

## Vorwort

Erhöhte Anforderungen an die Ressourceneffizienz und den Klimaschutz werden die moderne Betonbauweise auch weiterhin vor große Herausforderungen stellen. Da ein Königsweg für deren Bewältigung kurzfristig nicht in Sicht ist, gilt es, die Potenziale aller zur Verfügung stehenden Möglichkeiten gleichermaßen zu heben. Erhebliche Anstrengungen der Zementwerke zur Steigerung der thermischen Energieeffizienz haben dazu geführt, dass dieser Weg der CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der Zementherstellung mittlerweile weitestgehend ausgeschöpft ist. Die vermehrte Nutzung alternativer Roh- und Brennstoffe, insbesondere CO<sub>2</sub>-neutraler Biomasse, ist ein weiterer Baustein. Diese Möglichkeit wird ebenfalls seit vielen Jahren konsequent umgesetzt. Gleichwohl bestehen hier noch gewisse Entwicklungspotenziale. Da die Möglichkeiten der genannten Wege aber ausgeschöpft bzw. limitiert sind, wird nun mit Hochdruck an sogenannten „Breakthrough-Technologien“ für den Herstellprozess gearbeitet. Hierbei steht die CO<sub>2</sub>-Abscheidung in Zementwerken im Mittelpunkt.

Neben den verfahrenstechnisch geprägten Maßnahmen sind insbesondere auch die bereits bewährten baustofflichen Konzepte weiterzuentwickeln. Hierbei ist als wesentliche Randbedingung zu berücksichtigen, dass Portlandzementklinker auf absehbare Zeit der wesentliche Bestandteil von Zement bleiben wird. Alternativen in ausreichender technischer Qualität, die den stetig wachsenden globalen Bedarf an Zement decken können, sind bislang nicht in Sicht. Daher bleibt die weitere Steigerung der Klinkereffizienz über die Senkung des Klinker/Zement-Faktors die wesentliche Herausforderung. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich der VDZ in seinen betontechnologisch geprägten Projekten seit vielen Jahren fortlaufend mit der Herstellung und Anwendung klinkereffizienter Zemente. Dabei besteht die Herausforderung darin, die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Betons weiter zu verbessern, ohne die technische Leistungsfähigkeit aus den Augen zu verlieren. Je nach Anwendungsfeld des Betons steht die Dauerhaftigkeit im Mittelpunkt der Betrachtungen. In diesem Sammelband der Betontechnischen Berichte finden Sie neue Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit klinkereffizienter Zemente mit Hüttensand und Kalkstein. Diese Zemente entsprechen in ihrer Zusammensetzung u.a. der Zementart CEM II/C, die in der nächsten Ausgabe der EN 197-1 enthalten sein werden. Die klinkereffizienten Zemente könnten mindestens in Innen- und „normalen“ Außenbauteilen dazu beitragen, die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Betons weiter zu verbessern. Ein anderer Beitrag des Sammelbands beschäftigt sich mit der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung von Kalkstein als Zementhauptbestandteil: Kalksteine mit Dolomitgehalten von über 54 M.-% lassen sich bisher nicht als Zementhauptbestandteil verwenden. Nun konnte aber gezeigt werden, dass auch dolomitreiche Kalksteine als Zementhauptbestandteil in CEM II-Zementen die gleiche Leistungsfähigkeit bei Zement- und Betoneigenschaften aufweisen wie normkonforme Kalksteine. Ähnliches gilt für den Einsatz rezyklierter Brechsannde als Hauptbestandteil im Zement. Hierdurch können Stoffkreisläufe geschlossen und gleichzeitig CO<sub>2</sub>-Emissionen verringert werden.

Bei allen neuen Entwicklungen zur weiteren Verbesserung der Ressourceneffizienz und der CO<sub>2</sub>-Bilanz muss die Leistungsfähigkeit des Betons im Vordergrund stehen. Bei der fortschreitenden Diversifizierung der stofflichen Ressourcen kommt daher einer qualifizierten Erstprüfung von Beton eine besondere Bedeutung zu. Dies wird u.a. am Beispiel des Luftporenbetons gezeigt. Für den Nachweis der Leistungsfähigkeit rücken dabei je nach Anwendungsfeld unterschiedliche Parameter in den Vordergrund. In einem anderen Projekt wurde untersucht, inwieweit die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Zementsteins das Trocknungsverhalten von Zementestrich und das Abplatzverhalten von Beton im Brandfall beeinflussen. In dieser Hinsicht bleibt auch die Vermeidung von Schäden durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion ein wichtiges Thema. Sie wurde im Hinblick auf die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnungen und die Potenziale der Betonbauweise im kommunalen Straßenbau betrachtet. Schließlich gibt es auch bei Fragen, die seit Langem weitestgehend beantwortet sind, im Detail noch Raum für Verbesserungen. So wurde in einem Projekt gemeinsam mit europäischen Partnern gezeigt, dass die Wiederverwendung von Restwasser auch in der Herstellung von Luftporen- und hochfesten Betonen ohne negative Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Betons möglich ist.

Der vorliegende 34. Sammelband umfasst die Betontechnischen Berichte der Jahre 2016 bis 2018, auf bewährte Art und Weise in deutscher und englischer Sprache. Neu ist, dass dieser Band ausschließlich in digitaler Form veröffentlicht wird. Das erscheint uns zeitgemäß. Alle 34 Bände ergeben zusammen ein umfangreiches und verlässliches Nachschlagewerk für Forscher und Anwender. Unser Dank gilt den Autoren und allen Beteiligten, die zum Gelingen dieses Werks beigetragen haben.

## Foreword

Increasing demands in terms of resource efficiency and climate protection will continue to represent a major challenge for modern concrete construction work. As no single ideal course of action is foreseeable in the near future, the aim must be to exploit the potential offered by all available options. On account of the considerable efforts made by cement plants to enhance thermal energy efficiency, little scope now remains for reducing CO<sub>2</sub> in cement production in this manner. Another approach is the increased use of alternative raw materials and fuels, in particular carbon-neutral biomass. This method has also been systematically employed for many years now. It does however still offer a certain amount of potential for further development. As the advantages to be gained from the above-mentioned techniques have already been exhausted or are limited, efforts are now concentrating on developing so-called “breakthrough technologies” for the manufacturing process. The focus is on carbon capture at cement plants.

Further advancement is required, not just with regard to process engineering methods, but also and in particular in terms of the material concepts which have already proved successful. One major aspect to be taken into account is the fact that Portland cement clinker will remain the principal constituent of cement in the foreseeable future. There are currently no signs of any alternatives of an adequate technical standard which would be able to satisfy the constantly growing global demand for cement. So a further increase in clinker efficiency through a reduction of the clinker/cement factor remains the crucial issue. It is against this background that VDZ has for many years progressively been working on the production and application of clinker-efficient cements in its concrete technology projects. The challenge is to further enhance the CO<sub>2</sub> balance of concrete without losing sight of its technical performance. Durability may be a central consideration depending on the area of application of the concrete. This compilation of concrete technology reports contains new findings on the performance of clinker-efficient cements with blast furnace slag and limestone. Based on their composition, these cements correspond, amongst others, to the cement type CEM II/C and will be included in the next issue of EN 197-1. At least in internal and in “normal” external components, the clinker-efficient cements could help to further improve the CO<sub>2</sub> balance of the concrete. A further article in the compilation deals with the chemical/mineralogical composition of limestone as cement main constituent: To date, limestones with a dolomite content of above 54 mass % cannot be used as cement main constituent. It has however now been demonstrated that limestones with a high dolomite content used as cement main constituent in CEM II cements also exhibit the same performance in terms of cement and concrete properties as limestones conforming to the standard. This applies similarly to the use of recycled crushed sands as the main constituent in cement. It is thus possible to obtain recirculating material systems whilst at the same time reducing CO<sub>2</sub> emissions.

The performance of the concrete must always be the top priority when developing new ways of further enhancing resource efficiency and improving the CO<sub>2</sub> balance. Given the ongoing diversification of material resources, the qualified initial testing of concrete is of crucial importance. This can be illustrated on the basis of air-entrained concrete, for example. Different parameters are most important for the verification of performance depending on the area of application. A further project investigated the extent to which the chemical and physical properties of the hardened cement paste influence the drying behaviour of cement screed and the spalling characteristics of concrete in the event of fire. The avoidance of damage caused by alkali-silica reaction also remains an important topic in this context. It was studied with regard to the use of recycled aggregates and the potential offered by the use of concrete in municipal road construction. Finally, scope for improvements is still to be found in detailed aspects of issues which have long since been largely resolved. For instance, a joint project with European partners showed that the re-use of recycling water is also possible in the production of air-entrained and high-strength concretes without any negative effects on the performance of the concrete.

This, the 34<sup>th</sup> compilation, contains the concrete technology reports for the years 2016 to 2018, as usual in both German and English. A new feature is that this edition is being published in digital form only to best satisfy the demands of the modern world. All 34 volumes together make up a comprehensive and reliable reference work for researchers and users. We would like to thank the authors and everyone who helped to make this publication a success.