



Verein Deutscher Zementwerke e.V.  
Forschungsinstitut der Zementindustrie

---

## **Betontechnische Berichte Concrete Technology Reports 2001-2003**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Gerd Thielen

---

# Vorwort

Mit dem 29. Sammelband der „Betontechnischen Berichte“, die 2001 bis 2003 in der Fachzeitschrift „beton“ erschienen sind, setzt sich die seit 1960 bestehende Buchreihe fort. In den 16 Beiträgen des neuen Bandes veröffentlicht das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ), Düsseldorf, Ergebnisse und Erkenntnisse aus technisch-wissenschaftlichen Forschungsarbeiten zu betontechnischen und chemisch-mineralogischen Fragestellungen. Es gehört zu den satzungsgemäßen Aufgaben des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ), die Ergebnisse der Arbeiten des von ihm getragenen Forschungsinstituts (FIZ) zu Fragen der Anwendung von Zement und Beton der Fachwelt bekannt zu machen. Durch die Bereitstellung der Beiträge in Deutsch und Englisch wird allen Interessierten auch außerhalb des deutschsprachigen Raums ein Zugang zu den Forschungsarbeiten eröffnet und Gelegenheit gegeben, die Ergebnisse kennenzulernen und zu diskutieren. Es ist das Ziel der Betontechnischen Berichte, die wissenschaftliche Klärung des jeweiligen Themas darzustellen und deren baupraktischen Nutzen sowie die Umsetzung in die Praxis aufzuzeigen.

Für den freien Warenverkehr in Europa ist die europäische Normung eine wichtige Voraussetzung. Sowohl die europäische Zementnorm als auch die europäische Betonnorm bedingen eine Anpassung der bisherigen nationalen Regeln. Dabei ist die Anwendbarkeit der erhöhten Anzahl von Normenzementen vor allem hinsichtlich der nutzungsbedingten Dauerhaftigkeit der damit hergestellten Betone besonders wichtig. Neben der Dauerhaftigkeit gewinnen Nachhaltigkeitsaspekte im Bauwesen eine immer größere Bedeutung. Die Wiederverwendbarkeit von Beton steht außer Frage. Allerdings kann ein sinnvolles Recycling von festem oder auch frischem Beton nur stattfinden, wenn die technologischen Zusammenhänge und die Auswirkungen von recyklierten Gesteinskörnungen oder von einzelnen Frischbetonkomponenten, wie z.B. Restwasser, bekannt sind. Besonders nützlich ist ein Betonrecycling, wenn eine mehrfache Wiederverwendung möglich ist.

Betonzusatzmittel sind ein zunehmend bedeutender Bestandteil der Mischung. Neue Entwicklungen innerhalb der verschiedenen Wirkungsgruppen ermöglichen günstige baupraktische Veränderungen bei der Betonverarbeitung. Langzeitverzögerer, die u.a. beim Frischbetonrecycling zum Einsatz kommen, greifen in den Hydratationsablauf ein. Durch die Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Zementpartikel und Verzögererpolymer wurde ein Beitrag zur Vermeidung von Fehlreaktionen und zum zielgerichteten Einsatz geleistet. Für den erforderlichen Frost-Tausalz-Widerstand von Fahrbahndeckenbeton ist der Einsatz von luftporenbildenden Zusatzmitteln unumgänglich. Dabei muss der vorgeschriebene Luftgehalt mit hoher Gleichmäßigkeit eingebracht werden. Die dazu notwendigen Voraussetzungen bei der LP-Mitteldosierung wurden herausgearbeitet. Das Merkmal der Selbstverdichtenden Betone (SVB) ist ihre Verarbeitbarkeit ohne Zufuhr von Verdichtungsenergie. Zur Beurteilung von SVB wurden Prüfkennwerte in Abhängigkeit von den Betonzusammensetzungen aufgestellt, die vor allem beim Einsatz als Transportbeton notwendig sind. Zudem wurden Prüfverfahren entwickelt, mit denen die zielgerechte Verarbeitbarkeit des SVB beurteilt werden kann. Der Aspekt der Verarbeitbarkeit stellt sich auch beim Einsatz von Silikastaub, der z.B. für die Herstellung von hochfesten Betonen eingesetzt wird und nur bei völliger Dispergierung während des Mischvorgangs seine gefügeverbessernde Wirkung entfalten kann.

Zwei Beiträge im Zusammenhang mit der Alkali-Kieselsäure-Reaktion sollen dazu beitragen, ein schädigendes Ausmaß solcher Reaktionen im Beton zu vermeiden. Dabei werden stoffliche Einflussmöglichkeiten dargestellt, die den Anteil der löslichen Alkalien im Beton, z.B. durch hüttensandhaltige Zemente oder den Einsatz von Zusatzstoffen, aufgrund von Alkalibindungen in der Matrix vermindern. Bei den vier letzten Beiträgen des Sammelbandes steht die Dauerhaftigkeit im Vordergrund. Zum Thema Hochfester Beton werden die Hydratationswärme- und Festigkeitsentwicklung sowie die durch die Hydratationswärme beeinflussten Schwindvorgänge dargestellt und die damit zusammenhängenden Zwangsbeanspruchungen erläutert. Einen ausreichenden chemischen Widerstand von Beton bei relativ hohen Angriffsgraden sicherzustellen, erfordert besondere betontechnologische Maßnahmen. Für einen Säureangriff mit pH-Werten < 6,5, wie sie im Abwasserbereich vorkommen können, wurden Betonzusammensetzungen entwickelt, die ausreichend widerstandsfähig sind. Der Widerstand von Beton gegen einen Sulfatangriff bei niedrigen Temperaturen, wie sie bei erdberührten Bauteilen häufig vorliegen, wurde umfassend untersucht. Während Betone mit HS-Zement auch in diesen Temperaturbereichen einen hohen Sulfatwiderstand im Versuch zeigten, wurden bei Zement/Flugasche-Mischungen sehr hohe Dehnungen bei hohen Sulfatangriffskonzentrationen gemessen. Korrosive Vorgänge an Mörtelauskleidungen von Trinkwasserbehältern wurden geklärt. Mit diesen Erkenntnissen konnten Anforderungen an zementgebundene Mörtel und deren Applikation festgelegt werden, damit langfristig schadensfreie Instandsetzungen vorgenommen werden können.

Da auch der vorliegende 29. Sammelband Berichte zu mehreren Bereichen der Zement- und Betonanwendung enthält, erfasst inzwischen die gesamte Reihe der Sammelbände nicht nur nahezu alle Gebiete der Zement- und Beton-technologie, sondern gibt zu einzelnen Bereichen auch einen Überblick über die technische Entwicklung im Laufe der vergangenen Jahre. Durch das am Ende des Bandes abgedruckte Sach- bzw. Stichwortverzeichnis, das alle bisherigen Bände einschließt, erhält die Buchreihe den Charakter eines Nachschlagewerks. Den Autoren und allen Beteiligten im Forschungsinstitut und im Verlag Bau+Technik, die an der Erstellung dieses Bandes mitarbeiteten, sowie dem englischen Übersetzer R. Baker, sei an dieser Stelle gedankt.

---

# Foreword

This 29<sup>th</sup> volume of collected “Concrete Technology Reports” that have appeared in the technical journal “beton” over the period from 2001 to 2003 continues the series that started in 1960. In the 16 articles in the new volume the FIZ (Research Institute of the Cement Industry), Düsseldorf, has published results and findings from technical and scientific research work on questions of concrete technology and chemical mineralogy. It is one of the statutory tasks of the VDZ (German Cement Works Association) to make the results of the work carried out by its research subsidiary, the FIZ, on problems relating to the use of cement and concrete known to the technical world. The articles are presented in German and English so that all interested parties, including those outside the German-speaking region, will have access to the research work and be given the opportunity to examine and discuss the results. It is the aim of the concrete technology reports to present the scientific explanation of a particular topic and then point out its benefits to building work and show how it can be implemented in practice.

European standardization is an important precondition for free movement of goods in Europe. The European cement standard and the European concrete standard both necessitate changes to the previous national standards. The usability of the increased number of standard cements is of particular importance for practical building work, especially with respect to the durability of the concretes produced from them. Not only the durability but also some aspects of sustainability are becoming ever more important in civil engineering. The re-usability of concrete is not in question. However, appropriate recycling of hardened or fresh concrete can only take place if the technological relationships and the effects of recycled aggregates or of individual fresh concrete components, such as recycled water, are known. Concrete recycling is particularly beneficial if repeated re-use is possible.

The concrete admixtures are becoming increasingly important constituents of the mix. New developments within the various types of admixtures are facilitating changes in concrete processing that are beneficial to building practice. Long-term retarders, which, among other things, are used in fresh concrete recycling, interfere in the hydration process. Investigation of the interactions between cement particle and retarder polymer has made a contribution towards avoiding false reactions and towards constructive use. The use of air-entraining admixtures is essential for ensuring that pavement concrete has the requisite resistance to freeze-thaw with de-icing salt. The specified air content must be introduced with a high degree of uniformity. The basic requirements have been worked out for metered addition of the air-entraining agent. The characteristic feature of self compacting concrete (SCC) is its workability without the application of compaction energy. Measurable characteristics for assessing SCC have been formulated as a function of the concrete composition. These characteristics are particularly needed when it is used as ready-mixed concrete. Test methods have also been developed with which the requisite workability of the SCC can be assessed. The aspect of workability also arises with the use of silicon fume which, for example, is used for the production of high-strength concretes and can only develop its microstructural-improving action if it is fully dispersed during the mixing process.

Two contributions relating to the alkali-silica reaction should contribute to preventing such reactions from reaching a harmful level in concrete. A description is given of possible ways of reducing the proportion of soluble alkalis in the concrete caused by the bindings of alkalis in the matrix, e.g. in the case of cements containing blastfurnace slag or in the case of additions. The emphasis in the last four contributions in this volume is on durability. On the subject of high-strength concrete a description is given of the development of heat of hydration and strength and of the shrinkage processes that are affected by the heat of hydration; there is also an explanation of the associated constraint stresses. Special concrete technology measures are required to ensure adequate chemical resistance of concrete where there are relatively high levels of attack. Concrete compositions have been developed that have adequate resistance to acid attack at pH values below 6.5, such as can occur in the wastewater sector. The resistance of concrete to sulfate attack at the low temperatures that often occur with components in contact with the ground was examined extensively. Concretes made with highly sulfate resisting cement showed a high sulfate resistance in the test also at these temperature ranges, however mixtures of cement and fly ash showed very high expansions when tested under high sulfate concentrations. The causes of corrosion to mortar facings in drinking water tanks were clarified. This knowledge has made it possible to formulate the requirements for cement-bonded mortar and its application, so that long-term, damage-free repairs can be carried out.

This 29<sup>th</sup> volume contains again reports covering several areas of the use of cement and concrete, so the entire series of volumes now covers not only virtually all areas of cement and concrete technology but also provides an overview of the technical development during past years in the individual sectors. The subject and keyword index printed at the end of the volume, which covers all previous volumes, gives the series of volumes the character of a comprehensive reference work. We would like to thank the authors and all those at the Research Institute and in the publishers Verlag Bau+Technik who have collaborated in compiling this volume as well as the English translator R. Baker.

---

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Betontechnische Berichte/VDZ, Verein Deutscher Zementwerke e.V.,  
Forschungsinstitut der Zementindustrie – 1. 1960 (1961) –.

– Düsseldorf: VBT, Verl. Bau und Technik, 1961 –

Früher Beton-Verlag, Düsseldorf .–

Bibliographische Deskription nach 2001-2003 (2004)

ISSN 0409-2740

ISBN 3-7640-0461-4

© 2004 by Verlag Bau+Technik, Düsseldorf

Gesamtproduktion: Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

---

# Inhaltsverzeichnis / Contents

Die europäische Zementnorm und ihre  
Auswirkungen in Deutschland  
The European cement standard and its effects  
in Germany

*Franz Sybertz, Gerd Thielen* ..... 7

Die neuen deutschen Betonnormen DIN EN 206-1  
und DIN 1045-2 als Grundlage für die Planung  
dauerhafter Bauwerke  
The new German concrete standards DIN EN 206-1  
and DIN EN 1045-2 as basis for the design of  
durable constructions

*Horst Grube, Beatrix Kerkhoff* ..... 19

Beton als kreislaufgerechter Baustoff  
Concrete as a recycable building material

*Christoph Müller* ..... 29

Eigenschaften von Beton mit rezyklierten  
Gesteinskörnungen  
Properties of concrete with recycled aggregates

*Beatrix Kerkhoff, Eberhard Siebel* ..... 47

Einfluss von Restwasser aus dem Frischbeton-  
recycling auf die Eigenschaften von Frisch- und  
Festbeton

Influence of recycled water from fresh concrete  
recycling systems on the properties of fresh and  
hardened concrete  
*Jörg Rickert, Horst Grube* ..... 59

Einfluss von Verzögerern auf die Hydratation  
von Klinker und Zement  
Influence of retarders on the hydration of  
clinker and cement

*Jörg Rickert* ..... 71

Einflüsse auf die Luftporenbildung in Straßenbeton  
Factors affecting the formation of air voids in  
road concrete

*Eberhard Eickschen* ..... 87

Steuerung der Verarbeitbarkeitseigenschaften  
von Selbstverdichtendem Beton als Transport-  
beton

Controlling the workability properties of self  
compacting concrete used as ready-mixed  
concrete

*Stefan Kordts, Horst Grube* ..... 103

Beurteilung der Frischbetoneigenschaften  
von Selbstverdichtendem Beton  
Assessment of the fresh concrete properties  
of self compacting concrete

*Stefan Kordts, Wolfgang Breit* ..... 113

Dispergierbarkeit der Silicastaub-Suspension  
im Zementleim und Mörtel

Dispersibility of the silica fume slurry in cement  
paste and mortar

*Viktor Marchuk* ..... 125

Entwicklung neuer NA-Zemente auf Basis von  
Zementen mit Hüttensand als Hauptbestandteil

Development of new low alkali cements based  
on cements with granulated blastfurnace slag  
as main constituent

*Eberhard Siebel, Jürgen Bokern,  
Heinz-Martin Sylla* ..... 133

Einfluss von Zement und Zusatzstoffen auf das  
Alkaliangebot für eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Influence of cement and additions on the quantity  
of alkalis available for an alkali-silica reaction

*Eberhard Siebel, Jürgen Bokern,  
Elke Schäfer, Birgit Meng* ..... 145

Hochfester Beton  
High strength concrete

*María Teresa Alonso* ..... 157

Sulfatwiderstand unterschiedlich zusammen-  
gesetzter Betone

Sulfate resistance of concretes with different  
compositions

*Klaus Lipus, Stefan Puntke* ..... 169

---

Säurewiderstand von Beton

Acid resistance of concrete

*Wolfgang Breit* ..... 181

Technische Grundsätze bei der Instandsetzung  
von Trinkwasserbehältern aus Beton

Basic technical principles for repairing concrete  
drinking water supply tanks

*Peter Boos, Gerd Thielen,  
Cornelia Schmitt-Riegraf* ..... 191