

Beton revisited

Beton ist ein Werkstoff mit immer wieder erstaunlichen Eigenschaften – er kann in nahezu jede gewünschte Form und viele Farben gebracht werden und besitzt dabei abhängig von der Armierung eine große Festigkeit und Dauerhaftigkeit. Diese Eigenschaften liegen in der Struktur des Betons begründet. Grundsätzlich ist Beton ein Zweistoffsystem aus einem festen Zuschlagstoff (z.B. Kies) und einem zunächst viskosen (dickflüssigen) und nach dem Härten festen Bindemittel (Zement). Da das Bindemittel zunächst vor dem Härten flüssig ist, läßt sich der Beton formen.

Je nach Zusammensetzung von Zuschlagstoff und Bindemittel sowie etwaigen Zusatzmitteln, Fasern, Farbstoffen ist es möglich, die Eigenschaften von Betonwerkstoffen den Anforderungen der jeweiligen Bauaufgabe anzupassen – sei es ein Wohngebäude, sei es eine Spannbetonbrücke, eine Kläranlage oder ein Hochhaus.

Durch die unterschiedlichen Möglichkeiten der Verarbeitung (Schalung, Armierung, Vorspannung) wird Beton so zu einem sehr vielseitigen Baumaterial, das jedoch einige Anforderungen an Konstruktion und Bauausführung stellt.

In dem Problem der angemessenen und fachgerechten Anwendung des Betons liegt ein Grund für den eher geringen Beliebtheitsgrad dieses Materials in der Öffentlichkeit. Bröckelnde Bauwerke von zweifelhafter Behaglichkeit und Ästhetik, in kurzer Zeit verantwortungslos geplant und gebaut, zeigen deutlich, daß Beton kein gedankenlos zu verarbeitender Hau-Ruck-Werkstoff ist, sondern Fachkenntnis und Beschäftigung mit seinen Qualitäten erfordert.

Aus der kritischen Diskussion über den Beton in der Öffentlichkeit scheint ein neues Verhältnis zu seiner Anwendung entstanden zu sein. So sind Anzeichen einer anderen, intelligenteren Verwendungsweise dieses Baustoffs zu sehen.

Dies zeigt sich beispielsweise auf dem Gebiet der Oberflächengestaltung von Beton. Nicht mehr nur die mehr oder weniger zufälligen Eigenschaften des rasch verwitternden Sichtbetons sind gefragt. Der

Wunsch nach der Herstellung einer Oberfläche von ganz eigener Beschaffenheit und besonderer Taktilität macht vielmehr aus dem Beton ein edles Material und die Herstellung wird zu einer geradezu künstlerischen Technologie. In den Werken von Tadao Ando beispielsweise ist diese poetische Qualität einer grauen, aber perfekt geformten Betonoberfläche zu spüren. Hier wird der Baustoff der tragenden Konstruktion nicht hinter Verblendungen verborgen, sondern in höchster Oberflächenqualität offen gezeigt. Dies stellt natürlich höhere Anforderungen an die Zusammensetzung des Betons, die Schalungstechnik und an die Sorgfalt bei der Betonverarbeitung.

Auch Richard Rogers und Peter Rice benutzen beim Bau des Gebäudes für Lloyds in London sichtbare Betonoberflächen von Stützen und Decken. Hier aber kommt hinzu, daß der Beton als Baumaterial für eine weitgespannte sichtbare Struktur verwendet wird. Durch die Kombination von vorgefertigten und auf der Baustelle hergestellten Teilen konnte eine sehr leistungsfähige Struktur in hoher Fertigungsqualität erzielt werden.

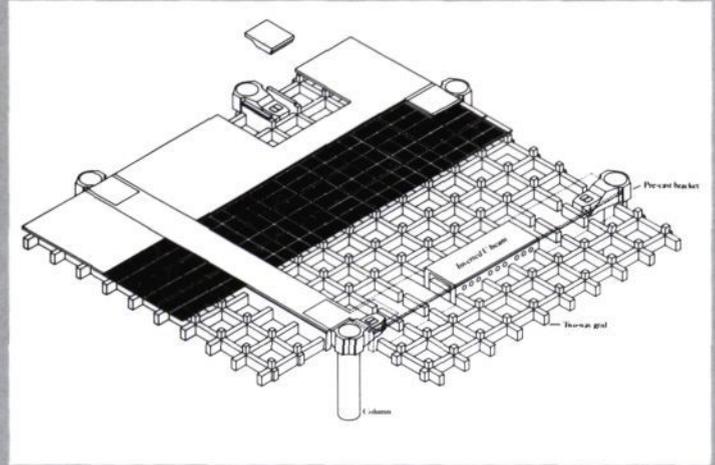
Als weiteren Vorteil bietet der Beton im Gegensatz zu dem sonst häufig für solche Tragwerke benutzten Stahl eine eingebaute Feuersicherheit. Daher konnten umfangreiche Verkleidungen der tragenden Teile – wie sie bei der Hongkong Bank von Norman Foster notwendig waren – eingespart werden.

Die Plastizität von Betonwerkstoffen nutzt Renzo Piano bei den Lamellenschalen für das Dach der Menil Collection in Houston. Diese Lamellen mußten eine genau definierte organische Geometrie haben, um die geforderten Licht- und Klimaqualitäten in den Ausstellungsräumen zu gewährleisten. Um eine solche Verformbarkeit zu ermöglichen, wurde als Werkstoff Ferrozement verwendet. Ferrozement ist eine besondere Form des Stahlbetons, die eine Armierung aus Stahlnetzen besitzt. Der Vorteil dieser Bewehrung liegt in der verhältnismäßig einfachen Formbarkeit der Stahlnetze, was die Herstellung organischer Formen erleichtert. Weiterhin ermöglicht Ferrozement die Herstellung von verhältnismäßig dünnen und leichten Schalen hoher Stabilität. Wegen des zwar arbeitsaufwendigen aber verhältnismäßig unkomplizierten Herstellungsverfahrens und der leicht erhältlichen Rohmate-

rialien Zement, Zuschlagstoff und Stahlgewebe ist die Verwendung von Ferrozement in Entwicklungsländern interessant. Aus Ferrozement können gut gekrümmte Strukturen wie z.B. Boote, Silos oder Dächer hergestellt werden.

Im Hochhausbau bietet Beton durch die Anwendung moderner Gleit- und Kletterscha-

Interessante Perspektiven für den Hochhausbau bietet die Verwendung von hochfestem Beton. Dieser Betontyp erlaubt durch seine hohe Druckfestigkeit eine wesentlich geringere Dimensionierung der Tragwerksquerschnitte. Damit stellt Beton für diese Bauaufgabe eine Alternative zum Stahl dar. Während solcher Beton mit



lungstechnologien kurze Bauzeiten bei wirtschaftlichen Schalungskosten, da die gleiche Schalung über die gesamte Gebäudehöhe verwendet und nach Erhärtung des frischen Betons weiter nach oben geschoben wird. Ein Beispiel für die Fähigkeiten des Betons im Hochhausbau ist der Messturm in Frankfurt/M. (Architekten Murphy/Jahn, Chicago/Frankfurt), das derzeit höchste Bürogebäude Europas und eines der höchsten Stahlbetonhochhäuser der Welt. Der Rohbau dieses 256,5 m hohen und 63.000 m² Nutzfläche bietenden Gebäudes wurde in nur 18 Monaten fertiggestellt. Die Wände des aussteifenden Kerns wurden in Gleitbauweise erstellt. Während jedem der sechs 10 bis 14 Tage dauerndem Gleitabschnitt wurde Tag und Nacht Beton in die Schalung eingebracht, die von 250 Hydraulikblöcken kontinuierlich nach oben bewegt wurde. Die Kontrolle des Gleitens erfolgte mit Laserstrahlen, die jede Abweichung von der Horizontalen anzeigten und eine Korrektur der Bewegung ermöglichten. Jeden Tag konnten so 1,5 bis 3 m des Innenkerns hergestellt werden. Nach Ende eines Gleitabschnitts wurden in der dreiwöchigen Pause bis zum Beginn des nächsten Abschnitts die Außenwände mit einer Kletterschalung und die Geschoßdecken nachgeführt. Wöchentlich wurden Außenwände und Decken von zwei Geschossen fertiggestellt.

Aufbau der Stockwerkböden bei Lloyds: Die Betonstützen sind durch Balken verbunden, eine Netzwerkstruktur trägt den Fußboden.

Druckfestigkeiten bis zu 130 N/mm² in den USA seit mehr als 20 Jahren im Hochhausbau verwendet wird, war die Verbreitung in Europa auf den Bau von Ölplattformen aus Beton beschränkt. Erstes Beispiel für die Anwendung dieses Betons im europäischen Hochhausbau ist das neue Gebäude der BFG-Bank in Frankfurt/M. (Architekten Kohn, Peterson & Fox, New York).

In der Altbauanierung können fehlende oder beschädigte Fassadenteile aus dauerhafterem Faserzement nachgegossen werden. Da Beton färbbar ist, gibt es rein optisch kaum Unterschiede zwischen Natursteinteilen und Betonerzeugnissen. Für die Architektur stehen so eine große Zahl von neuen Betontechnologien zur Verfügung. Dazu gehören verschiedenfarbige Zementsorten, mit denen sich das Aussehen von Betonoberflächen beeinflussen läßt. Zur weiteren Farbgestaltung existieren anorganische Pigmente, die in den Beton eingemischt werden. Mit ihnen kann der Beton dauerhaft viele Farben annehmen.

Durch den Einsatz von neu-entwickelten Schalungsbahnen läßt sich die Herstellung glatter, dichter Betonoberflächen vereinfachen. Mit variablen Schalungssystemen läßt sich für eine große Zahl von Bauaufgaben schnell und einfach eine passende Schalung herstellen. Dadurch wird der arbeitsaufwendigste und kostenintensivste Teil des Betonbaus vereinfacht.

Die Eigenschaften des Betons selbst können durch Zusatzmittel verändert werden. So kann durch Verflüssiger und Fließmittel erreicht werden, daß der Beton plastische Verarbeitungseigenschaften aufweist oder weniger Wasser in der Mischung notwendig ist. Mit Erstarrungsverzögerern oder -beschleunigern kann die Verarbeitungszeit verlängert oder verkürzt werden. Luftporenbildner lassen den Beton aufschäumen, wodurch im Innern Luftporen entstehen, die die Betondichte verringern und

dadurch die Wärmedämmung erhöhen etc.. Für die Betonoberflächen von besonderer Bedeutung sind die auf die Schalung aufgetragenen Trennmittel. Sie sollen die Haftung zwischen Beton und Schalung verhindern und damit ein einfaches Ausschalen ohne Oberflächenbeschädigung ermöglichen sowie eine Verbesserung der Betonfläche durch die Verminderung von Poren erzielen. Mittlerweile sind Trennmittel, die als Grundstoff ein pflanzliches Öl haben, erhältlich. Sie verringern die Wassergefährdung im Vergleich zu Mitteln auf Mineralölbasis.

Auch die Betonindustrie scheint die Notwendigkeit zur verstärkten Beachtung ökologischer Belange erkannt zu haben. Ein charakteristisches Beispiel für die Suche nach neuen umweltfreundlicheren Werkstoffen ist der Ersatz von Asbest in Faserzementen. In der Matrix solcher Zemente befinden

sich Fasern zur Verbesserung des Riß- und Bruchverhaltens. Eine wegen ihrer mechanischen Eigenschaften für diesen Verwendungszweck ideale Faser ist die Mineralfaser Asbest, die ungünstigerweise wegen ihrer extrem kleinen Fasern Lungenschäden hervorruft. Um Faserzemente, die z.B. für Dächer und Fassaden verwendet werden, ohne derartig gesundheits-schädliche Bestandteile herstellen zu können, wurden neue Fasermaterialien aus Glas und Kunststoffen entwickelt. Eine weitere interessante Alternative sind neue Faserzemente mit natürlichen Fasern wie z.B. Bambus, Sisal oder Kokosfasern. Mit diesen Werkstoffen können z.B. in Entwicklungsländern aus einheimischen Materialien ohne teures ausländisches Know-How dauerhafte Häuser gebaut werden.

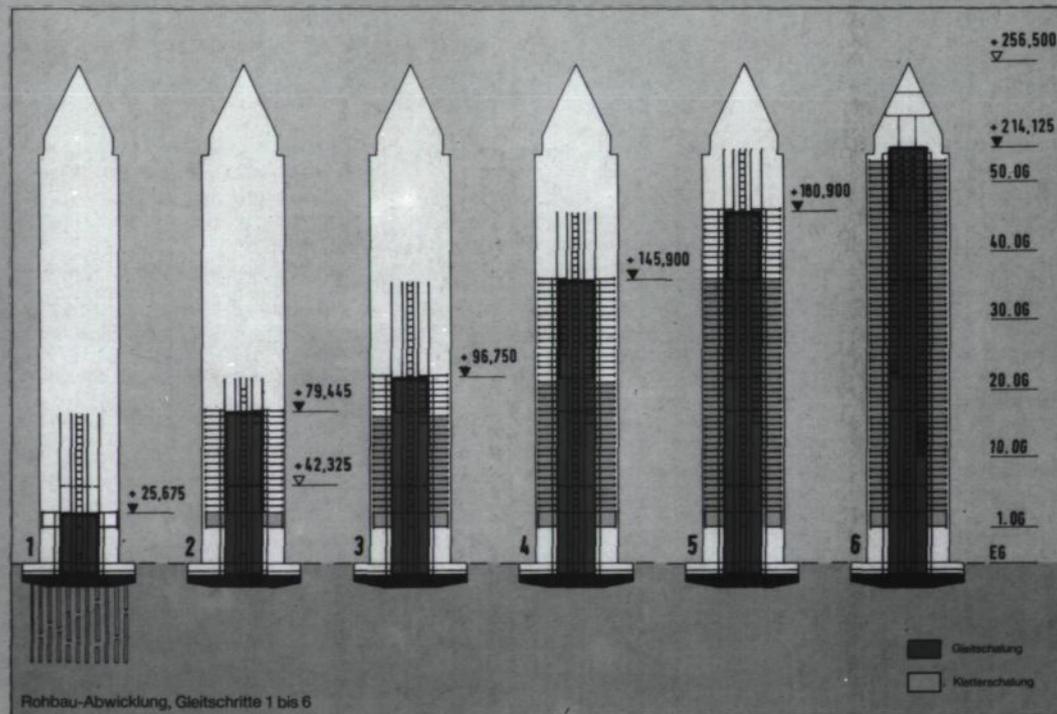
Beton ist auch in energetischer Hinsicht ein Werkstoff mit vielseitigen Eigenschaften. Normaler Beton ist aufgrund

seiner großen Masse ein guter Wärmespeicher. Leichtbeton sowie insbesondere Poren- und Gasbeton besitzen eine geringere Dichte, was eine wärmeisolierende Wirkung zur Folge hat. Es existieren eine Reihe von Leichtbaustoffen aus Beton, mit denen sich stark wärmedämmende Außenwände herstellen lassen.

Grundsätzlich ist Beton ein energieaufwendiger Baustoff, da zur Herstellung von Zement erhebliche Mengen an Energie in Form von fossilen Brennstoffen benötigt werden. Es ist jedoch bemerkenswert, daß alle wesentlichen Bestandteile des Betons hierzulande lokal vorhanden sind, so daß der Energieaufwand für den Rohstofftransport gering ist.



Meseturm Frankfurt: Das höchste europäische Bürogebäude wurde in Stahlbeton errichtet.



Die Gleitschalung für den Kern ist am weitesten fortgeschritten, die Kletterschalung für die Lochfassade folgt nach.

Rohbauablauf mit den Gleitabschnitten. Bauzeit für den Rohbau: 18 Monate.

Insgesamt ist der Energieaufwand für die Betonherstellung weniger als ein zwanzigstel so groß wie für die Herstellung von Baustahl. Selbst bei Stahlbeton verhält sich der Gesamtenergieaufwand für die Produktion und den Transport gegenüber dem von Stahl wie 1:15.

Bei den weniger dichten Leicht- und Gasbetonsorten ist der volumenbezogene Energiehaushalt noch geringer. Am günstigsten im Energiebedarf sind Leichtbetonsorten mit natürlichen Zuschlagstoffen, wie z.B. Bims.

Die größten Schadstoffanteile bei der Betonherstellung entstehen in der Zementproduktion bei der Verbrennung fossiler Energieträger, daneben spielen die bei der Zementherstellung freigesetzten Stäube eine Rolle. Die Zementindustrie will jedoch den Schadstoffausstoß durch den Einsatz technischer Mittel verringern.

Bauphysikalisch besitzt Beton das Problem einer schlechten Dampfdiffusion und langsamen Feuchtigkeitsabgabe. Diese Charakteristika sind bei der Betonanwendung zu beachten, um negative Einflüsse auf das Innenraumklima zu verhindern.

Neben diesen Baustoffen für die alltägliche Anwendung sind in den letzten Jahren Hochleistungswerkstoffe mit Beton als Grundlage auf den Markt gekommen: Dazu gehören Hochleistungsverbundstäbe aus Glasfasern als Spannlieder für den Spannbetonbau. Spannlieder aus solchen Verbundwerkstoffen sind korrosionsbeständig und wesentlich leichter als Spannstahl bei vergleichbarer Zugfestigkeit. Sie bieten ferner die Möglichkeit des Einbaus von Sensoren, mit denen jederzeit der Zustand der Vorspannung ermittelt werden kann und eventuelle Schäden schnell lokalisiert werden können. Als weiteren Hochleistungswerkstoff kann man den oben erwähnten hochfesten Beton ansehen, dessen Eigenschaften durch einen hohen Zementanteil, geeignete Zusatzstoffe wie Silicastaube und Zuschlagstoffe hoher Festigkeit erreicht werden.

Literatur:

- Weigler/Karl, Beton – Arten – Herstellung – Eigenschaften; Ernst & Sohn, Berlin 1989
- Beton-Kalender 1990; Ernst & Sohn, Berlin 1989
- Zeitschrift Beton: Beton Verlag, Düsseldorf versch. Jahrg.

Terrament – rotbrauner Zement

Rohrbach Zement
W-7466 Dotternhausen

Terrament ist ein Ölschieferzement in einer naturnahen rotbraunen Eigenfarbe, die durch Beeinflussung der Oxidationsstufen des in den Rohstoffen enthaltenen Eisenoxids erreicht wird. In den Festigkeitsklassen PÖZ 35 F und PÖZ 45 F erhältlich, kann er für alle Bauaufgaben eingesetzt werden. Damit



hergestellter Beton erhält durch die rotbraune Zementfarbe ein dem Schwarzwälder Buntsandstein entsprechendes Aussehen.

Je nach Zusammensetzung und Oberflächengestaltung ist Terrament-Beton optisch vom natürlichen Buntsandstein nicht zu unterscheiden. Dies eröffnet dem neuen Zement und damit auch dem Baustoff Beton neue Anwendungsmöglichkeiten. Durch diese Zementsorte erhält der Beton, neben der Vielfalt in der Formgebung, direkt und ohne Zumischung von Farbpigmenten seine eigene Farbe, die sich harmonisch in die Umwelt einfügt.

Darüber hinaus kann Terrament zur Herstellung von Fertigteilen, Mauerblöcken, Pflastersteinen, Gartenelementen sowie Putzen und Mörteln eingesetzt werden. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Renovie-

rung alter Buntsandsteinbauwerke. Mit Terrament wiederhergestellte Bauwerke und Bauteile sind dauerhafter und gleichen dem Naturstein vollkommen.

Durch die Verwendung verschiedener Zuschläge, dem Einsatz unterschiedlicher Schalungstechniken und der Anwendung zusätzlicher Oberflächenbehandlungen können mit Terrament-Beton vielfältige Oberflächengestaltungen erreicht werden.

Anorganische Farbpigmente

Bayer AG, Geschäftsbereich Pigmente und Keramik
W-5090 Leverkusen

Farbiger und grauer Beton sind – unter betontechnologischen Gesichtspunkten betrachtet – identisch. Zur Herstellung von farbigem Beton werden Farbpigmente beim Mischen des Betons hinzugegeben. Derartige Pigmente müssen zementbeständig sein und dürfen unter Einwirkung von Licht und Wetter nicht ausbleichen. Diese Anforderungen erfüllen nur anorganische Oxidpigmente.

Das Produktsortiment von Bayer auf diesem Gebiet umfaßt Bayferrox-Eisenoxidpigmente in Rot, Gelb, Braun und Schwarz mit über 40 Farbtönen, Bayertitan-Weißpigmente, Chromoxidgrün sowie die Spinell Pigmente Lichtgelb, Lichtgrün, Lichtblau und Echtschwarz in 10 Farbtönen.

Hauptanwendungsgebiet für mit Pigmenten gefärbten Beton



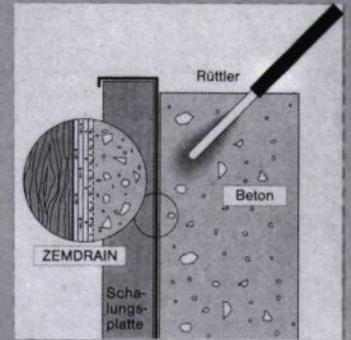
sind bislang Pflaster- und Dachsteine, bei denen die Farbe als Mittel zur Umweltgestaltung verwendet wird. In der Architektur bieten sich durch die Anwendung von Betonpigmenten neue Gestaltungs- und Beeinflussungsmöglichkeiten bei der Herstellung von Betonoberflächen.

Zemdrain – Schalungsbahn

Hersteller:
Du Pont de Nemours
Vertrieb:
Max Frank GmbH & Co KG
W-8448 Leiblfing

Zemdrain ist eine Schalungsbahn aus Polypropylen. Das Produkt dient als Schalungsergänzung und kann über jede handelsübliche Schalungsplatte gespannt werden. Seine besondere Wirkungsweise basiert auf einer Vielzahl von Mikroporen, die dem Material eine außergewöhnliche Saugfähigkeit und hohe Drainagekapazität verleihen.

Betontechnologisch gesehen bewirkt die Schalungsbahn eine Reduktion des Wasserzementwerts im oberflächennahen Bereich, wodurch sich die Gefügedichte erhöht, höhere Druckfestigkeiten erreicht werden und sich eine wesentlich verbesserte Widerstandsfähigkeit gegen chemische und mechanische Angriffe einstellt. Im Hinblick auf die gestalterischen Aspekte ist jedoch entscheidend, daß gleichzeitig mit dem überschüssigen Zugabewasser

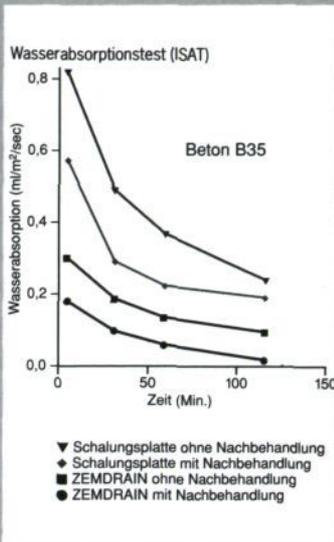


Die Oberfläche von Beton soll durch die Wirkung der Zemdrain-Schalungsbahn glatter werden und weniger Poren und Lunker aufweisen.

auch die im Beton eingeschlossene Luft durch die Porenstruktur des Materials nach außen abgeleitet wird, während feinste Zementpartikel zurückgehalten und verdichtet werden. Das Ergebnis ist eine lunkerfreie, geschlossene Oberfläche.

Zemdrain verfügt über eine grobe und eine feine Seite. In der Anwendung ist die grobe

Seite dem Beton abgewandt und für die Aufnahme und Speicherung des überschüssigen Wassers zuständig. Die netzartige Textur der feinen Seite dagegen wird auf der Betonoberfläche reproduziert und erzeugt eine völlig neue, jedoch ausgesprochen attraktive



Sichtbetonwirkung, die sich durch einen einheitlichen Grauton auszeichnet. Weitere Gestaltungsvarianten ergeben sich durch die Tatsache, daß zwischen Schalungsbahn und Schalung gestaltbildende Elemente eingelegt werden können, z.B. Metallgitter (Bewehrungsmatten) oder Holzleisten. Diese Elemente werden durch die straff gespannte Schalungsbahn sicher in Position gehalten und beim Betonieren als Negativform abgebildet. Auf diese Weise läßt sich jede Betonoberfläche einfach und leicht, ohne großen Zusatzaufwand und den kostspieligen Einsatz von Spezialschalungen abwechslungsreich strukturieren.

Schalungssysteme

Das Herstellen der Schalung ist der zeit- und kostenaufwendigste Arbeitsgang beim Bauen mit Beton. Zur Rationalisierung dieser Arbeit sind seit einigen Jahren Schalungssysteme auf dem Markt, mit denen Schalungen schnell und einfach auf- und abgebaut werden können. Diese Systeme haben gemeinsam, daß sie aus einer Anzahl von Grundelementen bestehen, aus denen in Kombination eine große Zahl von Schalungsaufgaben erfüllt werden können. Ingeniöse Verbindungselemente erlauben es, Schalungselemente verschiedener Größe aneinander zu setzen.

Viele Systemschalungen können aufgrund ihrer Stabilität in größeren Einheiten per Kran auf die Baustelle von Einsatzort zu Einsatzort transportiert werden, was bei mehreren Bauteilen gleicher Art eine erhebliche Zeitersparnis bringt. Gleichfalls durch eine stabile Konstruktion ist eine hohe Betondruckfestigkeit bedingt. Daraus ergibt sich eine größere Betoniergeschwindigkeit und somit eine weitere Zeitersparnis.

Neben den variablen Wand- und Deckenschalungen existieren auch Schalungssysteme für runde Wände und Träger sowie Gleit- und Kletterschalungen. Für besondere Aufgaben sind nach wie vor sondergefertigte Schalungen aus Holz erhältlich, bei deren Konstruktion jedoch moderne computerunterstützte Entwurfsverfahren verwendet werden können.

Kleinflächenschalung Tekko
Hünnebeck-RöRo GmbH
Postfach 4240
W-4030 Ratingen

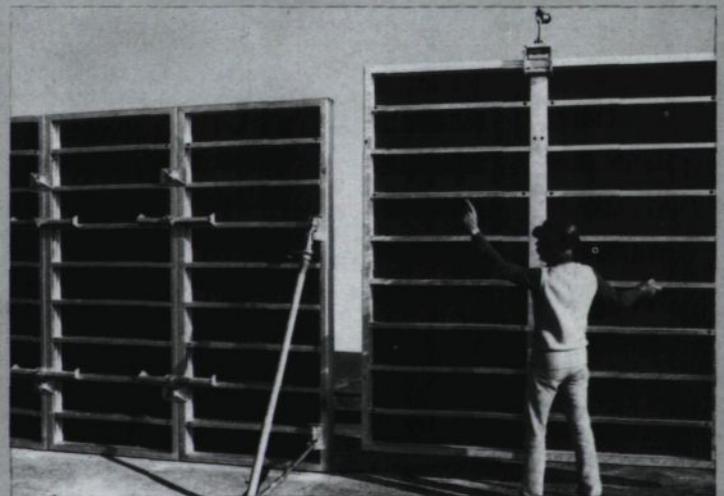
Im Gegensatz zur althergebrachten Kantholz-Brett-Schalung kann die Systemschalung immer vollständig weiterverwendet werden. Mit Tekko steht ein Schalungssystem auch für kleinere Flächen und als Ergänzung zu großflächigen Schalungen zur Verfügung. Die Tekko-Tafeln sind 120 cm und 90 cm hoch und für einen Betondruck von 40 kN/m² bemessen. Die verschiedenen Tafelbreiten erlauben eine Anpassung im 15 cm-Raster. Hohe Einsatzzahlen garantieren die kunststoffbeschichtete Schalungshaut.

Großrahmenschalung Manto
Hünnebeck RöRo GmbH
Postfach 4240
W-4030 Ratingen

Die Systemschalung Manto ist eine Rahmentafelschalung für Grundrisse aller Größen. Die Tafeln haben Höhen von 3,00 m, 2,70 m und 1,20 m und sind in Breiten von 45 cm bis 2,40 m abgestuft im 15 cm Raster lieferbar. Alle Tafeln sind beliebig miteinander kombinierbar. Die starke Rahmenhöhe von 14 cm zusammen mit der festen Verbindung durch die Richtzwinge ergibt eine hohe Stabilität und Verwindungssteifigkeit: Auch aufgestockte, großflächige Elemente von 5,40 m und mehr lassen sich ohne zusätzliche Versteifung mit dem Kran aufrichten und umsetzen. Bis 2,70 m Schalungshöhe ist die Betoniergeschwindigkeit unbegrenzt, bei größeren Höhen hält die Schalung einen Betondruck von 60 kN/m² aus.



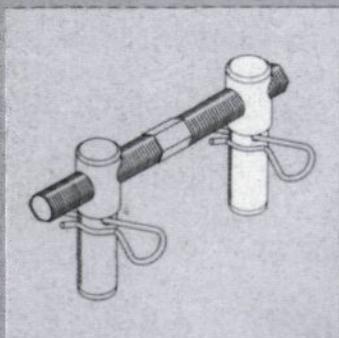
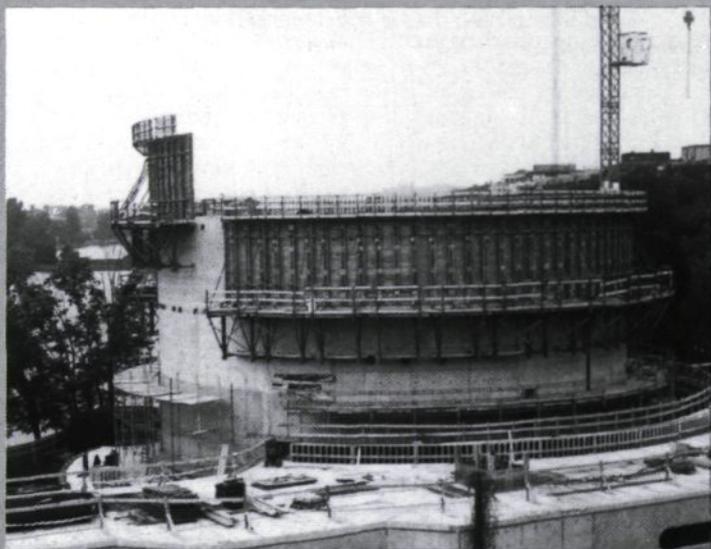
Die Grundelemente der Tekko-Systemschalung lassen durch ihre kompakte Größe auch kleinere Schalungsaufgaben rationell erledigen.



Mit den Elementen der Großflächenschalung Manto können große Schalungsabschnitte schnell eingeschalt werden, durch die Kombinierbarkeit des Systems ist eine Anpassung an viele Schalungsmaße möglich.

Rundschalungssystem
Peri Rundflex
Peri GmbH
Postfach 1264
W-7912 Weißenhorn

Peri Rundflex ist ein Schalungssystem, dessen Elemente sich ab einem Radius von 2,50 m stufenlos auf jede Krümmung verstellen lassen. Gitterträger bilden die Basis der Schalung. Über Spindeln kann der Schalungsradius auf die gewünschte Krümmung eingestellt werden.

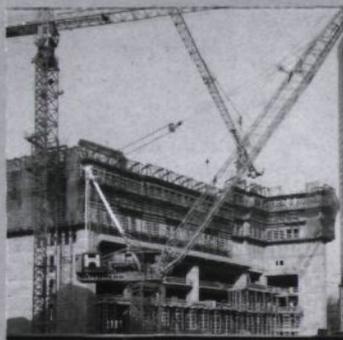


Rundschalungssystem Peri Rundflex: Durch die Stellspindel kann die Schalung verschiedene Radien annehmen.

Paschal Rasterschalung
Paschal-Werk G. Maier GmbH
Postfach 1120
W-7619 Steinach

Das Baukastensystem Rasterschalung besteht im wesentlichen aus Schalelementen verschiedener Abmessungen, einem einteiligen Verbindungselement, dem Verbindungsbolzen und Zubehör.

Die Schalelemente haben grundsätzlich den gleichen Aufbau: Stabiler Stahlrahmen mit Bautiefe 7,5 cm, darin geschützt eingelegt eine 15 mm starke, elfschichtige Schalholztabelle, die kantenversiegelt ist. Zum Schutz vor Betonflüssigkeit ist die Schalholztabelle im Stahlrahmen von einer Kunststoffmasse umgeben. Die Kombination der Schalelemente ist in allen denkbaren Variationen



Bei immer gleichen Schalungsaufgaben über viele Stockwerke leistet eine Kletterschalung eine Beschleunigung des Arbeitsablaufs (hier beim BfG-Hochhaus in Frankfurt/M.).

möglich; zusammen mit dem Zubehör ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Betonbau: Fundamente, Wände, Stützen, Unterzüge, Vieleckbehälter, Gewölbe, Stützmauern, Brückenwiderlager etc. können mit einem Schalsystem hergestellt werden.

Mehr als 100 Einsätze können bei entsprechender Pflege der Schalung erreicht werden. Die Verwendung der Rasterschalung spart Zeit, Rohstoff- und Personalkosten.

Betonzusatzmittel

Addiment Fließmittel FM 1
Heidelberger Baustofftechnik
Produktgruppe Addiment
Postfach 1360
W-6906 Leimen

Das Fließmittel FM 1 verkleinert die Reibungskräfte zwischen Zement und Zuschlag in der Betonmischung und verringert ihren Wasseranspruch. Dies führt zu einer besonders stark verflüssigenden Wirkung. Zement und Zuschlag werden intensiver vom Wasser benetzt. Der Beton wird dadurch homogener. Das Erstarrungsverhalten des Betons wird nicht verändert.

Die starke Verflüssigung ermöglicht einmal bei gleicher Betonkonsistenz eine deutliche Verminderung des Wasserzementwertes und damit eine Steigerung der Früh- und Endfestigkeit oder bei gleichem Wasserzementwert die Herstellung von Beton mit sehr weicher, fließfähiger Konsistenz. Aus steifem Beton mit niedrigem Wasserzementwert wird leicht verarbeitbarer Beton bis zum Fließbeton. Die Betone lassen sich leichter fördern, pumpen, einbringen, verteilen, verdichten und abziehen. Die weiche Konsistenz führt zu Kosteneinsparungen beim Betonieren. Die Absenkung des Wasserzementwertes verbessert die Gebrauchseigenschaften des Betons wie z.B. die Wasserundurchlässigkeit, die Dauerhaftigkeit, die Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Medien. Die Reißneigung des Betons geht wegen des geringen Schwindens und Kriechens zurück.

Addiment Verzögerer VZ 1
Heidelberger Baustofftechnik
Produktgruppe Addiment
Postfach 1360
W-6906 Leimen

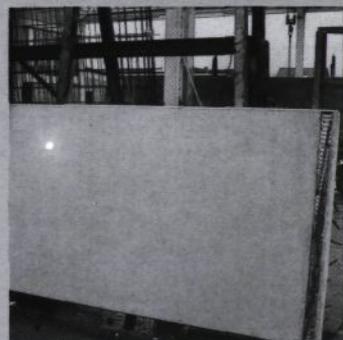
Die Reaktion des Zementes mit dem Wasser wird gebremst. Der Beton bleibt dadurch länger verarbeitbar. Durch entsprechend gezielte Zugabemenge ist es möglich, die gewünschte Verarbeitungszeit einzustellen. Die Temperaturentwicklung des Betons wird reduziert und die Gefahr von Temperaturrisen vermindert. Durch die verzögernde Wirkung werden die Endfestigkeiten des Betons erhöht. Gewollte oder ungewollte Betonierpausen und Arbeitsunterbrechungen können überbrückt und Arbeitsfugen verhindert werden. Auch nach längerer Zeit kann der Beton noch

verarbeitet und nachverdichtet werden. Addiment VZ 1 ist besonders für die Herstellung größerer monolithischer Bauteile, für Transportbeton sowie für das Betonieren bei warmer Witterung geeignet.

Addiment Trennmittel 2
Heidelberger Baustofftechnik
Produktgruppe Addiment
Postfach 1360
W-6906 Leimen

Addiment Trennmittel 2 ist ein umweltfreundliches Trennmittel auf pflanzlicher Basis, biologisch abbaubar und als nicht wassergefährdend klassifiziert. Das Produkt eignet sich für saugende und nichtsaugende Schalungen in allen Bereichen der Bauindustrie. Es wird auf die Schalung aufgetragen und ermöglicht nach dem Betonieren eine einfache und saubere Trennung der Schalung vom erhärteten Beton. Durch seine sehr gute Trennwirkung erzielt es eine besonders gute und lunkerfreie Betonoberfläche. Spezielle Naturbestandteile schützen Stahlschalungen vor Rost und erhöhen die Lebensdauer von Holzschalungen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Trennmitteln, die auf Basis von Mineral- oder Synthe-



Addiment Trennmittel 2 soll eine lunkerfreie und gleichmäßige Betonoberfläche gewährleisten.

tikölen aufgebaut sind, basiert Addiment Trennmittel 2 auf einem Pflanzenöl. Es ist so zusammengesetzt, daß seine Bestandteile in kurzer Zeit von den Mikroorganismen der Umwelt in unschädliche Stoffe umgewandelt werden, gleiches geschieht in biologischen Kläranlagen. Eine Belastung der Umwelt wird so erheblich vermindert. Für den Verarbeiter ist das Trennmittel gesundheitlich unbedenklich und durch die rückfettende Wirkung der pflanzlichen Grundstoffe in hohem Maße hautverträglich.

Dolanit für Faserzemente

Hochst AG
Verkauf Fasern
W-6230 Frankfurt/M 80

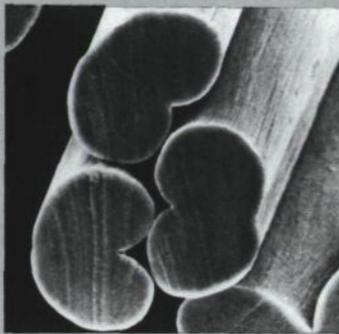
Dolanit ist eine Polyacrylnitrilfaser, die zum Ersatz von Asbest in Faserzementen entwickelt wurde. Acrylfasern werden seit Jahrzehnten im Textilbereich verwendet, während sie als technische Fasern erst seit Mitte der achtziger Jahre auf dem Markt sind. Die Dolanit-Fasern für Faserzemente besitzen einen nierenförmigen Querschnitt. Sie können im Gegensatz zu Asbestfasern sich nicht in Einzelfibrillen aufspalten und besitzen so immer eine Größe wesentlich über den medizinisch kritischen Wert, so daß eine Lungengefährdung durch mikrofeine Partikel ausgeschlossen werden kann.

In alkalischen Medien wie dem Zementleim zeigt Dolanit eine ausgezeichnete Beständigkeit. Weiterhin besitzt die Faser die Eigenschaft einer hohen Festigkeit und Steifigkeit. Sie läßt sich gut in die Zementmatrix hineinmischen und zeigt dabei ein gutes Verbundverhalten mit dem Zement. Die Zugabe von Dolanit-Fasern in die Zementmatrix hat die Folge, daß der entstehende Beton wesentlich biegezugfester ist als Beton ohne derartige Faserzugabe. Der gesamte Beton verhält sich zäher, d.h. er kann vor dem Versagen mehr Energie aufnehmen und in eine plastische Verformung umsetzen. Dies gilt auch für Druckbelastungen, während die Druckfestigkeit des Betons selbst kaum erhöht wird. Weiterhin läßt sich das Rißverhalten des Betons durch die Faserzugabe verbessern. Die Schwindrißneigung nimmt beim Faserbeton zum größten Teil ab. Bei sonstigen Rissen infolge Materialüberlastung entstehen durch die Kraftverteilung in den Fasern zunächst mehrere kleine Risse. Dolanit-Fasern können auch bei stahlbewehrtem Beton verwendet werden, ohne daß der Verbund des Betons mit der Armierung beeinträchtigt wird.

Ein Hauptanwendungsgebiet von Faserbeton ist die Herstellung von leichten formstabilen Bauteilen, wie z.B. Dach- und Fassadenelemente. Im Bereich der Altbauanierung können Fassadenbauteile gefertigt werden, die wegen der Festigkeit

des Faserbetons trotz komplizierter Formen die notwendige Stabilität besitzen. Auch Bauteile für hohe dynamische Belastungen, wie z.B. Maschinenfundamente oder Bauten in erdbebengefährdeten Gebieten, sowie Bauteile mit Dichtungsfunktion – beispielsweise Keller – sind eine Anwendungsmöglichkeit für Faserzement.

Querschnitt der Acrylfaser Dolanit unter dem Rasterelektronenmikroskop.



Die Dächer der restaurierten Deichtorhallen in Hamburg wurden mit asbestfreien Eternit Europa Dachplatten gedeckt.



Faserzement

Eternit AG
Postfach 12 62 60
W-1000 Berlin 12

Die gesamte Produktpalette von Eternit für den Hochbau ist bis 1990 auf asbestfreie Erzeugnisse aus Faserzementen mit Kunstfasern umgestellt worden.

Allen Fassaden- und Dachplatten ist gemeinsam, daß sie wetterbeständig und formstabil sind. Die Fassadenelemente haben die Aufgabe des Wetterschutzes und der Gestaltung des Gebäudes. Letzterem Zweck dient eine große Auswahl von Fassadenplatten in verschiedenen Größen und Farben. Die Bandbreite des Angebots reicht von der kleinformigen Schindel bis zur hinterlüfteten Vorhangfassade. Hinterlüftete Fassaden bieten neben der Funktion des Schutzes der hinter ihnen liegenden Wände vor Witterungseinflüssen auch die des Wärmeschutzes. Auch bei Dachelementen liegt der Hauptakzent auf dauerhaftem

Wetterschutz, bei dem jedoch durch eine Reihe unterschiedlicher Formen und Farben auch die gestalterischen Möglichkeiten nicht zu kurz kommen.

Hochfester Beton

Anwendung und Bauausführungen:
Philipp Holzmann
Postfach 11 09 33
W-6000 Frankfurt/M 11

Die entscheidende Festigkeitseigenschaft des Betons ist seine Fähigkeit, auf Druck belastet werden zu können. Im Hochhausbau treten große Lasten auf, jedoch war bis vor ca. 20 Jahren nur die Stahlbauweise in der Lage, diese Lasten mit vertretbaren Tragwerksabmessungen zu tragen. Durch die Entwicklung von neuen statischen Konzepten (Verwendung von Lochfassade und Kern als tragendes System mit den Geschößdecken als Aussteifung (tube-in-tube) und die Steigerung der Druckfestigkeit von Beton wurde dieser Werkstoff auch beim Bau von Hochhäusern interessant. Die Philipp Holzmann AG hat sich in den USA durch die J.A. Jones Construction Company in Charlotte, North Carolina und auch in Deutschland seit längerem mit der Entwicklung und Anwendung von hochfestem Beton befaßt.

Die Voraussetzung für die Herstellung von hochfestem Beton wurde durch Fließmittel geschaffen, deren Zugabe sehr niedrige Wasserzementwerte bei fließfähiger Konsistenz des Frischbetons ermöglicht. Dabei verbleibt ein großer Teil der Zementkörner unhydratisiert als hochfester Zuschlag im dichten Zementstein. Wesentlich für die Erzielung hoher Festigkeiten ist darüberhinaus der Einsatz von Silicastaub (Siliziumdioxid) als Betonzusatzstoff. Silicastaub reagiert in der Betonmischung sekundär mit dem Calciumhydroxid, das bei der Hydratation (Reaktion mit Wasser) von Zement abgespalten wird. Es entsteht ein Calciumsilikathydrat, das die Dichtigkeit und Festigkeit des Betons erheblich verbessert. Das Gefüge des hochfesten Betons ist homogener als das des üblichen Betons, was durch die Verwendung feineren Zuschlags (Größtkorndurchmesser 8-16 mm) erreicht wird. Die Unterschiede in den mechanischen Eigenschaften von Zementstein und Zuschlag werden ausgeglichen.

Für die Anwendung von hochfestem Beton im Hochhausbau ist das 1990 fertigge-

stellte 65 geschossige Bürogebäude „311 South Wacker Drive“ in Chicago besonders bemerkenswert. Mit einer Höhe von 292 m ist es das höchste Hochhaus der Welt aus Beton. Es wurde von der Holzmann-Beteiligungsgesellschaft J.A. Jones Construction Comp. ausgeführt. Die Entscheidung, das Gebäude mit 158.000 m² Geschoßfläche in Stahlbeton zu errichten, wurde nach Prüfung aller Konstruktionsmöglichkeiten getroffen. Die bisher überwiegend im Hochhausbau übliche Stahlskelettbauweise erwies sich als für die gewünschte Architektur des Gebäudes ungünstig und hätte aufwendige Fundamente erfordert. Zudem wurde die Betonbauweise durch steigende Stahlpreise und die Möglichkeit des Einsatzes von hochfestem Beton begünstigt, dessen Verwendung gegenüber stählernen Stützen praktisch keine Einbußen an Nutzfläche mit sich bringt. Die statische Konstruktion des Gebäudes besteht aus Wandscheiben im Gebäudekern und räumlichen Stockwerksrahmen, die in die Außenhülle einbezogen sind. Für die senkrechten Tragglieder kamen insgesamt 47.000 m³ hochfester Beton mit Festigkeiten von 62 N/mm² bis 100 N/mm² zur Anwendung. In jeweils 5 Tagen wurde ein komplettes Geschoß fertiggestellt.

Die erste Anwendung hochfesten Betons in Deutschland fand beim Bau des Verwaltungsgebäudes der Bank für Gemeinwirtschaft in Frankfurt/M. statt. Mitte 1990 begannen die Bauarbeiten für das 186 m hohe Gebäude an der Gallusanlage. Im Bereich der unteren Geschosse wurden einige Stützen und Wandteile mit hochfestem Beton hergestellt. Die Ausführung erfolgte im Rahmen des Gesamtauftrages durch die Philipp Holzmann AG gestützt auf den Erfahrungen in den USA. Gewählt wurde ein Beton der Festigkeitsklasse B 85 (Druckfestigkeit 85 N/mm²), für dessen Anwendung eine Sondergenehmigung erforderlich war. Dazu waren umfangreiche statisch-konstruktive und betontechnologische Untersuchungen notwendig.

Hochfester Beton wird mit zunehmender Festigkeit spröder gegenüber Normalbeton. Deshalb ist eine sorgfältige konstruktive Gestaltung von Bauteilen aus hochfestem Be-

ton von großer Wichtigkeit. Die Erzielung noch größerer Festigkeiten bis zu 150 N/mm² erscheint heute realistisch. Allerdings besteht noch ein weiterer Forschungsbedarf bezüglich betontechnologischer Fragen sowie Bemessung und Konstruktion. Nach Klärung dieser Fragen ist zu erwarten, daß hochfester Beton künftig zu den genormten Standardfestigkeiten gehören und Sondergenehmigungen für seine Verwendung entbehrlich werden.

Spannglieder aus HLV mit Sensortechnologie

Hochleistungsverbundstäbe (HLV):
Bayer AG, Geschäftsfeld Hochleistungshalbzeuge
W-5090 Leverkusen
Vorspannelemente und Sensortechnologie:
SICOM Gesellschaft für Sensor- und Vorspanntechnik mbH
Gremberger Str. 151a
W-5000 Köln 91

Faserverstärkte Hochleistungswerkstoffe sind seit Jahren in der Luft- und Raumfahrttechnik in Verwendung, weil sie eine sehr hohe Festigkeit mit geringem Gewicht verbinden. Ein weiterer entscheidender Vorteil gegenüber metallischen Werkstoffen ist ihre Korrosionsunempfindlichkeit. Letztere Eigenschaft macht die Verwendung von faserverstärkten Verbundwerkstoffen als Spannglieder für den Betonbau interessant.

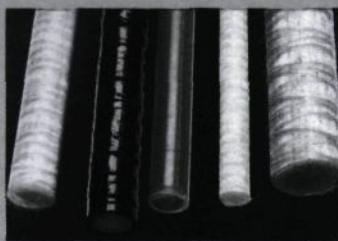
Ein bekanntes Problem bei der Unterhaltung von Spannbetonbrücken ist die Korrosion der Spannglieder infolge Umwelteinflüssen, einsickerndem Wasser, Tausalz etc.. Kontrolle und Sanierung beschädigter Brücken ist eine kostenaufwendige Aufgabe. Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich bei allen Bauwerken in korrosionsfördernder Umgebung – seien es Industrieanlagen der chemischen Industrie, Kläranlagen oder Schwimmbäder. Ausgehend von dieser Problematik und den nachgewiesenen positiven Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen wurden in den vergangenen Jahren Hochleistungs-Verbundstäbe (HLV) aus Glasfaserwerkstoff für die Anwendung im Spannbetonbau entwickelt.

Der glasfaserverstärkte Werkstoff, der die Grundlage für die HLV bildet, ist unter dem Handelsnamen Polystal auf dem

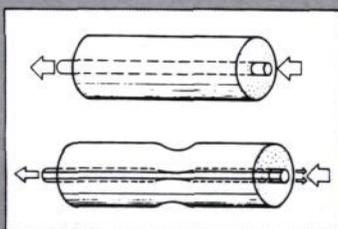
Markt. Er besteht aus streng linear orientierten Glasfasern, die mit härtbaren Kunststoffen (Duroplaste) oder Thermoplasten zu Halbzeugen verbunden sind. Zum Schutz des Werkstoffs vor äußeren Einflüssen besitzen die Polystal-Stäbe eine Kunststoffummantelung. Sie werden in einem kontinuierlichen Verfahren hergestellt, d.h. es werden ohne Unterbrechung große Profillängen an einem Stück produziert. Das Herstellungsverfahren erlaubt das Einbringen hoher Fasergehalte, was eine hohe Längsfestigkeit

gewährleistet. Zu den weiteren Eigenschaften von Polystal gehören niedrige Dichte, Korrosions- und Witterungsbeständigkeit und eine elektromagnetische Neutralität.

Die aus Polystal hergestellten HLV besitzen eine Spannstählen vergleichbare Zugfestigkeit, ihr Elastizitätsmodul ist jedoch nur ein Viertel so groß wie der von Spannstählen. Das bedeutet, daß HLV viermal so elastisch sind wie Spannstähle, was HLV wesentlich unempfindlicher gegen Kriech- und Schwindverkürzungen des Be-



Hochleistungsverbundstab mit eingebetteten Polystal-Glasfasern.

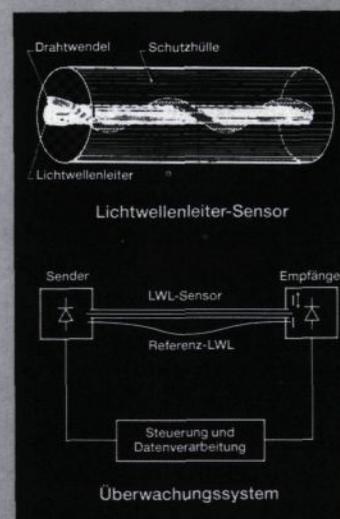


Dehnungsmessung mit dem Glasfaser-Sensor: oben ist der Glasfaserstab mit dem Sensor unbelastet; unten wird an der überdehnten Stelle nur ein Teil des Lichts durchgelassen. Durch Messungen der Lichtveränderungen lassen sich Ort und Größe der Belastung feststellen.

Polystal-Glasfaserverbundstäbe im Rohzustand.



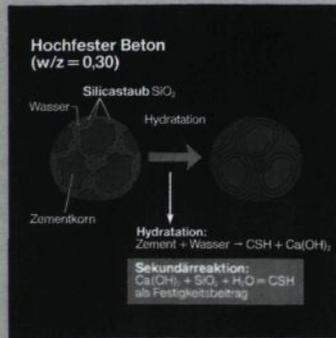
Prinzip der Glasfaser-Sensoren: Aus einer belasteten (gebogenen) Glasfaser tritt ein Teil des transportierten Lichts aus.



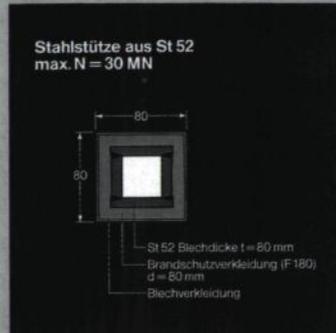
Aufbauskitze eines Überwachungssystems für Bauwerke: Wenn eine Belastung des Lichtwellenleiter-Sensors (Glasfaser) registriert wird, kann vom Steuerungsrechner eine Alarmmeldung in die Überwachungszentrale gegeben werden.

tons macht. Die HLV zeigen bis zum Bruch ein elastisches Verhalten, sie verformen sich auch bei hohen Belastungen nicht dauerhaft. Ein besonderer Vorteil der HLV ist, daß ihr Zustand durch eingebaute Glasfaser-Sensoren permanent überwacht werden kann, auch wenn sie einbetoniert sind. Dabei macht man sich die Erfahrungen zunutze, die mit Glasfasern als Übertragungsmedium gesammelt wurden. Werden Glasfasern mechanisch belastet, so treten in ihnen Mikroverkrümmungen auf, die das in den Fasern übertragene Licht streuen. Diese Streuverluste sind meßbar und zeigen eine Veränderung der Belastung des Sensors an. Mit solchen Sensoren, sie als zusätzliche Fasern in die Verbundstäbe eingebracht werden, können Verformungs-, Belastungs- und Spannungszustände von HLV-Spanngliedern gemessen sowie ihre Unversehrtheit überprüft werden. Bei Unregelmäßigkeiten können mit dem Sensorsystem die Schäden lokalisiert werden.

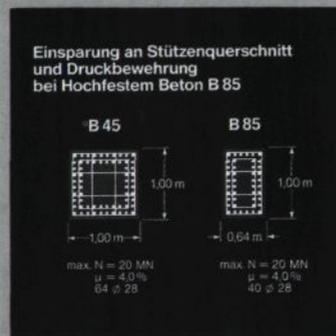
In Verbindung mit Kupferdrahtsensoren, die Veränderungen des Spannungszustandes durch eine Kapazitätsänderung anzeigen, läßt sich so ein redundantes (mehrfach gesichertes) Meß- und Überwachungssystem für die HLV-Spannglieder aufbauen. Mit derartigen Sensorsystemen lassen sich weitere entscheidende Zustandseigenschaften in Bauwerken – z.B. die Rißbildung und -größe



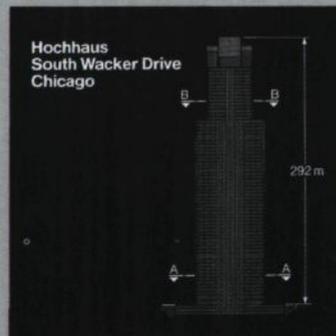
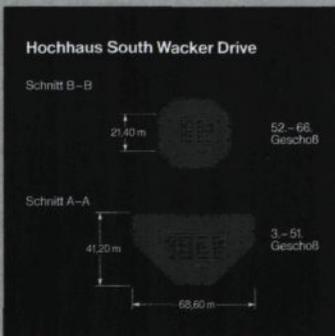
Vergleich des Hydrationsvorgangs und der Mikrostruktur von normalem und hochfestem Beton.



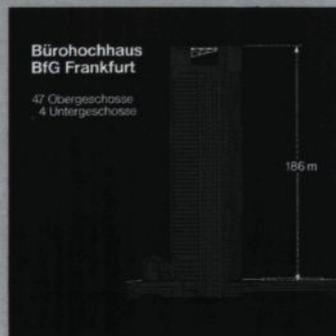
Vergleich der Abmessung von Stützen gleicher Tragfähigkeit aus Stahl und hochfestem Beton.



Vergleich der Querschnitte von Stützen gleicher Tragfähigkeit aus normalem und hochfestem Beton.



Grundriß, Schnitt und Ansicht des höchsten Stahlbetonhauses der Welt: „311 South Wacker Drive“ in Chicago.



Bürohochhaus BfG Frankfurt Zusammensetzung Hochfester Beton

B 85	
Zement PZ 45 F	450 kg/m ³
Silicastaub (7%)	30 kg/m ³
Meisand 0/2 (35%)	610 kg/m ³
Rheinkus 2/16 (65%)	1140 kg/m ³
Wasser	158 l/m ³
Fließmittel (FM)	10 l/m ³
Verzögerer (VZ)	1,8 l/m ³
w/z-Wert	0,35
Ausbreitmaß	> 50 cm
Elastizitätsmodul	37.000 N/mm ²

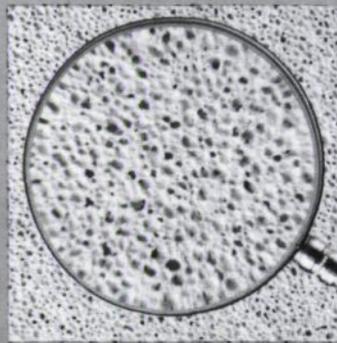
Tabelle der Zusammensetzung des hochfesten Betons für das BfG-Hochhaus.

Grundriß und Schnitt durch die Untergeschosse des neuen BfG-Gebäudes in Frankfurt.

YTONG Porenbeton- Bauelemente

YTONG AG
Hornstraße 3
W-8000 München 40

Porenbeton besitzt aufgrund der in den Poren enthaltenen Luft eine geringere Dichte als Normalbeton und einen guten Wärmedämmwert. Aus diesem Material wird von YTONG eine Palette von Systembauteilen produziert. Diese Produkte können wegen ihrer geringeren



Dichte und damit geringeren Gewichts größere Abmessungen haben, wodurch das Bauen mit ihnen beschleunigt wird.

Durch ihren Wärmedämmwert zwischen 0,12 und 0,27 W/mK leisten die YTONG Bauelemente einen Beitrag zur Energieeinsparung und zum Umweltschutz. Aber nicht nur in der Anwendung sind diese Bauelemente energiesparend, sondern auch der Energieverbrauch bei ihrer Herstellung ist im Vergleich zu Ziegeln oder Kalksandstein gering.

Um eine Hilfestellung bei der Nutzung der energiesparenden Qualitäten ihrer Produkte zu geben, hat YTONG eine Broschüre zum Thema Niedrigenergiehäuser herausgegeben. Dort findet sich eine mit vielen Zeichnungen illustrierte Einführung in die Grundlagen des Niedrigenergiehauses. Weiterhin werden eine große Anzahl von praktischen Informationen zum Bau eines Niedrigenergiehauses gegeben. Die Themen erstrecken sich dabei von der Wärmedämmung und der ökologischen Qualität von Baustoffen bis hin zu einer Gebrauchsanleitung für das energiebewußte Wohnen in einem solchen Haus.

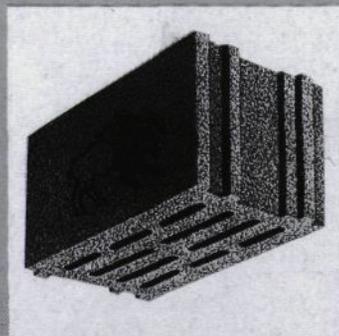
Leichtbetonsteine mit Naturbims- zuschlag

Bisotherm GmbH
Eisenbahnstr. 12
W-5403 Mülheim-Kärlich

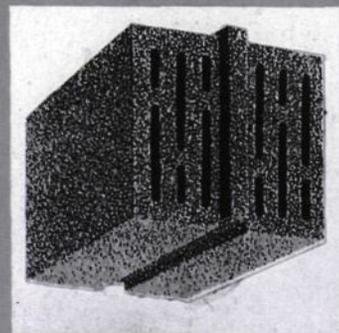
Bisotherm-Baustoffe werden aus in Spezialverfahren aufbereitetem vulkanischen Naturbims hergestellt. Dieser Bims beinhaltet natürliche Luftporen, wodurch Leichtbetonsteine, die mit Bims als Zuschlagstoff gefertigt werden, eine geringe Wärmeleitfähigkeit (bis zu 0,12 W/mK beim neuen Bisoplan-System) besitzen. Derartige Werte erlauben einschaliges Mauerwerk ohne zusätzliche Dämmhilfen.

Durch den Bimszuschlag besitzen die Bisotherm-Steine feuchtigkeits- und klimaregulierende Eigenschaften sowie massive Schallschutzeigenschaften. Außerdem sind die Steine nicht brennbar und erfüllen höchste Feuerschutzanforderungen.

Die Steine aus dem Bisotherm-System sind in über 80 verschiedenen Steintypen, -festigkeitsklassen und -formaten erhältlich. Zusätzlich gibt es das Bisoplan-System mit ent-



Der neue Bisoplan-Plus Leichtbetonstein besitzt durch seinen Naturbimszuschlag sichtbare Poren, die seine gute Wärmeisolation begründen.



Der Bisoplan-Block mit dem Nut-/Feder-System ist ebenfalls aus Leichtbeton mit Naturbimszuschlag.



sprechenden Wärmedämmwerten, einem umlaufenden Nut- und Feder-System und verarbeitungsgerechtem Format und Gewicht, so daß sie sich zur zeit- und kostensparenden Rohbauerstellung durch Fachleute und auch Selbstbauer eignen.

Das Bisotherm-System eignet sich durch seine Auswahl an Steinabmessungen auch zur Altbau- und Fachwerksanierung.

**Mehr Architektur-
und Baufachbücher als sonst irgendwo
finden Sie im Katalog und im Verkaufs-
raum von KK:**

**Fachbuchhandlung
Karl Krämer**
die führende deutsche Fachbuchhandlung
für Architektur und Bauwesen
Rotebühlstraße 40 7000 Stuttgart
Tel. (07 11) 61 30 27

KORYPHÄE
MEDIUM VON FRAUEN ALS NATURWISSENSCHAFT
UND TECHNIK

**Frauen
(T)Räume**

**Mehr
als ein Dach
über dem Kopf**

- Regenerative Energien
- AutoMobilität
- Vagabundieren

NR. 10
OKTOBER '91
8.00 DM

© Romy Klupsch, Schleusenstr. 26, 2900 Oldenburg