



„Moderner Beton Teil 1: Warum moderne Betontechnologie ohne Bauchemie nicht möglich ist“

Karsten Schubert

Beton weckt bei den Menschen die unterschiedlichsten Vorstellungen, Erwartungen und Emotionen. Die Geschichte des Betons begann vor 2000 Jahren in Rom mit dem „opus caementitium“ [1]. Herausragendes Beispiel für die gestalterischen Möglichkeiten und die Dauerhaftigkeit des Baustoffs Beton ist das in der Zeit von 30 bis 25 v.Chr. in Rom erbaute Pantheon I bzw. das 110 n.Chr. nach einem Brand neu gebaute Pantheon II [2]. Beton ist seither Garant für die Erstellung äußerst robuster, dauerhafter Tragwerke. Im 20. Jahrhundert verleiht das Material Beton neuen gestalterischen Synthesen aus Material und Kunst vor dem Hintergrund unterschiedlicher Weltanschauungen Ausdruck. Das von Rudolf Steiner entworfene und 1925 bis 1928 erbaute Goetheanum (Bild 1) in Dornach [3], die 1955 fertig gestellte Kapelle Notre Dame du Haut von Ronchamp von Le Corbusier [4] sind prominente Beispiele für dieses neue Materialverständnis.



Abbildung 1: Goetheanum in Dornach

Santiago Calatrava demonstriert stellvertretend für die heutige Generation von Bauingenieuren und Architekten die neuen Möglichkeiten der Formgebung in beeindruckender Weise in seinem extravaganten Opernhaus Palacio de las Artes in Valencia (Bild 2). Das Gebäude befindet sich als Teil eines Ensembles in einem ehemaligen Flussbett. Durch die skulpturalen Formen, die die Assoziationen zu fließendem Wasser wecken, wird das Thema von Calatrava aufgenommen und interpretiert. Drei große weiße Betonschalen umschließen die vier Bühnenkomplexe im Innern des Gebäudes. Große

karoförmige Öffnungen in zwei der weißen Betonschalen gestatten den Blick auf die innen liegenden Terrassen und integrierten Gartenanlagen.



Abbildung 2: Palacio de las Artes in Valencia

Im März 2009 erreichte schließlich der Burj Khalifa in Dubai von Skidmore, Owings & Merrill seine endgültige Höhe von 818 Meter und ist damit das derzeit höchste Gebäude der Welt. In der Rohbauphase von 28 Monaten wurden Dank der modernen Betontechnologie mehr als 50.000 m³ Beton für rund 225.000 m² Deckenflächen eingebaut. Dabei waren moderne bauchemische Betonzusatzmittel zur gezielten Einstellung der Frischbetoneigenschaften der eingebauten Spezialbetone sowie die Verwendung extrem robuster Polypropylen-Vollkunststoff-

Sandwichschaltafeln, die weit mehr als 100 Mal wiederverwendet werden konnten, die betontechnologischen Voraussetzungen für die Einhaltung dieses sehr ehrgeizigen Zeitplans.

Der 2000 Jahre alte römische Beton hat sich insbesondere in den letzten zwei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts zu einem komplexen 6-Stoff-System entwickelt. Heutiger Beton ist Produkt aus 6 Komponenten: Zement, Wasser, Gesteinskörnung,

Betonzusatzstoffe, Betonzusatzmittel und Luft. Dass an jeden einzelnen dieser Ausgangsstoffe in Normen und anderen technischen Regelwerken vorgegebene besondere Anforderungen gestellt werden, versteht sich von selbst. Hinter jedem Betonausgangsstoff steht heute ein Industriezweig von Klein- und Mittelständischen Betrieben bis hin zur Großindustrie, auch der chemischen Industrie.

Aus diesen 6 Ausgangsstoffen wird eine Vielzahl von Spezialbetonen hergestellt, deren jeweilige Eigenschaften auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmt werden können.

Die Besonderheit eines Spezialbetons ist beispielsweise ein minimaler Zementgehalt zur Senkung der Produktionskosten und Senkung des Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes. Die Reduktion des Zementgehalts erfordert besondere betontechnologische Maßnahmen, um die geforderte Dauerhaftigkeit bei reduziertem Zementgehalt weiterhin gewährleisten zu können. Drei Viertel des Betonvolumens und mehr werden von der Gesteinskörnung eingenommen, die hinsichtlich der Abstufung der Korngrößen bis hin zur dichtesten Packung optimiert wird.

Eine weitere Besonderheit eines Spezialbetons ist ein besonderes Viskositätsverhalten. Konventionelle Betone besitzen eine Fließgrenze. Oberhalb der Fließgrenze sind sie linearviskos. Im Gegensatz dazu haben selbstverdichtende Betone keine Fließgrenze. Dadurch entfällt bei der Verarbeitung selbstverdichtender Betone die zum Überwinden der Fließgrenze notwendige Energiezufuhr durch Rüttelflaschen oder Rütteltische.

Selbstverdichtende Betone sind nur ein Beispiel. Die dichteste Packung steigert die Scherspannung und führt damit zu einem hohen inneren Scherwiderstand bis hin zu zähen nicht mehr pumpbaren Betonen. Der Beton mit dichtester Packung hat im erhärteten Zustand eine hohe chemische Resistenz.

Das Erscheinungsbild eines Betons insbesondere eines sogenannten Sichtbetons ist eine weitere besondere Eigenschaft eines Spezialbetons.

Ein hoher Zementgehalt führt zu einer besonders hohen Festigkeit. Das ist das Merkmal eines weiteren Spezialbetons. Die Granulometrie, die Reaktivität ausgewählter Betonzusatzstoffe wie Mikrosilika, die sichere Beherrschung der bei der Hydratation entstehenden Mikrorisse und die Auswahl der Betonzusatzmittel führen zu weiteren Innovationen, wie Ultrahochfesten Betonen, deren Festigkeiten das bis zu 20-fache normaler Betone erreichen.

Die Herstellungsverfahren der genannten Spezialbetone sind hoch komplizierte Prozesse, die nur auf der Grundlage gezielter anwendungsorientierter chemischer und physikalischer Forschungen möglich sind. Die Aufklärung und Beherrschung der naturwissenschaftlichen Prozesse auf der Nanoebene ist für den Erfolg genauso wichtig wie der baustellenseitige Einfluss der Witterung oder die gezielte Steuerung der notwendigen Bauabläufe auf der Makroebene. Moderne Hochleistungsbetone setzen ein umfangreiches skalenübergreifendes Qualitätsmanagement vor dem Hintergrund entsprechender Qualitätssicherungssysteme voraus.

Die Bauchemie hat durch die Entwicklung hochspezialisierter Betonzusatzmittel entscheidenden Anteil daran, dass moderne Betone heute mehr Möglichkeiten hinsichtlich Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Gestaltung bieten als jemals zuvor. Von allen Spezialbetonen stellt Sichtbeton die höchsten wissenschaftlichen Herausforderungen an die Aufklärung der Oberflächen- Wechselwirkungen auf molekularer Ebene einerseits und höchsten Anforderungen an die Betontechnologie, die Qualitätssicherung und die Bauausführung andererseits. Bei allen Spezialbetonen führt nur die Synergie aus der Zusammenarbeit von Architekten, Bauingenieuren und Bauchemikern zu



Abbildung 3: Hans-Otto-Theater in Potsdam

Ingenieurbauwerken, die gleichermaßen dem hohen Anspruch an Architektur und Material gerecht werden. Moderne städtebauliche Wahrzeichen wie das im September 2006 in Potsdam eröffnete Hans-Otto Theater von Gottfried Böhm mit seinen insgesamt 2300 m² großen gewölbten und zwischen 25 und 45 Grad geneigten Dachflächen aus rotem Sichtbeton (Bild 3) sind ohne die Bauchemie nicht möglich.

Die Bauchemie ist und bleibt als zentrale Schnittstelle zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften in den Bereichen Materialentwicklung sowie Gesundheit und Energieeffizienz gebauter Infrastruktur wichtigster wirtschaftlicher Innovationsmotor.

| Kontakt: | Schlaue Fuchs |
|---|--|
|  <p>Prof. Dr. Karsten Schubert Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft Fakultät Architektur und Bauwesen Moltkestr. 30 76133 Karlsruhe E-Mail: karsten.schubert@hs-karlsruhe.de</p> | <p>Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:</p> <p>Wann und womit begann die Geschichte des Betons?</p> |
|  <p>http://www.hs-karlsruhe.de/</p> | |

Literatur:

- [1] H.-O. Lamprecht: „Opus caementitium: Bautechnik der Römer“, 5. Auflage, Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, 1996
- [2] G. Heene: „Baustelle Pantheon, Planung – Konstruktion - Logistik“, Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, 2004
- [3] R. Raab, A. Klingborg und A. Fant: „Sprechender Beton: Wie Rudolf Steiner den Stahlbeton verwendete“, Philosophisch-Anthroposophischer Verlag, Dornach, Schweiz, 1972
- [4] A. Vowinkel und T. Kessler: „Le Corbusier – Synthèse des Arts“, Hrsg. Badischer Kunstverein Karlsruhe, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1986
- [5] E. Kästner: „Aufstand der Dinge“, Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1973