



**Abbildung 1:**  
 Am Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie wird die Zusammensetzung der pulverförmigen Stoffe von Beton optimiert.  
*Figure 1:*  
 Different mixing ratios are being tested at the Institute of Technology and Testing of Construction Materials.

© Lünghammer – TU Graz

## Aus Grau mach Grün Turning Grey into Green

Birgit Baustädter

**H**erkömmlicher Beton ist meist grau und wird zum Bau von Wänden, Brücken und im Straßenbau verwendet. Richtig? Fast. Beton ist viel mehr. Weltweit ist das Konstruktionsmaterial der am meisten verwendete Baustoff und erfüllt je nach Anwendungsgebiet Anforderungen an Verarbeitbarkeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit. In jüngster Zeit wird außerdem die Frage nach den Umweltwirkungen unserer Baustoffe immer lauter. Kann Beton neben grau auch „grün“ beziehungsweise umweltfreundlich sein?

Ist es möglich, mit den momentan bewährten Bauweisen und regional verfügbaren Stoffen ressourceneffiziente Betonsorten zu produzieren? Ausgehend von dieser Frage forschen Joachim Juhart und das Forschungsteam des Instituts für Materialprüfung und Baustofftechnologie der TU Graz an Betonen mit geringerer Umweltwirkung. „Wir wollen mit schon jetzt verfügbaren Ausgangsstoffen und den bewährten Bauweisen in der Betonbaupraxis arbeiten können, aber durch effizientere Ressourcennutzung die Umweltwirkung des an sich bewährten und dauerhaften Baustoffes Beton verkleinern“, erklärt Juhart den Forschungsansatz.

Hauptverantwortlich für den ökologischen Fußabdruck ist der für die Betonerzeugung benötigte Zement – vor allem der gängige Portlandzement. Portlandzement muss unter Einsatz fossiler Brennstoffe bei einer Temperatur von 1450 °C gebrannt werden. Dabei „entsäuert“ der unter anderen eingesetzte Rohstoff Kalkstein und CO<sub>2</sub> gas aus.

### Ultra High Performance Concrete

Ein Ansatz wäre nun, gänzlich neue, >

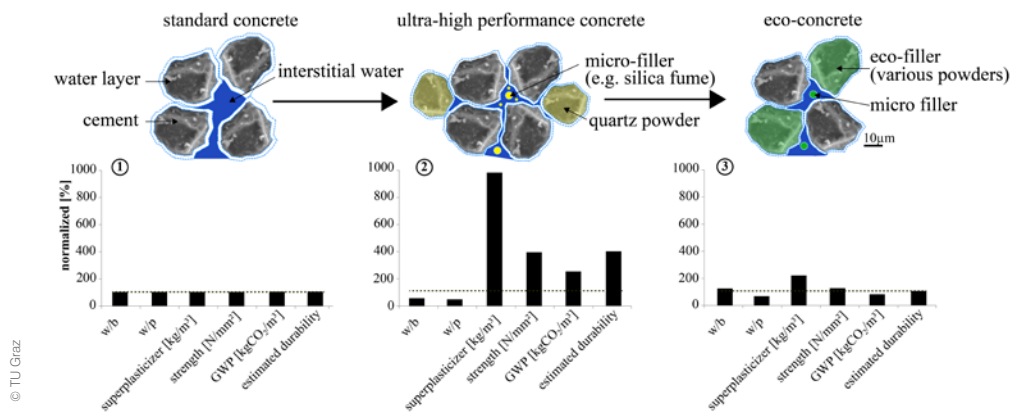
**T**raditional concrete is usually grey and is used in the construction of walls, bridges and roads. Right? Almost. Concrete is much more. This substance is the most commonly used building material in the world and has to conform to demands in terms of workability, strength and durability, depending on area of application. Recently, doubts about the environmental impacts of this building material have been voiced increasingly louder. Can grey concrete also become green – in terms of eco-friendliness?

Is it possible to produce resource-efficient types of concrete using the current well-proven construction techniques and available materials? Following on from this question, Joachim Juhart and the research team at the Institute of Technology and Testing of Construction Materials at Graz University of Technology are researching into different kinds of concretes with less environmental impact. “We want to be able to work with the starting materials available now as well as the well-proven construction techniques in concrete building practice, but we want to reduce the environmental impact of concrete using a more efficient exploitation of resources,” says Juhart, explaining his research approach.

It is the cement necessary for the production of concrete – especially Portland cement – that is chiefly responsible for the ecological footprint. Portland cement has to be heated to a temperature of 1450 °C using fossil fuels. At this temperature, limestone, among other raw materials, deacidifies thus releasing CO<sub>2</sub>.

### Ultra high-performance concrete

One approach would be to find completely new, environmentally friendlier binding >



**Abbildung 2:**  
**Schema zur Senkung des Wasseranspruchs eines Feinstkornmischungs durch Mikrofüller und Fließmittel sowie Ersatz von Portlandzement durch Eco-Füller.**

*Figure 2:*  
**Physical filler effect of micro-fillers and OPC substitution by eco-fillers.**

umweltfreundlichere Bindemittel anstelle von Portlandzement zu finden. Daran wird auch international geforscht. An der TU Graz hat man aber einen direkteren Zugang gewählt, der mit den heute bereits verfügbaren Stoffen in Kombination mit Portlandzement sofort im Betonbau eingesetzt werden könnte. Man bediente sich an bestehenden Erkenntnissen aus der Forschung an Ultra High Performance Concrete (UHPC), also besonders festem und widerstandsfähigem Beton. Grundsätzlich besteht Beton aus in ihrer Größe abgestuften Gesteinskörnern, die von Feinstkorn-Leim mit Bindemittel (einer Mischung aus Wasser und Mehlkorn, das wiederum aus Portlandzement, hydraulischen Stoffen und Füllern besteht) umgeben und gebunden werden. Um das Gemisch verarbeiten zu können, muss aber in der Regel mehr Wasser zugegeben werden, als für die chemische Reaktion gebraucht wird. Hohlräume zwischen den Partikeln werden dabei mit Wasser ausgefüllt und die Partikel mit einem Wasserfilm umgeben. Das für die Erhärtung nicht gebrauchte Wasser verursacht im Festbeton später Poren, insbesondere Kapillarporen, was Einbußen bei der Festigkeit und Dauerhaftigkeit mit sich bringt. Der Bindemittelleim wird beim UHPC hingegen hinsichtlich seiner Packungsdichte optimiert, indem Mikrofüller (Feinststoffe) beigegeben werden, die diese Hohlräume auffüllen und den Wasserbedarf für eine bestimmte Verarbeitbarkeit sogar senken. Zusätzlich kann der Wasserbedarf durch die Zugabe von Fließmitteln weiter verringert werden. Schlussendlich wird so ein extrem harter, widerstandsfähiger Beton mit sehr geringem Wasser/Bindemittel-Verhältnis erzeugt.

### Packungsdichteoptimierung und Wasserreduktion

Dieser Gedanke wird für die Herstellung von umweltfreundlicherem Beton übernommen. Zusätzlich zur Packungsdichteoptimierung und Wasserbedarfsreduktion durch Mikrofüller wird ein Teil des Zements durch sogenannte „Eco-Füller“

agents instead of Portland cement. International research is being carried out on this. But at Graz University of Technology a more direct way has been chosen of using the materials available today in combination with Portland cement in the production of concrete, while at the same time making use of findings from research into ultra high performance concrete (UHPC). Basically, concrete consists of rock particles graded according to size which are surrounded and bound by finest-grain cement using a binding agent (a mixture of water and a powder which is in turn composed of Portland cement, hydraulic materials and fillers). As a rule, to be able to process the mixture, more water has to be added than is necessary for the chemical reaction. Voids between the particles are thus filled with water and the particles surrounded by a film of water. The water not expended on hardening later causes pores in the hard concrete, in particular capillary pores, which brings disadvantages in terms of hardness and durability. In the case of UHPC, however, the binding agent cement is optimised with respect to its packing density by the addition of micro-filler (extremely fine grain) which fills up the voids and even reduces water requirements for a particular degree of workability. Water requirements can be additionally reduced by the addition of solvents. Finally, an extremely hard, tough concrete is produced with a very low water to binding agent ratio.

### Packing density optimisation and water reduction

This concept is being used for the production of eco-friendlier concrete. Additionally to packing density optimisation and reduction of water requirements by means of micro-filler, part of the cement is replaced by a so-called eco-filler. These materials are regionally available with – compared to Portland cement – reduced global warming potential (GWP) and primary energy consumption (PE). “The big challenge is, first, to identify the right materials, and secondly, to achieve the right mixture ratio,” explains Joachim Juhart. To this end the researchers have developed a new combination of known methods of analysis: MEM-ST (Mixing energy method spread-flow test und strength test). This allows available materials to be classified with regard to water requirements and packing density, and optimally matched to each other. It’s also important to evaluate all the starting materials for concrete with respect to their environmental effects. Only in this way can a mix be found which is optimal

ersetzt. Das sind regional erhältliche Stoffe mit im Vergleich zu Portlandzement verringertem Treibhauspotenzial (GWP) und Primärenergieverbrauch (PE). „Die große Herausforderung ist, erstens die richtigen Stoffe dafür zu identifizieren und zweitens das richtige Mischverhältnis zu erhalten“, erklärt Joachim Juhart. Dafür haben die Forscherinnen und Forscher eine neue Kombination bekannter Analysemethoden entwickelt: „MEM-ST“ (Mixing Energy Method Spread-flow Test und Strength Test). So können einerseits verfügbare Stoffe hinsichtlich Wasserbedarf und Packungsdichte klassifiziert und andererseits optimal aufeinander abgestimmt werden. Zusätzlich ist es wichtig, alle Betonausgangsstoffe hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen zu bewerten. Nur so kann ein sowohl in Bezug auf technologische Leistungsfähigkeit als auch Umweltfreundlichkeit optimaler Mix gefunden werden.

### Konkrete Umsetzung

Geforscht wird momentan in zwei Projekten. „Öko<sup>2</sup>-Beton“ wurde vom Verband der Fertigteilindustrie in Auftrag gegeben und orientiert sich speziell an den Erfordernissen der Fertigteilindustrie – beispielsweise müssen die Betonteile dort nach bereits acht Stunden eine Festigkeit erreichen, die es erlaubt, die Stücke auszuschalen und zu heben. Im zweiten Projekt „ERESCON“, ausgeschrieben vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie in Kooperation mit der ASFINAG und den ÖBB, steht der Infrastrukturbau und damit der Transportbeton im Fokus.

Momentan ist das Team der TU Graz dabei, die Laborergebnisse in reale Produktionsbedingungen zu übersetzen, und ein Demonstratorelement zu bauen. „Dieses Element beweist, dass man Beton mit weniger Portlandzement, dafür ergänzenden Stoffen herstellen kann, er dadurch umweltfreundlicher ist, aber die gleichen Eigenschaften beziehungsweise die gleichwertige Leistungsfähigkeit wie herkömmlicher Beton hat“, erklärt Juhart. „Wir hoffen, mit unseren externen Kooperationspartnerinnen und -partnern in weiterer Folge prototypische Elemente oder Bauwerke bauen zu können“, blickt Juhart in die Zukunft. „Wir haben jedenfalls ein gutes Konzept für die zukünftige Entwicklung umweltfreundlicher und dauerhafter Betone.“ Schlussendlich will man bei der Formulierung neuer Normen unterstützen, die den flächendeckenden Einsatz von ökologisch verbessertem Beton möglich machen. ■



© Lurghammer – TU Graz

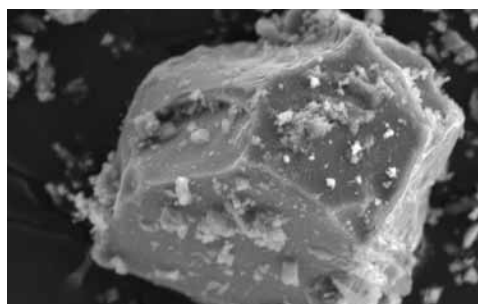
**Abbildung 3:**  
**Joachim Juhart.**  
**Figure 3:**  
**Joachim Juhart.**

*regarding both technological performance and eco-friendliness.*

### Concrete implementation

*Research is currently being carried out in two projects. “Öko<sup>2</sup>-Beton” was commissioned by the Association of Precast Industry and is particularly oriented to the demands of the precast industry. For example, precast concrete parts have to become hard within eight hours to allow the pieces to be dismantled and lifted. In the second project, “ERESCON”, which was put out to tender by the Ministry for Transport, Innovation and Technology in cooperation with ASFINAG and ÖBB, the focus is on infrastructure construction and thus ready-mixed concrete.*

*Currently, the Graz University of Technology team is translating the laboratory results into real production conditions and is building a demonstration element. “This element will show that concrete can be produced using less Portland cement but with supplementary materials, and that it is eco-friendlier, but has the same features or identical performance capacity compared to traditional concrete,” explains Juhart. “We hope, together with our external project partners, subsequently to be able to build prototypical elements or structures,” says Juhart, with an eye on the future. “In any case, we’ve got a good concept for the future development of environmentally friendlier and durable concretes.” Finally, the idea is to support the formulation of new standards which will make the comprehensive use of ecologically improved concrete possible. ■*



© Klammer – TU Graz

**Abbildung 4:**  
**Ein Zementkorn. Portlandzement ist hauptverantwortlich für den großen ökologischen Fußabdruck von Beton.**  
**Figure 4:**  
**Cement particle. Portland cement is chiefly responsible for the ecological footprint.**