

Teil V: Produkte und deren Fertigung (Injizieren, Extrudieren)

# Glasfaserbeton (GFB): Von der handwerklichen zur industriellen Fertigung

Verfasser:  
Thomas Friedrich, Novacret AG

## 1. Einleitung: Der Verzicht auf die manuelle Fertigung unter Beibehaltung von beliebig geformten Produkten

Die Tradition des Glasfaserbeton liegt in der Spritztechnik. Die Vorteile dieser Technik liegen in der Herstellung einer beliebigen Geometrie mit einem hohen Bewehrungsgehalt an Kurzfasern. Nur Dank der mit der Spritztechnik getrennt zugeführten Materialien Matrix und Fasern ist der hohe Anteil an kurzen alkaliresistenten Glasfasern erst möglich. Entsprechend wird eine hohe Festigkeit des Endprodukts erzielt.

Die Nachteile der Technik sind umrissen mit einem hohen Lohnkostenanteil, je nach herzustellender Bauteilgeometrie hohen Investitionskosten für den Schalungsbau und den hohen Materialkosten, insbesondere für die alkaliresistenten Glasfasern.

Die Einsparung von Lohnkosten wird als erste Möglichkeit zur Reduktion der Gesamtkosten gesehen. Lohnkosten lassen sich jedoch nur durch den gleichzeitigen Verzicht auf die Spritztechnik

reduzieren. Demzufolge muss das Material bestehend aus Matrix und Fasern auf anderem Weg als durch Spritzen eingebaut werden. Im vorangegangenen Artikel wurde bereits auf die im Betonbau traditionelle Technik des Gießens der Matrix in eine Form hingewiesen. Weitere Techniken der Verarbeitung sind Injizieren, Extrudieren und die kombinierte Verfahrenstechnik aus Pressen und Entwässern. All diesen Techniken gemeinsam ist die erforderliche Reduktion des Gehaltes an Kurzfasern, da die Fasern der Matrix direkt beigemischt werden müssen, was wiederum aus verarbeitungstechnischen Gründen auf maximal 2.5 Vol% begrenzt ist. Die mit dem geringeren Fasergehalt reduzierte Endfestigkeit des Produkts muss allenfalls durch eine andere Bewehrungsform (z.B. Roving oder textile Bewehrung) kompensiert werden.

Mit dem Verzicht auf die Spritztechnik ist i.d.R. eine Einschränkung in der Geometrie für das Produkt verbunden. So lassen sich mit der Gießtechnik weitestgehend nur ebene Platten, allenfalls mit angeformten Kanten oder einseitiger Profilierung herstellen. Ähnlich nimmt sich die Extrusionstechnik aus, die in der Lage ist, linienförmige Bauteile mit entsprechender Profilie-

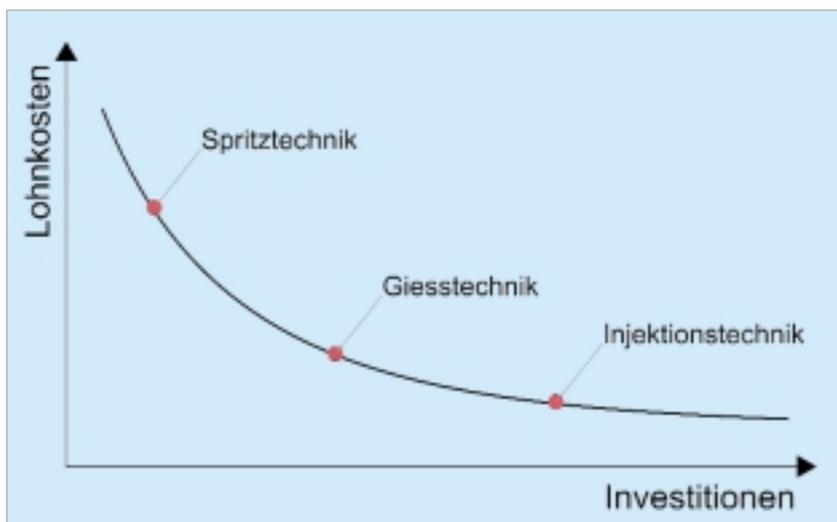
rung zu produzieren. In Bezug auf die Geometrie sind mit der Technik des Injizierens bzw. des Pressens/Entwässerns grössere Freiheiten möglich.

## 1.1 Injektionstechnik

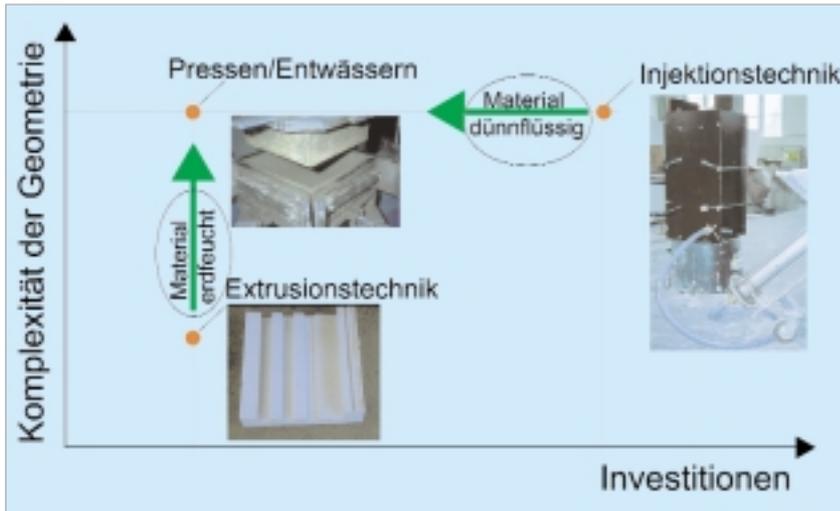
So ist es nicht verwunderlich, daß das Injizieren sich nach der Gießtechnik bereits früh neben dem Spritzen als eigenständige Technik etablierte. Die Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen. Beliebige Geometrien lassen sich mit einem modernen Schalungsbau herstellen. Zudem sind Hinterschneidungen möglich, die sich mit dem Spritzen derart nicht realisieren lassen. Die Masshaltigkeit für das Endprodukt kann zuverlässig gesichert werden. Die Wandung der Produkte kann auf ein absolut geringes Mass reduziert werden. Entsprechend aufwendig ist der Schalungsbau, da hohe Anforderungen an die Formstabilität gestellt werden. Zudem werden die Einsparungen in den Lohnkosten vielfach durch die Vorhaltung von mehreren Schalungseinheiten teilweise kompensiert. Die Senkung der Lohnkosten hat einen Anstieg der Kapitalkosten zur Folge (Bild 1). Denn eine minimale Verweildauer der injizierten Matrix in der Form muss gegeben sein, um soweit auszuhärten, daß entformt werden darf. Um diese Zeit abzukürzen, wurde vielfach auch mit mehr oder minder grossem Erfolg mit chemischen Zusätzen oder mit einer Wärmebehandlung der Form experimentiert.

## 1.2 Extrusionstechnik

Um die hohen Investitionskosten für die vorzuhaltenden Schalungen zu reduzieren wurden Anstrengungen unternommen, Bauteile direkt bei der Entstehung zu formen und ohne weitere stabile Unterstützung auszuhärten. Das ist jedoch ist nur mit einem erdfuchten zusammenhängenden Material, vergleichbar einem Lehm, bzw. Ton möglich. Die zugehörige Fertigungstechnik, das Extrudieren, arbeitet mit hohen Drücken, um das zähe, wasserarme Ausgangsmaterial bleibend in die entsprechende Form zu bringen. Der Form-



**Bild 1:** Glasfaserbetonproduktionstechnik in Abhängigkeit von Lohn- und Investitionskosten



**Bild 2:** Automatisierte Produktionstechniken in Funktion der Geometrieanforderung und der Investitionskosten

kopf erlaubt nur die Herstellung linearer Elemente jedoch mit teilweise aufwendiger Querschnittsgeometrie. Die hohen Investitionskosten für die Schalung lassen sich somit reduzieren. Erkauft wird das mit einer Einschränkung der Geometrie für das zu fertigende Produkt.

### 1.3 Kombination der Vorteile aus Injektion und Extrusion

Um die Nachteile der beiden vorgenannten Techniken zu umgehen, und nur deren Vorteile nutzbringend zu kombinieren, hat sich die in jüngster Zeit eine neuere Technik etabliert (Bild 2). Von der Injektionstechnik wurden die Vorteile einer beliebigen Geometrie mit dünner Wandung und hoher Masshaltigkeit übernommen. Von der Extrusionstechnik wurden die Vorzüge in dem Umgang mit dem erdfleuchten Material übernommen. In eine geschlossene Form beliebiger Geometrie wird flüssiges Material injiziert, so daß alle Bereiche vollständig gefüllt werden. Sodann wird die flüssige Matrix unter Druck verdichtet und gleichzeitig entwässert, so daß ein stabiles, erdflechtes Material entsteht. In dieser Phase hat die Matrix die gleichen Eigenschaften, wie das im Extruder geformte Material, welches ohne weitere stützende Schalung seine Form behält und aushärten kann. Ein einzelnes dem herzustellenden Produkt angepasstes Formstück mit den Einrichtungen für Pressen und Entwässerung erlaubt die serielle Fertigung in grosser Stückzahl. Produktionsmaschinen sind so konzipiert, daß innerhalb des gesamten Ablauf von der Befüllung durch Injektion bis zum Ver-

lassen des geformten Produkts in erdflechtem Zustand das jeweilige Formstück analog der Extrudertechnik ausgetauscht werden kann, um das jeweilige Produkt herzustellen.

Nachfolgend werden nur diejenigen Produkte vorgestellt, die mit der Injektions- bzw. Extrusionstechnik gefertigt werden. Der neuen Technik, welche die Vorzüge der beiden Verfahren vereinigt, ist der letzte Artikel dieser Serie gewidmet.

### 2. Produkte hergestellt mit der Injektionstechnik

In Bezug auf komplexe Geometrien steht die Injektionstechnik der Spritztechnik in keinsten Weise nach. Filigrane Elemente lassen sich gezielt mit ei-

ner dünnflüssigen Matrix bis in den letzten Zwickel füllen. Die Oberflächen der Produkte lassen sich porenfrei herstellen, da die eingeschlossene Luft durch den Injektionsstrom verdrängt und aus der Schalung ausgetrieben wird. Oftmals lässt sich das jeweilige Produkt aufgrund seiner komplexen Geometrie sogar nur mit der Injektionstechnik herstellen. Je nach Zusammensetzung der Matrix sind Feinbetone mit normaler aber auch mit hoher Festigkeit herstellbar. Aber auch Leichtbetone mit anderen als den tragenden Funktionen sind mit dieser Technik herstellbar.

### 2.1 Mauerfußelement „Thermur“

Der Übergang von einer ungedämmten Bodenplatte, bzw. Decke in eine Wand stellt eine Wärmebrücke dar, die es nach den gelten Vorschriften zu eliminieren gilt. Das am Wandfuß direkt über der ungedämmten Platte einzubauende Element muss neben der tragenden Funktion zusätzlich eine dämmende Funktion übernehmen (Bild 3). Diese beiden Aufgaben schliessen sich jedoch oftmals aus, da ein Bauteil aus einem einzigen Werkstoff i.d.R. nur eine Funktion erfüllen kann. Um Beton wärmedämmend zu machen, muss seine Rohdichte niedrig sein, was jedoch zu niedrigen Festigkeiten führt. Im vorliegenden Fall wurde das Element aus dem Verbund zweier Werkstoffe hergestellt. Der tragende Werkstoff wird von einem hochfesten Glasfaserbeton gebildet. Die hohe Betondruckfestigkeit erlaubt eine dünne Wandstärke, und damit wenig Durchgang für den

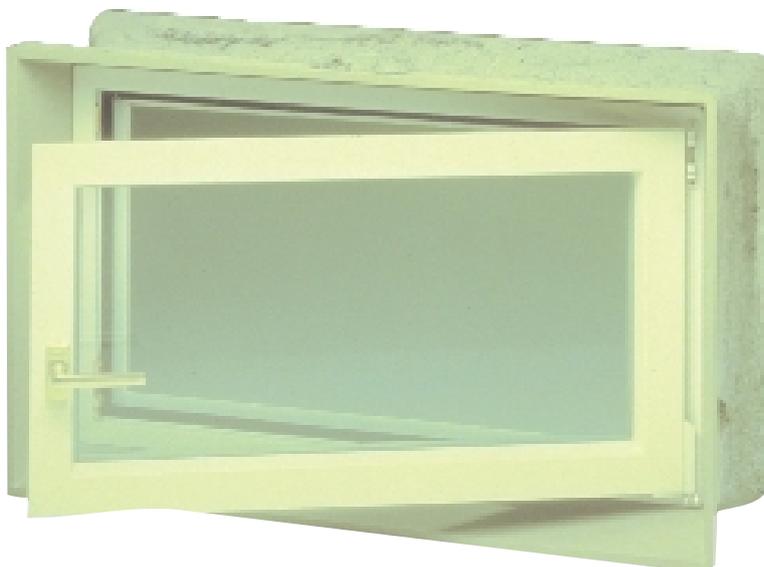


**Bild 3:** Mauerfußelement „Thermur“



**Bild 4: Komplexe Geometrie für Mauerfüßelement**

Wärmeabfluss. Der restliche Bereich neben der dünnen Wandstärke wird von einem hochwärmedämmenden Material ausgefüllt. Zur Stabilisierung des Elements verläuft der dünne, tragende Steg schlangenförmig über die Elementbreite (Bild 4). Die Wandstärke des Steges ist über die Höhe variabel mit einer Einschnürung auf ein absolutes Minimum in der Mitte. Alles in allem eine recht aufwendige Geometrie, mit dünnsten Abmessungen. Die äussere Schalungsform besteht aus Stahl, in die ein entsprechend profiliertes Dämmelement eingelegt wird. Die verbleibenden Zwischenräume innerhalb des Dämmkörpers und zwischen diesem und der Stahlschalung werden mit einem Feinbeton porenfrei verfüllt.



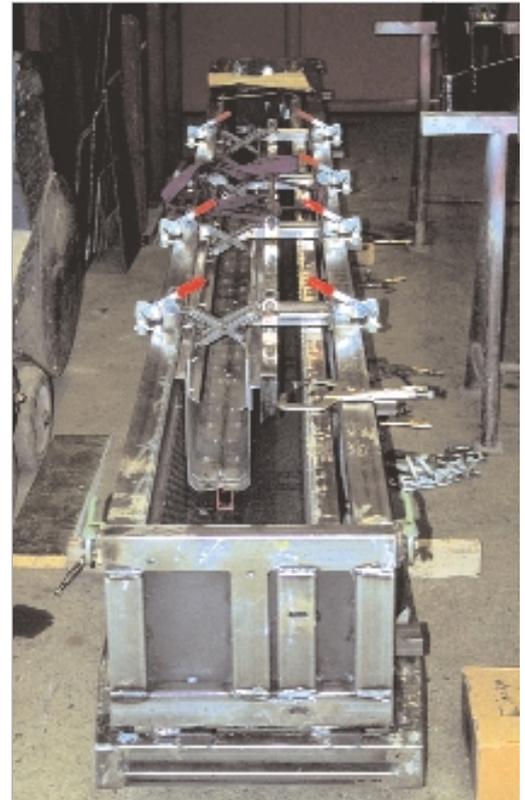
**Bild 5: Kellerfensterrahmen als integrierte Schalung**

**2.2 Kellerfensterrahmen als integrierte Schalung für Wandbauteile**

Die Laibungen eines Fensters mit Sturz und Sohlbank lassen sich aus einem Material als eine einzige Einheit in Form eines Rahmens herstellen. Dieser Rahmen übernimmt zwei Funktionen. Er dient als integrierte Schalungseinheit für den Einbau in einer Betonwand aber auch innerhalb eines Mauerwerks. Zudem wird das Fenster mit seinem Anschlag direkt innerhalb des Rahmens entlang der vorgesehenen Kanten befestigt (Bild 5). Auch hier ist die Geometrie entsprechend anspruchsvoll, um die Anschläge und Falze für den Fensterrahmen abzubilden. Zum Einbau muss das Element leicht zu handhaben sein, was dünne Wandstärken erforderlich macht. Dennoch müssen diese Wandstärken, bzw. der auszubildende Querschnitt ausreichend Widerstand für die Belastung während des Einbaus aufweisen. Eingebaut in einer Betonwand muss der Schalungsdruck des eingebrachten Frischbeton übernommen werden.

Der einzubauende Rahmen kann entweder direkt als gesamtes Bauteil gefertigt werden, oder die vier Seiten werden einzeln hergestellt und mit Hilfe einer Füge-technik stabil verbunden.

Um alle möglichen Masse in der Höhe, Breite und Wandstärke abzudecken, sind bei diesem Verfahren eine entsprechende Vielzahl von Schalungen vorzuhalten. Zudem bedingt die lange Verweildauer in der Schalung eine entsprechende Anzahl eines Typen, um grosse Stückzahlen zu produzieren.



**Bild 6: Schalungsform für Rolladenkasten**

**2.3 Dünnwandiger Rolladenkasten**

Rolladenkästen müssen i.d.R. mehrere Funktionen übernehmen. Sie dienen als Sturz über den Fenstern zur Aufnahme der Deckenlasten. Sie müssen ausreichend Platz zur Aufnahme der aufgerollten Lamellen bilden. Zudem muss dieser Bereich ausreichend wärmedämmend sein, um innerhalb des Wandbereichs keine zusätzlich Wärmebrücke entstehen zu lassen. Alles läuft darauf hinaus, daß die Stege des Kasten dünnwandig sein müssen, um genügend Platz zu bieten für den Rolladenpanzer und die Wärmedämmung aus speziellem Material. Der die Stege verbindende Deckelbereich muss ebenfalls bereichsweise unterbrochen werden, um einen kontinuierlichen Wärmefluss zu verhindern. Der Auflagerbereich muss so ausgebildet werden, daß die Lasten aus den beiden dünnwandigen Stegen nicht schneidenförmig, sondern über eine gleichmässige, und möglichst geringe Flächenpressung in die Wand eingeleitet werden. Die Tragfähigkeit zur Aufnahme der Deckenlasten kann mit der hohen Betonfestigkeit und mit zusätzlichen, i.d.R. vorgespannten metallischen bzw. nichtmetallischen Zug-elementen gesichert werden.



**Bild 7: Lager mit Rolladenkästen**

Das alles fordert eine komplexe Geometrie in Form eines stabilen Schalungskörper um masshaltig zu produzieren und allfällige Kräfte aus der Vorspannung der Zugelemente aufzunehmen (Bild 6). Mit der Verwendung einer profilierten Schalung kann zudem die Oberflächenbeschaffenheit der fertigen Flächen ebenso profiliert werden, um allenfalls einen guten Haftgrund zu bieten.

Auch hier sind für die Vielzahl der Typen und deren geforderte Anzahl (Bild 7) einige Schalungseinheiten vorzuhalten.

### **2.4 Grossformatige, dünne Plattenelemente**

Es liegt nahe, Platten im Giessverfahren herzustellen, was in aller Regel auch so erfolgt. Dazu wird nur die unterseitige Schalung und die beidseitigen Ränder als Schalungseinheit bereit gestellt. Das Material wird gleichmässig über die Plattenbreite und in der Länge eingebracht. Der Einbau einer textilen Bewehrung eventuell in definierter unterer und oberer Lage verursacht bei dünnen Elementen bereits erhebliche Probleme. Weitere Anforderungen wie eine porenfreie Oberfläche und eine gleichmässige Masshaltigkeit verlangen der Giesstechnik einiges in der Fertigung ab. Damit liegt es nahe, sich auf die Vorteile der Injektion bei dünnwandigen Bauteilen zurück zu besinnen. Bei stabilem Schalungsbau und glatter Schalungsoberfläche sind Porenfreiheit und Masshaltigkeit gesichert. Zudem kann innerhalb der Schalung eine textile Bewehrung exakt über die Anbindung an die Seitenschalung in der Höhe fi-

xiert werden (Bild 8). Das ist ein unschätzbare Vorteil, wenn man weiss, daß bei dünnwandigen Bauteilen bereits die geringste Abweichung der Bewehrung in der Höhenlage zu deutlichen Einbussen in der Tragfähigkeit führt.

### **3. Produkte hergestellt nach der Extrusionstechnik**

Der massgebliche Vorteil der Extrusionstechnik ist der Verzicht auf eine aufwendige Schalung. Zudem müssen keine grossen Lagerbestände an Schalung vorgehalten werden. Das Produkt selbst wird bei seiner Entstehung geformt. Beschränkt man sich auf spezielle Geometrien, ist diese Technik ausserordentlich schlagkräftig. Es handelt sich dabei um linienförmige Elemente, deren Quer-

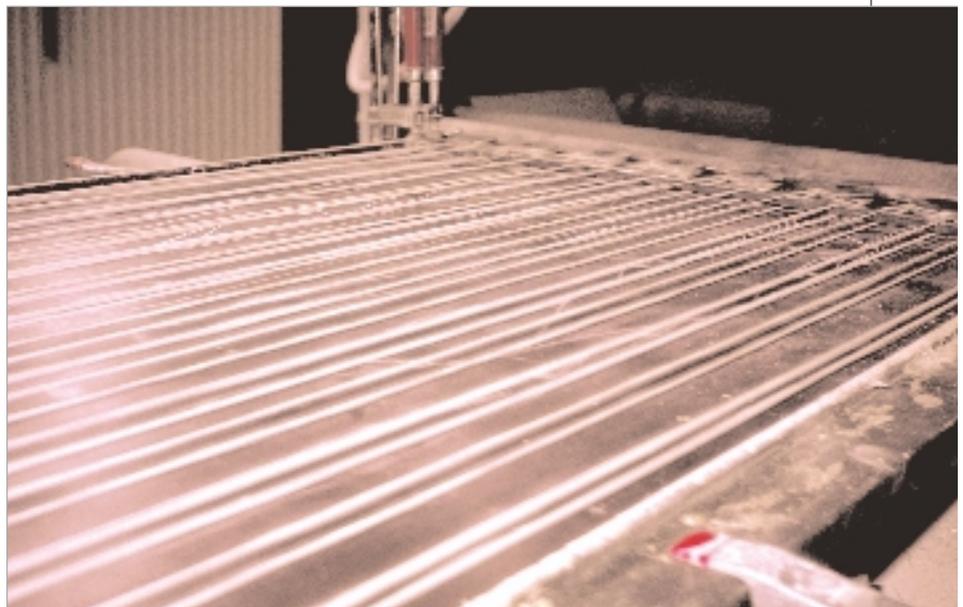
schnitt allerdings speziell geformt sein kann. Die nachstehenden Bauteile geben einen Überblick.

#### **3.1 Fensterbänke**

Fensterbänke gibt es aus Naturstein, Werkstein (Bild 9) und Metall. Während erstere beiden Werkstoffe nicht zu den kostengünstigen gehören, kann insbesondere die Bank aus Metall dank ihrer Fertigung im Strangpressverfahren Kostenvorteile bieten. Was die Metallbranche mit ihren automatisierten Verfahren vorgemacht hat, kann mit Modifikation auch auf zementgebundene Baustoffe übertragen werden. Mit der Extrusionstechnik lassen sich lineare Bauteile kontinuierlich fertigen, indem der zugehörige Querschnitt parallel zur Fertigungsgeschwindigkeit geformt wird. Den Abmessungen entsprechend kann mit dem Mundstück des Extruders die gewünschte Form mit Ab- bzw. Aufkanten gefertigt werden. Auf Lager lassen sich die Elemente produzieren (Bild 10), um dann für den jeweiligen Fall konfektioniert zu werden. Die Querschnittsform kann auch andere als zementgebundene Materialien einschliessen, um z.B. eine gedämmte Fensterbank herzustellen. Analog zu den Metallfensterbänken lassen sich die abgelängten Fensterbankabschnitte mit den seitlichen Abschlüssen versehen, um dann ebenso montiert zu werden (Bild 11).

#### **3.2 Deckenrandabschalung**

Dem heutigen Trend zu möglichst geringen Aufwendungen an lohnintensi-



**Bild 8: Positionierte textile Bewehrung für Plattenelemente**



**Bild 9: Fensterbänke als lineare Bauteile**

ven Arbeiten auf der Baustelle folgend, werden mit Vorteil Halbfertigteile eingesetzt. Elementdecken werden auf die Wände aufgelegt und mit Ortbeton zu einem monolithischen Ganzen verbunden. Der Rand der Decke muss i.d.R. abgeschalt werden, wenn nicht ein dünner Mauerstein den Abschluss bildet. Beides erfordert Aufwand in Form von Lohnkosten. Alternativ dazu lassen sich dünnwandige, stabile Elemente auf der Wandkrone platzieren. Auch hier handelt es sich um linienförmige Bauelemente, deren mehr oder weniger einfacher Querschnitt in einem kontinuierlichen Prozess hergestellt werden kann. In Standardlängen gefertigt, kann mit der jeweiligen Konfektionierung auf die Anforderungen der Baustelle reagiert werden. Wie vorgängig erwähnt, lassen sich in dem Fertigungsvorgang wiederum mehrere Materialien miteinander kombinieren. So wird es möglich, neben einfachen Deckenrandabschalungen auch solche mit einer Dämmung herzustellen. Darüber hinaus lassen sich für die Ausbildung der Oberflächen andere Materialien mit Glasfaserbeton kombinieren.

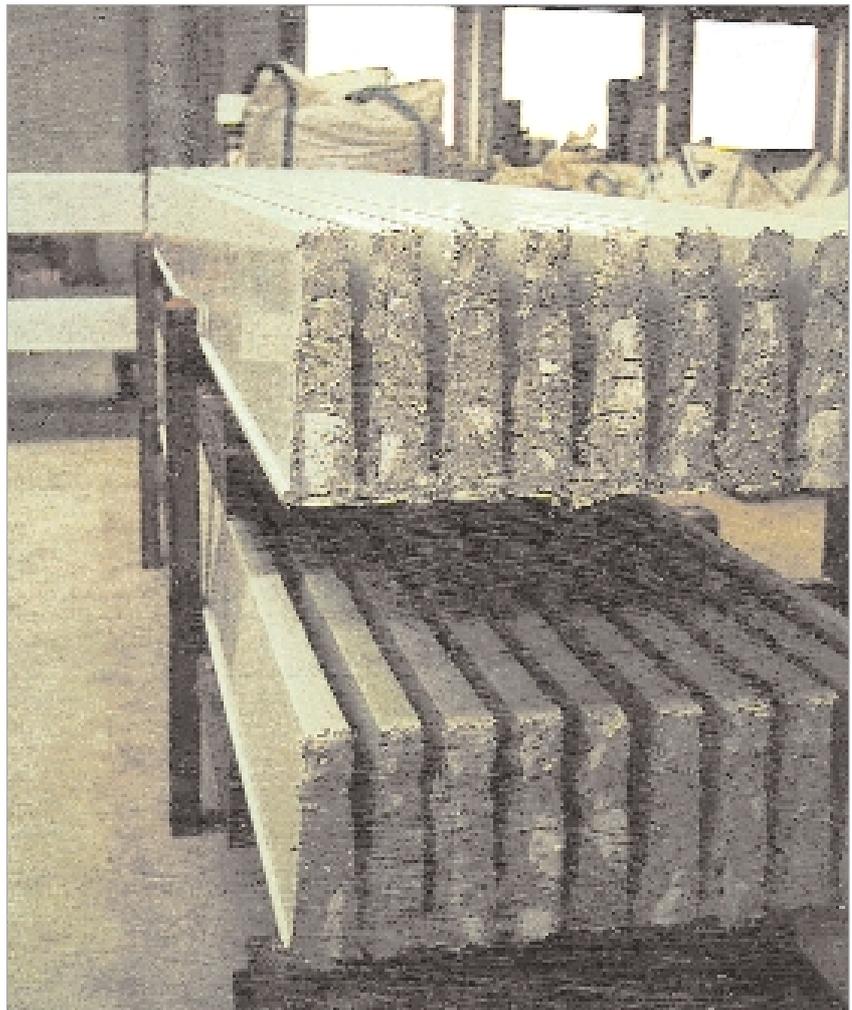
Speziell für wärmedämmendes Bimsmauerwerk wurde ein gedämmtes Deckenrandelement entwickelt, dessen sichtbare Aussenfläche mit einer dünnen Schicht aus Bims belegt ist (Bild 12). Damit wird sichergestellt, daß eine durchgehende Fassadenaussenfläche mit gleichem Untergrund zur Aufnahme des Aussenputzes zur Verfügung steht. Der Kern aus Dämmmaterial ist stabil umgeben mit einer dünnen Schicht aus Glasfaserbeton.

Der Markt bietet weitere Deckenrandabschalungen in einfacher Geometrie an, die zur Abschaltung von Elementdecken bzw. Doppelwandsystemen direkt im Fertigteilwerk genutzt werden.

Der Querschnitt ist einseitig schalungsglatt und rückseitig entsprechend profiliert, um den Verbund mit dem einzubringenden Beton zu gewährleisten. Darüber hinaus existieren Elemente mit spezieller Geometrie für die Abschaltung von Fugen, sowohl für den Ortbeton als auch für die Fertigteilindustrie. Bei den Produkten handelt es sich stets um lineare Bauteile mit zugehöriger, teilweise aufwendiger Querschnittsform, die sich idealerweise mit einem Extruder fertigen lassen.

#### 4. Zusammenfassung

Die Injektionstechnik hat sich neben der Spritztechnik relativ rasch etabliert. Gemeinsam mit der Giesstechnik haben beide Verfahren den Schritt zu einem industriellen Prozess eingeleitet, indem damit die lohnintensiven Kosten gesenkt werden konnten. Wie erwähnt, haben sich speziell mit der Injektionstechnik jedoch zusätzliche Investitionskosten ergeben. Die weitere Suche nach Kostenreduktion und in-



**Bild 10: Fensterbänke als extrudiertes Bauteil**



**Bild 11:** Montiertes Fensterbankbauteil

Die unermüdliche Suche nach der idealen Produktionstechnik für das jeweilige Produkt hat dann zu einem weiteren Schritt geführt, der die Vorzüge beider Verfahren in sich vereint. Darüber wird abschliessend in dem letzten Artikel dieser Serie über den Glasfaserbeton berichtet.

**5. Danksagung**

Viele Informationen und speziell einige der gezeigten Abbildungen stammen von der Firma Stahlton AG in Zürich, wofür wir uns bedanken. Der Dank geht auch an die Firma Schöck Bauteile GmbH, in Baden-Baden, die den abgebildeten Kellerfensterrahmen herstellt. ■

**Weitere Informationen:**

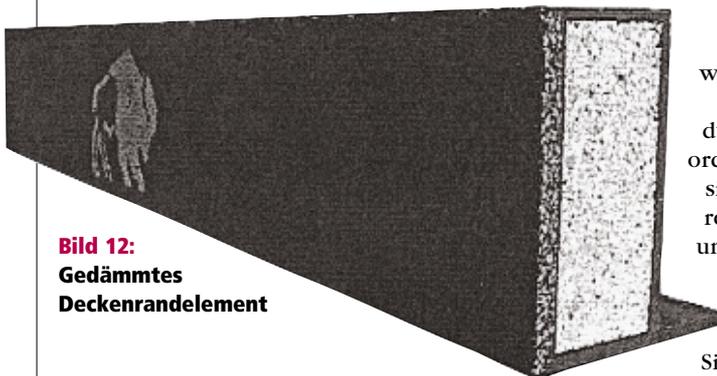


Novacret Faserbaustoff-Technik GmbH  
 Postfach 1270 – Balduinstraße 1A  
 D-54462 Bernkastel-Kues  
 Tel: ++49 6531 96 82 41  
 Fax: ++49 6531 96 82 42  
 E-Mail: [info@novacret.com](mailto:info@novacret.com)  
 Internet: [www.novacret.com](http://www.novacret.com)

**Weitere Informationen:**



Novacret AG  
 Postfach – Eisengasse 9  
 CH-8032 Zürich  
 Tel: ++41 1 266 92 51  
 Fax: ++41 1 266 92 61  
 E-Mail: [info@novacret.com](mailto:info@novacret.com)  
 Internet: [www.novacret.com](http://www.novacret.com)



**Bild 12:**  
 Gedämmtes  
 Deckenrandelement

dort mussten Einschränkungen in Kauf genommen werden, die jedoch für spezielle Produkte von untergeordneter Bedeutung sind. Beide Verfahren, die Injektions- und die Extrusionstechnik haben unbestritten ihre grosse Vorzüge. Sie stehen beispielhaft für den Beginn der industriellen Fertigung von Gasfaserbeton.

dustrieller Fertigung hat die Extrusionstechnik auf den Plan gebracht. Auch

dustriellen Fertigung von Gasfaserbeton.

11./12. Dezember 2001  
 Maritim Hotel, Bonn

1. INTERNATIONALE  
**BWI**  
**BETON-TAGE**

*...hier trifft sich die Branche*

**Weitere Informationen  
 im Programm  
 auf Seite 12**

