

SUMMARY

Quality assurance and production monitoring are important parts of cement production. In order to ensure uniform quality standards the various countries and regions have standards that give a precise description of the nature, implementation, scope and evaluation of the testing to be carried out. The cement tests required of the cement producers are, as a rule, carried out on cement mortars. It is appropriate to use standard sand to ensure the precision and reproducibility of these tests. The world's largest supplier of standard sand is Normensand GmbH from Beckum, Germany. Its production of standard sand goes back to 1945. The company has prepared the CEN reference sand and has stored large quantities of it on behalf of the CEMBUREAU so that even in the future it will be possible to ensure comparable precision within the European standardization region when testing the standard strength. The finding that the sand used in the mortar has a substantial influence on the results of the mortar strength test has caused Normensand GmbH to use a special plant technology to produce sand with an artificially uniform particle size distribution. Because of the great importance of the sand for the cement industry the amount of testing during third-party and in-house monitoring is far greater than is required by the standard. Some of the important aspects of this are described in the article. ◀

ZUSAMMENFASSUNG

Ein wichtiger Teil der Zementproduktion ist die Qualitätssicherung und die Produktionsüberwachung. Um einheitliche Qualitätsstandards zu gewährleisten, existieren in den verschiedenen Ländern und Regionen Normen, in denen Art, Ausführung, Umfang und Auswertung der durchzuführenden Prüfung genau beschrieben sind. Die von den Zementherstellern geforderten Zementprüfungen werden in der Regel an Zementmörteln durchgeführt. Um die Präzision und Reproduzierbarkeit der Prüfungen sicher gewährleisten zu können, ist der Einsatz von genormtem Sand, dem so genannten Normsand, sinnvoll. Der weltweit größte Anbieter von Normsand ist die Normensand GmbH aus Beckum, Deutschland, deren Prüfsandproduktion bis in das Jahr 1945 zurückreicht. Das Unternehmen hat den CEN-Referenzsand erstellt und im Auftrag des CEMBUREAU größere Mengen davon eingelagert, um auch in Zukunft innerhalb des europäischen Normungsbereichs eine vergleichbare Präzision bei der Prüfung der Normfestigkeit sicherstellen zu können. Die Erkenntnis, dass der im Mörtel verwendete Sand erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Mörtelfestigkeitsprüfung hat, führte dazu, dass die Normensand GmbH mit einer speziellen Anlagentechnik einen Sand mit synthetisch gleichmäßiger Kornverteilung produziert. Aufgrund der hohen Bedeutung des Sands für die Zementindustrie liegt der Prüfaufwand der Fremd- und Eigenüberwachung weit über dem normativ geforderten Prüfumfang. Einige wichtige Aspekte daraus werden in dem Beitrag beschrieben. ◀

Standard sand as the standard for worldwide monitoring of cement quality

Normensand als Standard der weltweiten Qualitätsüberwachung von Zement

1 Introduction

Quality assurance and production monitoring have a long tradition in the cement industry that goes back to the time of the first product standard in the years 1877/78. Then, as now, the current product standard specified the minimum amount of testing needed to ensure that the cements conformed to the standards. Ever since the beginning of cement production the strength development has been an important cement characteristic for assessing the quality. At an early stage it was recognized that strength testing on mortar, i.e. on a mixture of cement, sand and water, is more meaningful than just testing the hardened cement paste. So far the subdivision of cements into strength classes in the standards has been taken into account in concrete technology. Modern concrete design, for example, is also based on the strength class of the cement to be used.

The precision of the testing, determined statistically as the variation around the mean value, is crucial for testing in the context of production control. The overall variation is made up of the variation due to the test method and the variation due to the quality of the product. The variation due to the test method must be as small as possible if the quality of the cement is to be assessed by its compressive strength. Extensive investigations in the middle of the last century showed that the precision of the mortar compressive strength test is affected not only by the temperature and production procedure but also, and in particular, by the sand used. In 1965 it was reported in the laboratory committee of the VDZ (German Cement Works Association) that "test sands of differing origin [...] lead to different strengths even if the variations in the particle size distribution do not exceed the stipulated limits". No natural sand exhibits this required uniformity in particle size range or in chemical and mineralogical composition so this has resulted in test sands that are assembled industrially, i.e. by selective mechanical means [1].

Normensand GmbH was commissioned by the CEMBU-REAU to produce and store a large stock of CEN reference sand with a specified particle size distribution so that even in the future it would be possible to ensure comparable precision within the European standardization region when testing the standard strength. For the CEN reference sand this involves, in accordance with the provisions of the standard, a naturally rounded quartz sand with a silicon dioxide content of at least 98 % in units of 1350 ± 5 g.

The performance of all CEN standard sands must be compared with this reference sand, which is considered the fundamental standard for test sand. In accordance with EN 196-1 the cement compressive strength that is obtained with a CEN standard sand must therefore not deviate significantly from that determined with the CEN reference sand.

1 Einleitung

Die Qualitätssicherung und Produktionsüberwachung in der Zementindustrie haben eine lange Tradition, die bis in die Zeit der ersten Produktnormung in den Jahren 1877/78 zurückreicht. Damals wie heute gibt die gültige Produktnorm den Mindestprüfaufwand vor, mit dem die Normkonformität der Zemente sichergestellt wird. Seit Beginn der Zementproduktion ist dabei die Festigkeitsentwicklung eine wesentliche Zementcharakteristik, mit der die Qualität beurteilt wird. Schon frühzeitig wurde erkannt, dass die Festigkeitsprüfung am Mörtel, also dem Gemisch aus Zement, Sand und Wasser, sinnvoller ist als die alleinige Prüfung des Zementsteins. Die normative Unterteilung der Zemente in Festigkeitsklassen findet bis heute Berücksichtigung in der Betontechnologie. So basiert das moderne Betondesign auch auf der Festigkeitsklasse des zu verwendenden Zements.

Entscheidend für eine Prüfung im Rahmen der Produktionskontrolle ist die Präzision der Prüfung, die als Streuung um den Mittelwert statistisch ermittelt wird. Die Gesamtstreuung setzt sich aus der Streuung des Prüfverfahrens und aus der Produktqualitätsstreuung zusammen. Um die Qualität eines Zements mit der Druckfestigkeit beurteilen zu können, muss die Streuung des Prüfverfahrens möglichst gering ausfallen. Umfangreiche Untersuchungen in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts zeigten, dass neben der Temperatur und dem Herstellungsverfahren insbesondere der verwendete Sand die Präzision der Mörteldruckfestigkeitsprüfung beeinflusst. So wurde im Rahmen des Laboraussschusses des Vereins Deutscher Zementwerke (VDZ) 1965 berichtet, dass „Prüfsande verschiedener Herkunft [...] zu unterschiedlichen Festigkeiten führen, auch wenn die Abweichungen in der Kornzusammensetzung die festgelegten Grenzen nicht überschreiten“. Da kein Natursand diese erforderliche Gleichmäßigkeit im Kornband sowie in der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung aufweist, resultierten in der Folge industrielle, d.h. gezielt maschinell zusammengesetzte Prüfsande [1].

Um auch in Zukunft innerhalb des europäischen Normungsbereichs eine vergleichbare Präzision bei der Prüfung der Normfestigkeit sicherstellen zu können, wurde die Normensand GmbH vom CEMBU-REAU damit beauftragt, einen großen Vorrat an CEN-Referenzsand mit definierter Kornverteilung herzustellen und einzulagern. Gemäß den Normvorgaben handelt es sich bei dem CEN-Referenzsand um natürlich gerundeten Quarzsand mit einem Siliziumdioxidgehalt von mindestens 98 % in Einheiten von 1350 ± 5 g.

Mit diesem CEN-Referenzsand, der als das Urmeter des Prüfsands verstanden wird, muss die Leistungsfähigkeit aller CEN-Normsande abgeglichen werden. So gilt gemäß EN 196-1, dass die Zementdruckfestigkeit, die mit einem CEN-Normsand erhalten wird, nicht wesentlich von der abweicht, die mit dem CEN-Referenzsand ermittelt wird.

Table 1: Validation testing for standard sand in accordance with EN 196-1

Tabelle 1: Validierungsprüfung für Normsand gemäß EN 196-1

1. Certification testing
<p>Initial certification testing and annual compliance testing, based on which the certification body draws up a certificate of conformity</p> <ul style="list-style-type: none"> › One requirement is that CEN standard sand is currently in production › Three samples to be taken within three months under the supervision of the certifier › 20 mortar mixes are made up with each standard sand sample and are compared with 20 mortar mixes made with CEN reference sand. Three cements from different strength classes are used for this purpose. › The evaluation criteria are the 28-day compressive strength of the series and the coefficient of variation (which must always be < 2.0 %) as well as the validation criterion $D < 5.0 \%$, which is calculated from the average compressive strength value of the sand to be validated x and that of the reference sand y: $D = 100 \times (x - y)/y$. › The compliance testing is carried out over twelve months with one of the three samples <p>Annual reverification testing</p> <ul style="list-style-type: none"> › Checking of the in-house monitoring reports by the certifier › Testing a random sample against the CEN reference sand with a CEM I 42,5 N, CEM I 42,5 R or CEM I 52,5 N cement that is taken under the supervision of the certifier
2. Compliance testing: continuous in-house monitoring
<ul style="list-style-type: none"> › Daily check of the particle size distribution and moisture content of the CEN standard sand production on one sample › Monthly check of a CEN standard sand sample in comparison with the CEN standard sand sample taken under the supervision of the certifier; sample size: ten mortar pairs › The evaluation criteria are the 28-day compressive strength of the series and the coefficient of variation (which must always be < 2.0 %) as well as the validation criterion $D < 5.0 \%$, which is calculated from the average compressive strength value of the CEN standard sand from current production x and the results of the sand sample y taken under the supervision of the certifier › In a series of twelve successive monthly tests D must not be greater than $2 \times 2.5 \%$

2 Monitoring the production of standard sand

EN 196-1 [2] specifies the minimum amount of testing that will ensure that a CEN standard sand conforms to the standard. The standard differentiates between certification testing and compliance testing (▶ Table 1). The certification testing consists of the initial certification testing of the standard sand and the annual reverification testing by a third-party inspection body. One precondition for the certification testing is the ongoing production of CEN standard sand. The continuous compliance testing then corresponds to the in-house monitoring of the standard sand production.

2.1 In-house monitoring

The uniformity of the standard sand is so important in cement production control that the amount of testing by Normensand GmbH far exceeds the requirements of the standard. The main aim is to provide the customer with products that are as uniform as possible. For example, the monitoring of the particle size distribution (grading curve) at the production site of Normensand GmbH in Beckum does not take place just once per day – as required by the standard – but is checked and recorded on every fiftieth pouch. More than 10 000 particle size distributions were determined in the past years. With this amount of data it is possible to show that the particle size range has an artificial uniformity that can only be achieved by optimized and strictly monitored production conditions [3].

2 Produktionsüberwachung der Normsandproduktion

Die EN 196-1 [2] gibt den Mindestprüfaufwand vor, mit dem die Normkonformität eines CEN-Normsands sichergestellt wird. Die Norm unterscheidet zwischen Zertifizierungsprüfung und Nachweisprüfung (▶ Tabelle 1). Die Zertifizierungsprüfung besteht aus der ersten Zertifizierungsprüfung des Normsands und der jährlichen Bestätigungsprüfung durch einen Fremdüberwacher. Voraussetzung für die Zertifizierungsprüfung ist eine laufende Produktion von CEN-Normsand. Die kontinuierliche Nachweisprüfung entspricht dann der Eigenüberwachung der Normsandproduktion.

2.1 Eigenüberwachung

Da die Gleichmäßigkeit des Normsands eine so hohe Bedeutung bei der Zementproduktionskontrolle weltweit hat, übersteigt der Prüfaufwand der Normensand GmbH den normativ geforderten Aufwand erheblich. Das oberste Ziel ist, dem Kunden Produkte mit der höchstmöglichen Gleichmäßigkeit zu bieten. So findet die Überwachung der Kornverteilung (Sieblinie) am Produktionsstandort der Normensand GmbH in Beckum nicht wie von der Norm gefordert nur einmal täglich statt, sondern wird an jedem fünfzigsten Sack überprüft und dokumentiert. In den vergangenen Jahren wurden mehr als 10 000 Kornverteilungen ermittelt. Mit dieser Datenlage ist es möglich, aufzuzeigen, dass das Kornband eine synthetische Gleichmäßigkeit aufweist, die nur durch optimierte und streng überwachte Produktionsbedingungen darstellbar ist [3].

Da der CEN-Normsand bei der Eigenüberwachung der Festigkeitsentwicklung von Zement eingesetzt wird, ist das Hauptkriterium der Überwachung des Sands, d. h. das Hauptkriterium der Nachweisprüfung die 28-Tage-Mörteldruckfestigkeit. Für diese gemäß EN 196-1 monatlich durchzuführende Nachweisprüfung wird eine Portlandzementcharge über zwölf Monate eingesetzt, die einmal im Jahr genommen und vor der Verwendung homogenisiert wird. Um die Gleichmäßigkeit der laufenden Normsandproduktion nachzuweisen, wird nun die 28-Tage-Mörteldruckfestigkeit des Sands aus der laufenden Produktion derjenigen aus der Produktion des vergangenen Jahres gegenübergestellt. Die hierzu verwendete Rückstellprobe, d. h. die Sandcharge des vergangenen Jahres, wird unter Aufsicht des Fremdüberwachers genommen. Zehn Normsandbeutel der Nachweisprüfung werden an zwei Arbeitstagen der Produktion aus nummerierten Säcken entnommen.

So kann jeder einzelne Normsandbeutel einer genauen Produktionszeit zugeordnet werden. Die zehn Mörtelmischungen aus laufender Produktion und die zehn aus der Rückstellprobe werden unmittelbar nacheinander in einer zufälligen Reihenfolge im Prüflabor hergestellt.

Aus den 28-Tage-Druckfestigkeiten der beiden Probenserien werden die Monatsmittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen ermittelt. Der Variationskoeffizient der Probenserien sollte unter 2,0 % liegen. Aus dem Monatsmittelwert der laufenden Produktion x und dem der Rückstellprobe y ergibt sich dann das Validierungskriterium D :

$$D = 100 (x - y)/y$$

Innerhalb von zwölf aufeinanderfolgenden Monatsprüfungen darf der D -Wert maximal zweimal größer sein als 2,5 %.



Figure 1: In accordance with EN 196-1, CEN standard sand must be packed in pouches containing 1350 ± 5 g. Three mortar prisms can be produced with one pouch. Specifying the pouch weight minimizes weighing errors in the laboratory. The CEN reference sand, i.e. the fundamental standard for the CEN test sand, is stored and sold in glass jars packed by Normensand GmbH.

Bild 1: Gemäß EN 196-1 muss ein CEN-Normsand in Beuteln mit 1350 ± 5 g Inhalt verpackt sein. Mit einem Beutel werden drei Mörtelprismen hergestellt. Durch das Vorschreiben des Beutelgewichts wird der Wiegefehler im Labor minimiert. Der CEN-Referenzsand, d.h. das Urmeter des CEN-Prüfsands, wird in Gläsern verpackt von der Normensand GmbH gelagert und vertrieben.

CEN standard sand is used for in-house monitoring of the strength development of cement, so the main criterion when monitoring the sand – i.e. the main criterion for the compliance testing – is the 28-day mortar compressive strength. For this compliance testing, which in accordance with EN 196-1 has to be carried out monthly, a batch of Portland cement that is taken once per year and homogenized before use is used over a period of twelve months. In order to demonstrate the uniformity of the current standard sand production the 28-day mortar compressive strength of the sand from current production is then compared with that of the production from the previous year. The retention sample used for this purpose, i.e. the sand batch from the previous year, is taken under the supervision of the third-party inspection body. Ten pouches of standard sand for compliance testing are taken from numbered bags on two production working days.

This means that each individual pouch of standard sand can be assigned to a precise production time. The ten mortar mixes from current production and the ten from the retention sample are produced immediately after one another in a random sequence in the test laboratory.

The monthly average values and the associated standard deviations are determined from the 28-day compressive strengths of the two series of samples. The coefficients of variation of the sample series should be less than 2.0 %. The validation criterion D is then obtained from the monthly average value of the current production x and that of the retention sample y:

$$D = 100 (x-y)/y$$

Within twelve successive monthly tests the D value is allowed to have a maximum value of 2 × 2.5 %. If the standard sand production does not meet these requirements this must be immediately reported to the certifier, the cause

Wenn die Normsandproduktion diese Anforderung nicht erfüllt, muss dies umgehend dem Zertifizierer gemeldet, die Ursache ermittelt und die Erstzertifizierung wiederholt werden. Dieser Fall ist bei der Normensand GmbH in der mehr als 50-jährigen Geschichte noch nie vorgekommen.

Über diese Normforderung hinaus werden zusätzlich bei laufender Produktion zwei Proben wöchentlich für eine ergänzende Eigenüberwachung genommen. An diesen Proben wird ebenfalls die 28-Tage-Mörteldruckfestigkeit (unter Verwendung der gleichen Portlandzementrückstellprobe wie bei der Nachweisprüfung) im Vergleich mit der der Sandrückstellprobe des vergangenen Jahres ermittelt. Außerdem wird an zwei Proben der laufenden Produktion sowie an zwei Normsandrückstellproben des vergangenen Jahres die 28-Tage-Mörteldruckfestigkeit unter Verwendung eines CEM III/B Zements ermittelt.

Mit den ermittelten Mörteldruckfestigkeiten wird wiederum der D-Wert berechnet. Auch bei diesen ergänzenden Untersuchungen gilt, dass der D-Wert kleiner als 2,5 % sein muss.

Grundsätzlich wird von allen bei der Nachweisprüfung und der Eigenüberwachung eingesetzten Normsandbeuteln das Gewicht bestimmt und dokumentiert. So wird sichergestellt, dass die Normvorgabe 1350 ± 5 g eingehalten wird. Als weitere Parameter werden regelmäßig an Normsandproben das Mörtelausbreitmaß und der Luftporengehalt bestimmt. Mit dem Ausbreitmaß kann auf Kornformänderungen geschlossen werden, die das rheologische Verhalten eines Normmörtels beeinflussen würden. Ein steigender Luftporengehalt würde auf Probleme mit der Sandtrocknungsanlage hinweisen. Ein NaOH-Test wird zudem regelmäßig genutzt, um sicherzustellen, dass die Sandkomponenten nicht organisch verunreinigt sind.

2.2 Fremdüberwachung

Mit dem Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) hat die Normensand GmbH einen besonders kritischen CEN-Normsand Kunden. Der VDZ legt als national und international tätige Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle besonderen Wert auf die über Jahre konstante Qualität des Sands. Daher wird vor der Abnahme der Jahresmenge an CEN-Normsand die laufende Produktion in einem weiteren umfangreichen Untersuchungsprogramm bewertet und die Sandqualität aus dem Vorjahr der laufenden Produktion gegenübergestellt. Bei dieser Sonderprüfung werden sowohl im Labor des VDZ als auch im Prüflabor der Normensand GmbH drei unterschiedliche Zemente und vier Sandchargen in kurzer Zeit geprüft. Da neben der 28-Tage-Druckfestigkeit auch die 2-Tage-Druckfestigkeit ermittelt wird, werden in beiden Laboren jeweils 540 Einzelwerte generiert. Mit diesem Vergleichstest stellt der VDZ die Prüfgenauigkeit bei der Fremdüberwachung des jeweiligen Jahres sicher. Außerdem kann er mit diesem seit Jahren durchgeführten Untersuchungsprogramm belegen, dass sich die Sandqualität der Normensand GmbH nicht geändert hat, was für die Zementindustrie, die Normensand GmbH und die Reputation des VDZ als Fremdüberwacher äußerst wichtig ist.

Die Nachweisprüfungen sowie ergänzenden Prüfungen der Normsandproduktion werden im Auftrag der Normensand GmbH im Zentrallabor der HeidelbergCement AG in Enniger-

must be determined and the initial certification must be repeated. This situation has never yet occurred at Normensand GmbH in its more than 50-year history.

In addition to this requirement of the standard two samples are taken every week while production is in progress for supplementary in-house monitoring. The 28-day mortar compressive strengths of these samples (using the same Portland cement retention sample as for the compliance testing) are also determined and compared with those of the sand retention samples. The 28-day mortar compressive strengths are also determined on two samples from current production and on two standard sand retention samples from the previous year using a CEM III/B cement.

The D value is calculated again using the measured mortar compressive strengths and in these supplementary investigations must be less than 2.5 %.

Basically, the weight of every standard sand pouch, particularly those used in compliance testing and in-house monitoring, is measured and recorded. This ensures that the standard specification of 1350 ± 5 g is met. The mortar flow-table spread and the air void content are also determined regularly on standard sand samples as further parameters. Changes in particle shape that would affect the rheological behaviour of a standard mortar can be deduced from the flow-table spread. A rising air void content would indicate problems with the sand drying plant. An NaOH test is also used regularly to ensure that the sand components are not organically contaminated.

2.2 Third-party inspection

The VDZ (German Cement Works Association) is a particularly critical customer of Normensand GmbH for CEN standard sand. As a nationally and internationally active testing laboratory, inspection and certification body the VDZ places particular emphasis on consistent sand quality over the years. Before the annual quantity of CEN standard sand is accepted the current production is therefore evaluated in another extensive investigative programme and the quality of the sand from the previous year is compared with that of the current production. In this special test three different cements and four batches of sand are tested in a short space of time both in the VDZ's laboratory and in Normensand GmbH's test laboratory. The compressive strengths are measured at 2 days as well as at 28 days so 540 individual values were generated in each of the two laboratories. The VDZ uses this comparison test to ensure the accuracy of testing in the third-party inspection for the particular year. With this investigative programme, which has been carried out for years, it can also confirm that the quality of sand supplied by Normensand GmbH has not changed – which is extremely important for the cement industry, for Normensand GmbH and for the reputation of the VDZ as a third-party body.

The compliance tests as well as the supplementary tests on the standard sand production are carried out in the central laboratory of HeidelbergCement AG in Ennigerloh (► Fig. 2) on behalf of Normensand GmbH. The central laboratory was chosen because of its location close to the standard sand production – the production sites are only 15 km away – and because the organizational structure of the laboratory is geared to a large number of construction material tests with a low testing error.



Figures 2–4: HeidelbergCement AG's central laboratory in Ennigerloh has been optimized for high product throughput. The standard mortars are stored in special steel basins. The results of the mortar compressive strengths are automatically assigned to the sample recorded in the LIMS and evaluated statistically.

Bilder 2–4: Das Zentrallabor Ennigerloh der HC AG ist für einen hohen Probandendurchsatz optimiert worden. Die Normmörtellagerung erfolgt in Edelstahlbecken. Die Ergebnisse der Mörteldruckfestigkeiten werden automatisch der im LIMS erfassten Probe zugeordnet und statistisch ausgewertet.

loh durchgeführt (► Bild 2). Die Wahl fiel auf das Zentrallabor aufgrund der örtlichen Nähe zur Normensandproduktion – die Produktionsstandorte liegen lediglich 15 Kilometer auseinander – und weil die Organisationsstruktur des Labors auf eine hohe Anzahl an Baustoffprüfungen bei geringem Prüffehler ausgerichtet ist.

Anmerkung dazu: Die Prüfgenauigkeit eines Labors wird mit der Langzeitwiederholbarkeit beschrieben. Als Langzeitwiederholbarkeit wird in der EN 196-1 der Übereinstimmungsgrad der Prüfergebnisse verstanden, der durch häufiges Prüfen verschiedener Teilmengen aus derselben homogenisierten Zementprobe von unterschiedlichen Laboranten

A note on this subject: The testing accuracy of a laboratory is described by the long-term repeatability. EN 196-1 describes long-term repeatability as the level of agreement of the test results that are obtained by frequent testing of different sub-samples of the same homogenized cement sample by different laboratory assistants using different equipment with the same CEN standard sand over a period of one year in the same laboratory. Because of the standardized testing procedures and the first-class personnel (mainly educated in-house) the test variations in the central laboratory are very small. In 2010 and 2011 an external certifier had the 28-day mortar compressive strengths measured in the central laboratory in Ennigerloh as part of long-term repeatability measurements. The certifier determined coefficients of variation v of 1.5 % and 1.8 % respectively. According to EN 196-1 the coefficient of variation for normal work should be less than 3.5 %. Better laboratories have coefficients of variation of 2.5 %.

When each sample is delivered to Ennigerloh it is assigned a laboratory number and a testing catalogue in the central laboratory's laboratory information and management system (LIMS). The LIMS also generates a label with a barcode so that each sample is uniquely recorded. The results of the mortar compressive strengths generated with a sample are, for example, immediately assigned to the sample number in the system and automatically transferred to the database. This structured laboratory procedure makes it possible to investigate a large number of samples with a low test variation. About 20 000 mortar compressive strengths are determined every year in the Ennigerloh central laboratory.

The characteristic variables of the results are calculated automatically in the LIMS, evaluated statistically and issued in special reports. These are forwarded immediately to Normensand GmbH.

3 Final comments

The constantly rising demands made on the performance of modern cements mean that the test sand must continue to have a high level of uniformity. Both Normensand GmbH and the central laboratory therefore have certified management systems. The high quality requirements for the production are ensured by the regular external audits. This quality requirement is appreciated by cement producers throughout the world: 70 % of the production of Normensand GmbH is exported. ◀

an unterschiedlichen Geräten mit dem gleichen CEN-Normensand über einen Zeitraum von einem Jahr im selben Labor erzielt wird. Aufgrund der standardisierten Prüfungsabläufe und des qualifizierten (weitgehend selbst ausgebildeten) Personals sind die Prüfstreuungen im Zentrallabor sehr niedrig. In 2010 bzw. 2011 hat ein externer Zertifizierer im Rahmen einer Langzeitwiederholbarkeitsmessung die 28-Tage-Mörteldruckfestigkeiten im Zentrallabor Ennigerloh bestimmen lassen. Dabei ermittelte der Zertifizierer einen Variationskoeffizient v von $v = 1,5\%$ bzw. $1,8\%$. Gemäß EN 196-1 sollte bei normaler Leistung der Variationskoeffizient kleiner 3,5 % sein. Bessere Labore weisen Variationskoeffizienten von 2,5 % auf.

Bei der Anlieferung in Ennigerloh werden jeder Probe im Laborinformations- und Managementsystem (LIMS) des Zentrallabors eine Labornummer und ein Prüfkatalog zugeordnet. Zudem generiert das LIMS ein Etikett mit Barcode, sodass jede Probe unverwechselbar erfasst ist. Die z.B. mit einer Probe generierten Ergebnisse der Mörteldruckfestigkeit werden im System direkt der Probennummer zugeordnet und automatisch in die Datenbank übernommen. Durch diesen strukturierten Laborablauf ist es möglich, eine hohe Probenanzahl mit geringer Prüfstreuung zu untersuchen. So werden jährlich im Zentrallabor Ennigerloh rund 20 000 Mörteldruckfestigkeiten ermittelt.

Mit den Ergebnissen werden im LIMS automatisch die Kenngrößen berechnet, statistisch ausgewertet und in speziellen Reports ausgegeben. Diese werden unverzüglich der Normensand GmbH übermittelt.

3 Schlussbemerkung

Die ständig steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit moderner Zemente erfordern auch in Zukunft eine hohe Gleichmäßigkeit beim Prüfsand. Sowohl die Normensand GmbH als auch das Zentrallabor besitzen daher ein zertifiziertes Managementsystem. Durch die regelmäßig durchgeführten externen Audits wird der hohe Qualitätsanspruch der Produktion sichergestellt. Diesen Qualitätsanspruch honorieren die Zementhersteller weltweit: 70 % der Produktion der Normensand GmbH werden exportiert. ◀

LITERATURE / LITERATUR

- [1] Rendchen, K.; Manns, W.; Loch, W.: Normsand nach DIN 1164 Teil 7. Zement-Kalk-Gips 42 (1989) No. 6, pp. 306–310.
- [2] EN 196-1: 2005-05 Methods of testing cement Part 1: Determination of strength.
- [3] H. Schellhorn, R. Struth, F. Sybertz, CEN standard sand – a proven quality control product. CEMENT INTERNATIONAL 5 (2007) No. 2, pp. 54–62.