic description includes information on the type of rock, the occurrence of minerals as well as geological data on the deposit.

Mechanical properties

The new standard specifies a large number of new properties that can be tested when the aggregates are intended for specific applications. This applies in particular to the physical (and/or mechanical) properties. These properties, such as the resistance to wear, resistance to fragmentation etc. are tested in accordance with the standard series DIN EN 1097 ff. (Table 1). One example, the resistance to fragmentation, is discussed here as an example.

Resistance to fragmentation

The resistance to fragmentation and/or the strength of a particle size is characterized by the Los Angeles coefficient LA and/or fragmentation value SZ, determined as specified in DIN EN 1097-2 [14]. While the fragmentation value is a method known in Germany (e.g. for assessing particle sizes intended for road construction), the Los Angeles test is new.

A test portion of 10/14 mm aggregate of defined composition within this range is rolled in a steel drum together with steel balls (cf. **Fig. 2**). Subsequently, the test portion is passed through a 1.6 mm sieve. The Los Angeles coefficient is determined by the particles retained in the sieve.

The Los Angeles test has been introduced as a reference method. The impact test (S.V.) is identical with the method described in DIN 52115-3; new apparatus is here not required.

Summary

The introduction of the new DIN 4226 – Part 1 and – in connection with this - the implementation of the new test standards for aggregates, requires users to adapt to significant changes in test procedures. In addition to the changes made to known methods, further properties and characteristics must now be determined and/or entirely new methods used. This requires acquisition of new test apparatus and means. In addition to that, adjustments to printed forms must be made.

LITERATUR

- [1] DIN EN 206-1: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Beuth Verlag, Berlin 2000
- [2] DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregeln zur DIN EN 206-1, Beuth Verlag, Berlin 2001
- [3] DIN 4226-1: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen, Beuth-Verlag, Berlin 2001
- [4] DIN EN 933-1: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung, Siebverfahren, Beuth-Verlag, Berlin 1995
- [5] DIN EN 933-3: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Bestimmung der Kornform, Plattigkeitskennzahl, Beuth-Verlag, Berlin 1997
- [6] DIN EN 933-4: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung der Kornform, Kornformkennzahl, Beuth-Verlag, Berlin 1999
- [7] DIN EN 1097-6: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme, Beuth-Verlag, Berlin 2000
- [8] DIN EN 1367-1: Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Ver-

- witterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstands gegen Frost-Tau-Wechsel, Beuth-Verlag, Berlin 1999
- [9] DIN EN 1744-1: Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Chemische Analyse, Beuth-Verlag, Berlin 1998
- [10] DIN EN 933-8: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen, Sandäquivalent-Verfahren, Beuth-Verlag, Berlin 1999
- [11] DIN EN 933-9: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 9: Beurteilung von Feinanteilen, Methylenblau-Verfahren, Beuth-Verlag, Berlin 1998
- [12] DIN EN 1367-2: Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 2: Magnesiumsulfat-Verfahren, Beuth-Verlag, Berlin 1998
- [13] DIN EN 932-3: Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Durchführung und Terminologie einer vereinfachten petrographischen Beschreibung, Beuth-Verlag, Berlin 1996
- [14] DIN EN 1097-2: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstands gegen Zertrümmerung, Beuth-Verlag, Berlin 1998