
Künstlerisch gestaltete Schalen aus Spritzbeton

SPRAYED CONCRETE FOR ARTISTIC SHELLS

PIETRO TEICHERT

Im Goetheanum in Dornach, Zentrum der weltweit tätigen Anthroposophischen Gesellschaft, ist der tausendplätzig große Saal 1996/98 neu gestaltet worden. Dazu gehören unter anderem Einbauten, die den Raum verkleinern, künstlerisch schmücken und akustisch verbessern. Es handelt sich dabei hauptsächlich um je Saalseite sieben Wandpfeiler, deren Kapitelle einen 30 Meter langen und sieben Meter hohen Architrav tragen. Die Pfeilersockel, die Kapitelle und die Architrave haben plastisch geformte Oberflächen. Die Einbauten bestehen aus einer tragenden Stahlkonstruktion und aus einem besonders beschaffenen Spritzbeton, der bildhauerisch bearbeitet worden ist. Der Spritzbeton mußte mannigfaltigen Anforderungen genügen. Die Arbeitsumstände und die teilweise sehr komplizierten Formen der Strukturen verlangten von den Düsenführern außergewöhnliche Leistungen.

The 1000-seat main auditorium of the Goetheanum at Dornach, Switzerland, centre of the worldwide Anthroposophical Society, was entirely rebuilt in 1996/98. The project included the installation of interior elements that reduce the auditorium's volume, decorate it artistically, and improve its acoustics. Essentially they comprise seven large columns along each of the side walls, whose capitals support an architrave 30 metres long and seven metres high. The surfaces of the column bases, the capitals and the architraves are sculptured. These elements are made of a load-bearing steel structure and sprayed concrete of special composition that was treated with hatchets after setting. The sprayed concrete had to meet very demanding requirements. The working conditions and the structural shapes, many of which are very complex, called for exceptional skill on the part of the nozzlelemen.

1. Das Goetheanum in Dornach

Das Goetheanum in Dornach bei Basel in der Schweiz (Bild 1) wurde in den Jahren 1925 - 28 nach einem Modellentwurf des österreichischen Philosophen und Geisteswissenschaftlers Rudolf Steiner erbaut. Es ist der erste Bau in der Geschichte des Eisenbetons, der dieses Material für monumentale, plastisch durchgestaltete Formen verwendet hat. Architekturgeschichtlich ist es

schwer in eine Stilrichtung einzuordnen. Es gehört zu den Versuchen, die aus dem geistigen Aufbruch des Jahrhundertbeginns neue Wege suchten. Rudolf Steiner ging dabei vom Ziel aus, eine äusserer Hülle für das zu schaffen, was geistig-seelisch im Innern des Gebäudes als dem Zentrum einer geistig strebenden Bewegung entspricht. So wie die Nuss und die Nussschale zusammengehören, so sollen auch in einem Gesamtkunstwerk Architektur, Plastik, Malerei, Musik, Sprache, Theater, Euryth-



Bild 1: Das Goetheanum in Dornbach

mie und Vortragskunst aus einer einheitlichen Gesamtidee hervorgehen.

Das Gebäude ist das Zentrum der weltweit tätigen Anthroposophischen Gesellschaft und umfasst einen Theaterbetrieb mit einem eigenen Schauspiel- und Eurythmie-Ensemble, den Sitz der Freien Hochschule für Geisteswissenschaft sowie Räumlichkeiten für die 130 - 150 Konferenzen und Tagungen, die jährlich hier durchgeführt werden.

In selbständiger Weiterführung von wissenschaftlichen und künstlerischen Ansätzen Goethes - daher

die Bezeichnung "Goetheanum" - hat Rudolf Steiner seit Beginn dieses Jahrhunderts die anthroposophische Geisteswissenschaft entwickelt. In Wissenschaft, Kunst und Religion sucht sie auf eine zeitgemäße Weise nach Wegen, das Geistige in der Welt und im Menschen neu zu erringen, den Materialismus und die einseitige Ausrichtung auf die sinnlich wahrnehmbare Welt zu überwinden und eine fruchtbare Entwicklung auf vielen praktischen Lebensgebieten anzuregen. Daraus sind Rudolf-Steiner-Schulen (Waldorf-Schulen), die anthroposophisch-medizinische Bewegung mit vielen Kliniken und Arztpraxen, die biologisch-dynamische Landwirtschaft, Kunstschulen und vieles andere entstanden.

An der Stelle, wo heute das Goetheanum steht, wurde in den Jahren 1913 - 1920 ein erster Goetheanum-Bau in Holz errichtet. Er war insbesondere im Innern plastisch und malerisch reich ausgestaltet. Bereits 1922 wurde er als Opfer einer Brandstiftung vollständig zerstört. Der in den folgenden Jahren errichtete zweite Bau konnte zunächst nur als Rohbau verwirklicht werden. Der Innenausbau erfolgte im Laufe der Jahrzehnte zwischen 1928 und 1998. Den eigentlichen Schlusspunkt dieses Innenaubaus bildet die Neugestaltung des grossen Saales mit 1000 Sitzplätzen und



Bild 2: Modell 1 : 20 der Einbauten (eine Saalseite)

einer grossen Theaterbühne. Christian Hitsch, Leiter der Sektion für Bildende Künste am Goetheanum und Verantwortlicher für die künstlerische Ausgestaltung des Saals, hat sich dabei bemüht, plastische und malerische Motive, die im ersten Goetheanum verwirklicht waren, in einer Art aufzugreifen, die in Material und Stil dem architektonischen Duktus des zweiten Goetheanums entspricht (Bild 2). Die Ausführung erfolgte 1996 bis 1998. An den künstlerischen Arbeiten haben Hunderte von Künstlern und Helfern aus der ganzen Welt mitgewirkt. (Verfasst von Hans Hasler, Administration des Goetheanum-Baues.)

2. Die Einbauten aus Spritzbeton

Spritzbeton dient vorwiegend zur Sicherung von Fels im Untertagebau, er stützt aber auch häufig Hänge und Baugruben im Freien. Verbreitet ist Spritzbeton im übrigen zur Instandsetzung schadhafter Bauten aus Beton und Mauerwerk. Seit langem verwendet man Spritzbeton ebenso zur Abdichtung von Wasserbauten. Viel weniger bekannt ist, dass sich aus Spritzbeton besonders gut freie Formen gestalten lassen.

Verallgemeinernd lässt sich sagen, dass Spritzbeton vor allem für grossflächige, dünne Bauteile taugt und für solche, die komplizierte Formen aufweisen. Spritzbeton kommt überall dort in Frage, wo herkömmlicher Beton schwierig einzubringen ist und aufwendige Schalungen erfordert.

Es gibt Bauten, für die das Betonspritzen geradezu prädestiniert ist, etwa Schalen, Dächer und Kuppeln, Weiher, Becken und Bassins, Rollbrettbahnen, Rodel- und Bobpisten, Kunstwerke und künstliche Felsen.

Auch die Strukturen zur Neugestaltung des grossen Saales im Goetheanum sind aus Spritzbeton entstanden.

Der Rohbau hat beeindruckende Innenmasse; er ist 30 m lang, im Mittel 27 m breit und durchschnittlich 21 m hoch. Das ergibt ein Volumen von ungefähr 17'000 m³. Zu seiner Verkleinerung hatte man 1956 vorgesetzte Wände und eine herabgehängte Decke eingebaut. Das erwies sich als künstlerisch und akustisch unbefriedigend. Die Decke war mit Asbest beschichtet. Die behördliche Auflage zu dessen Entfernung hat den Umbau des grossen Saales ausgelöst.

Die Neugestaltung sollte den Raum - vereinfacht ausgedrückt - schmücken und akustisch sanieren. Dazu gehörte die Verkleinerung des Saales auf

11'000 m³ durch sogenannte Einbauten. Sie umfassen auf jeder Saalseite sieben Wandpfeiler, deren Kapitelle einen sieben Meter hohen Architrav stützen, die Bühneneinrahmung sowie die gegenüberliegende Empore. Dazwischen hängt eine bemalte Gipsdecke.

Nachdem man Holz als Baustoff verworfen und sich grundsätzlich für ein mineralisches Material entschieden hatte, kam praktisch nur Spritzbeton in Frage. Womit, wenn nicht aus Spritzbeton, hätte man denn solche Formen herstellen sollen?

Ein erster Versuch mit dem Trockenspritzen hatte (wegen unzuweckmässigem Vorgehen) unerträglich viel Staub verursacht, weshalb Versuche mit dem Nassspritzen folgten. Diese zeigten, dass sich die verfügbaren Geräte für den vorgesehenen Zweck nicht eigneten. Nachdem bewiesen werden konnte, dass sich bei fachgerechtem Trockenspritzen der Staub durchaus begrenzen liess, entschied man sich endgültig für dieses Verfahren. Damit begann die Suche nach Lösungen für die mannigfaltigen Probleme, die sich aus der ungewöhnlichen Anwendung des Spritzbetons im Goetheanum ergaben:

- Da die Einbauten aus dem Nichts zu schaffen waren, musste ein Traggrund, also eine Auftragsfläche, für den Spritzbeton gefunden werden.
- Weil der Boden des grossen Saales nur beschränkt belastbar ist, sollten die Einbauten möglichst leicht, also dünnwandig sein.
- Da der Spritzbeton mit Beilen behauen werden sollte, musste seine Beschaffenheit den Beanspruchungen durch dieses Bearbeiten gewachsen sein.
- Es gab genaue Vorstellungen, wie der behauene Spritzbeton aussehen sollte; das Spritzgut musste entsprechend zusammengesetzt sein.
- Die grossflächigen Strukturen sollten einen gleichmässigen Farbton ohne "Wolkungen" und Flecken haben, was eine sehr ausgeglichene Dosierung der Trockengemischbestandteile erforderte.
- Das nötige Trockengemisch war nicht als spritzfertiges Werksgemisch erhältlich, weshalb es an Ort und Stelle aufbereitet werden musste.
- Wegen der räumlichen Verhältnisse auf der Baustelle kam als Standort der Mischanlage und der Spritzbetonmaschine nur ein Platz im Freien neben dem Gebäude in Frage; das Spritzgut musste von dort bis zur Düse über eine Distanz von 120 Metern und einen Höhenunterschied bis zu etwa 30 Metern förderbar sein.
- Das Betonspritzen sollte unter vernünftigem Aufwand leistungsfähig und betriebssicher sein.

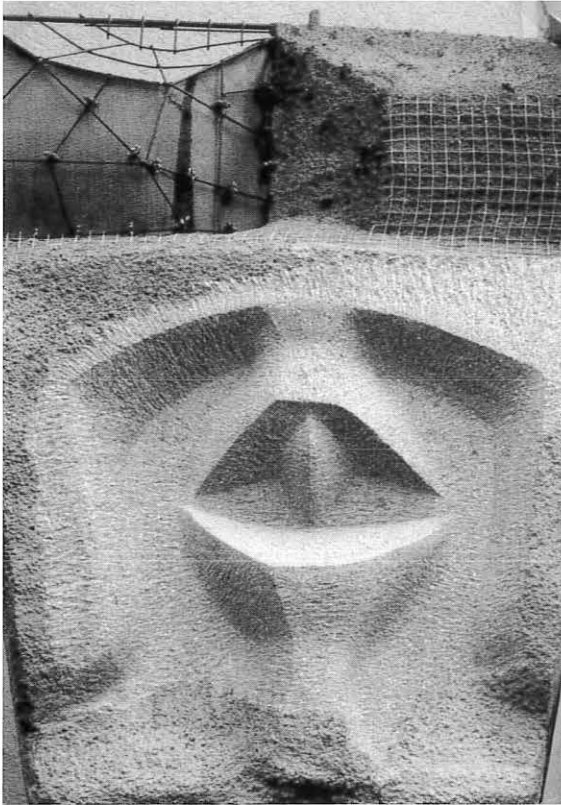


Bild 3: Konstruktion der Einbauten

Es hat seine Zeit gedauert, die Konstruktion der Einbauten (Bild 3), das zweckmässigste Vorgehen und die geeignete Spritzbetonzusammensetzung zu finden. Dazu waren viele Gespräche mit den Verantwortlichen des Vorhabens und mehrere Versuche nötig. Sehr zustatten kam dabei, dass wir

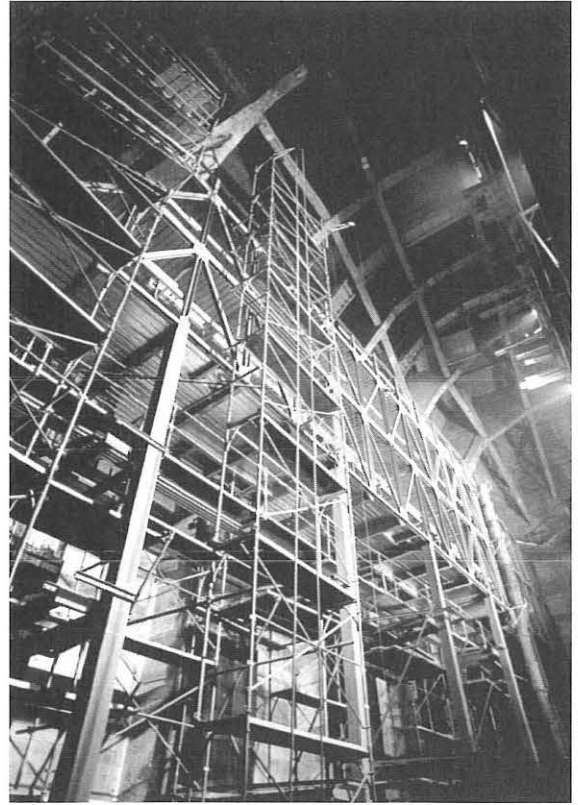


Bild 4: Tragendes Gerüst aus Stahlprofilen an der Saalwand

1994/95 mit dem Bau der künstlichen Felsen aus Spritzbeton in der neuen Bärenanlage des Zürcher Zoos eine verblüffend ähnliche Arbeit ausgeführt und wertvolle Erfahrungen gesammelt hatten. Die Einbauten im grossen Saal werden von einer



Bild 5: Vorfertigung des Rundeisenskelettes

Konstruktion aus Stahlprofilen getragen, die auf dem Boden steht und an den Wänden verankert ist (Bild 4). An dieser Tragkonstruktion sind Relief-Formen aus Bewehrungsstäben und -netzen befestigt, das sogenannte "Rundstahlskelett". Seine Teile sehen aus wie korbartige Eisenplastiken. Der ganze Kapitell- und Architravbereich beider Seitenwände und die Sockel der Pfeiler sind von Künstlern und Handwerkern in einer Fabrikhalle konstruiert worden (Bild 5). Dazu hat man je Seitenwand 1200 Messpunkte in den drei Koordinaten am plastischen Modell (Bild 2) aufgenommen und am Boden der Halle eingemessen. Das vorgefertigte Skelett ist in Teilstücken auf die Baustelle transportiert und dort zusammengefügt worden (Bilder 6 und 7). Die übrigen Teile des Rundstahlskelettes der Pfeiler, der Seitenwände und der beiden Stirnwände sind an Ort und Stelle entstanden.

3. Die Spritzbetonarbeiten

Als Auftragsfläche für den Spritzbeton ist hinter dem Rundstahlskelett eine "verlorene Schalung" befestigt. Sie besteht aus einem Streckmetall aus 0,5 mm dickem Eisenblech (Bild 8). Dieses Material lässt sich schneiden und verformen, es ist luftdurchlässig und ausreichend steif. Es wurde mit

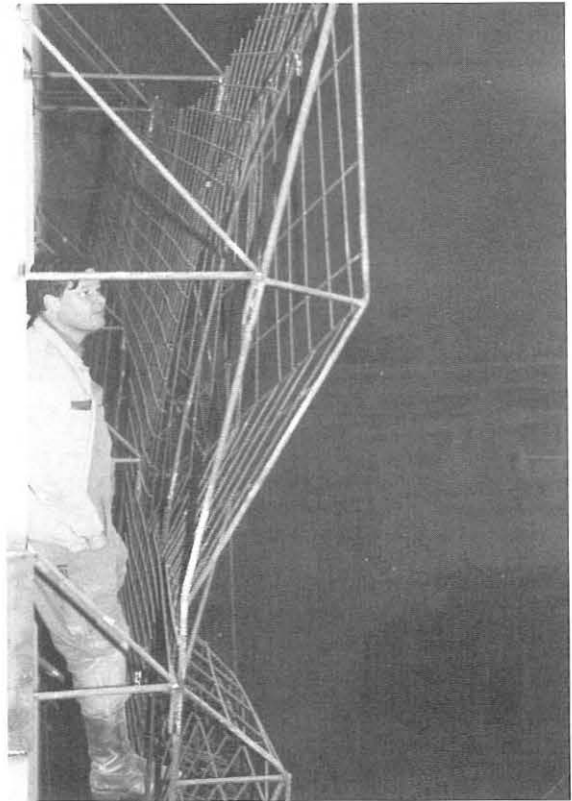


Bild 7: Montage des vorgefertigten Rundeisenskelettes am tragenden Gerüst aus Stahlprofilen

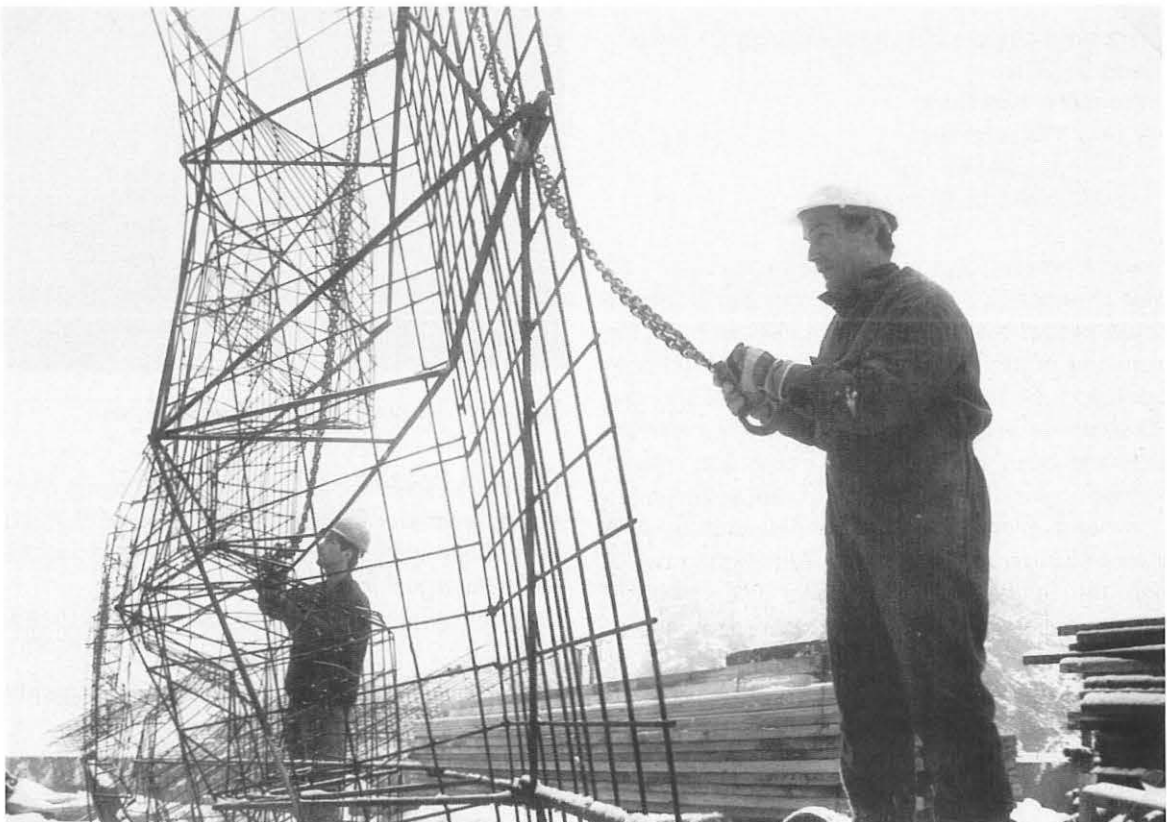


Bild 6: Vorgefertigtes Rundeisenskelett



Bild 8: Befestigen der verlorenen Schalung aus Streckmetall

Bindedrähten und Plastikdistanzhaltern zwei Zentimeter hinter dem Rundstahlskelett befestigt, um dessen Stäbe so gut wie möglich in den Spritzbeton einbetten zu können. Das Zuschneiden, Anpassen und Befestigen der verlorenen Schalung war eine recht mühselige Arbeit, vor allem an den Partien mit komplizierten Formen.

Die vielfältigen Anforderungen, denen das Betonspritzen und der fertige Spritzbeton im Goetheanum zu genügen hatten, konnten mit folgender Trockengemischzusammensetzung allesamt erfüllt werden:

- Zuschlagstoffe aus Bimsstein, Körnung 0 - 8 mm
- Leca 0 - 3 mm
- Weisser Marmorsand
- 9 Teile Weisszement
- 1 Teil hydraulischer Kalk
- rote Mineralfarbe (Eisenoxid)

Diese Mischung wurde in Chargen zu rund 135 Liter in einem Zwangsmischer auf der Baustelle selbst hergestellt. Das Gemisch liess sich gut fördern und ergab ein plastisches, sehr klebefähiges Spritzgut. Dank dessen wurden die Stäbe des Rundstahlskelettes rückwärts gut ummantelt. Zudem bereitete das Ausspritzen von Ecken und spitzen Winkeln glücklicherweise nicht die gefürchteten Schwierigkeiten. Das Spritzgut liess sich auch in zweckmässiger Stärke in einem Arbeitsgang auftragen. Der Spritzbeton hatte zudem eine verhältnismässig raue Oberfläche, was die Verkrallung der aufeinander folgenden Schichten begünstigte.

Die Spritzbetonschale wurde etwa zehn Zentimeter dick gespritzt (Bild 9), an bildhauerisch schwierigen Stellen etwas dicker, um den Künstlern genügend Spielraum zur Formfindung zu geben. Zur Verteilung der Schwindspannungen ist der Spritzbeton

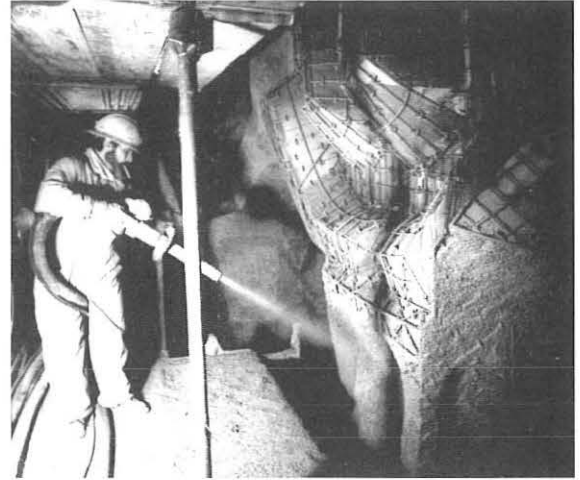


Bild 9: Auftrag des Spritzbetons



Bild 10: Befestigung des Glasfasernetzes

mit einem Glasfasernetz bewehrt. Das blaue Netz wurde etwa vier Zentimeter dick überspritzt und diente beim späteren Behauen der Spritzbetonoberfläche als Signal (Bild 10).

Die nach 28 Tagen im Zuge der Qualitätssicherung vorgenommenen Prüfungen haben folgende Spritzbetoneigenschaften ergeben:

- | | | |
|-------------------|---------|-------------------------|
| · Trockenrohichte | (n = 3) | 1'183 kg/m ³ |
| · Gesamtporosität | (n = 2) | 47,2 Volumenprozent |
| · Druckfestigkeit | (n = 6) | 23,8 N/mm ² |

· Zugfestigkeit, axial	(n = 9)	1,0 N/mm ²
· E-Modul	(n = 3)	9'133 N/mm ²

Insgesamt sind 705 Kubikmeter Trockengemisch verarbeitet worden. Die abgewinkelte Oberfläche des behauenen Spritzbetons beträgt ungefähr 2'200 Quadratmeter.

Die Leistungen des Spritzbetonunternehmers sind nach Aufwand zu Stunden und Monatsansätzen vergütet worden.

Die Neugestaltung hat nur sehr kurze Zeit gedauert. Zwischen der letzten Aufführung vor Arbeitsbeginn und der Eröffnungsvorstellung im umgebauten Saal liegen nur 19 1/2 Monate. Davon entfallen genau 200 Werktagen auf die Herstellung der Spritzbetoneinbauten, das heisst Montage des Rundstahlskeletts, Befestigen der verlorenen Schalung, Betonspritzen und Behauen der Spritzbetonoberfläche. Für das Betonspritzen allein sind 4'270 Mannstunden geleistet worden. Zur bildhauerischen Bearbeitung der Spritzbetonoberfläche mit dem Beil waren während gut sechs Monaten durchschnittlich 35 Bildhauer aus aller Welt tätig (Bild 11).

Trotz der vorzüglichen Zusammensetzung des Trockengemisches erforderte das Spritzen des

Betons vom Düsenführer aussergewöhnlich viel Erfahrung und Fertigkeit, Umsicht und Sorgfalt. Weil es daran nicht gefehlt hat, erfüllt der Spritzbeton die Ansprüche und Erwartungen der Künstler und Bildhauer vollauf.

Die Struktur und das Aussehen der behauenen Flächen (Bilder 12 bis 15) überraschen durch ihre Gleichmässigkeit. Es sind weder auffällige Farbschwankungen noch Gefügestörungen zu erkennen. Andere spritzbetontypische Mängel wie Rückpralleinschlüsse, Spritzschatten und Hohlstellen sind ihrer Geringfügigkeit wegen nicht der Rede wert. Am meisten erstaunt, dass in den komplexen Strukturen bisher nur wenige Risse entdeckt worden sind.

Nicht nur das Können, der Fleiss und die Gewissenhaftigkeit aller haben zu diesem erfreulichen Ergebnis beigetragen, sondern auch das angenehme Ambiente auf der Baustelle, der freundliche Umgangston und das Bemühen um gegenseitiges Verstehen. Schliesslich hat die Werkgemeinschaft, die aus den Betonspritzern, den Bildhauern und vielen freiwilligen Helfern bestand, auch Glück gehabt - wieviel Glück, wird einem erst so richtig bewusst, wenn man sich vorstellt, was alles hätte schiefgehen können.



Bild 11: Behauen der Spritzbetonoberfläche



Bild 12: Spritzrauhe (links) und behauene Spritzbetonoberfläche



Bild 13: Pfeilerkapitelle und Architrav



Bild 14: Der grosse Saal heute

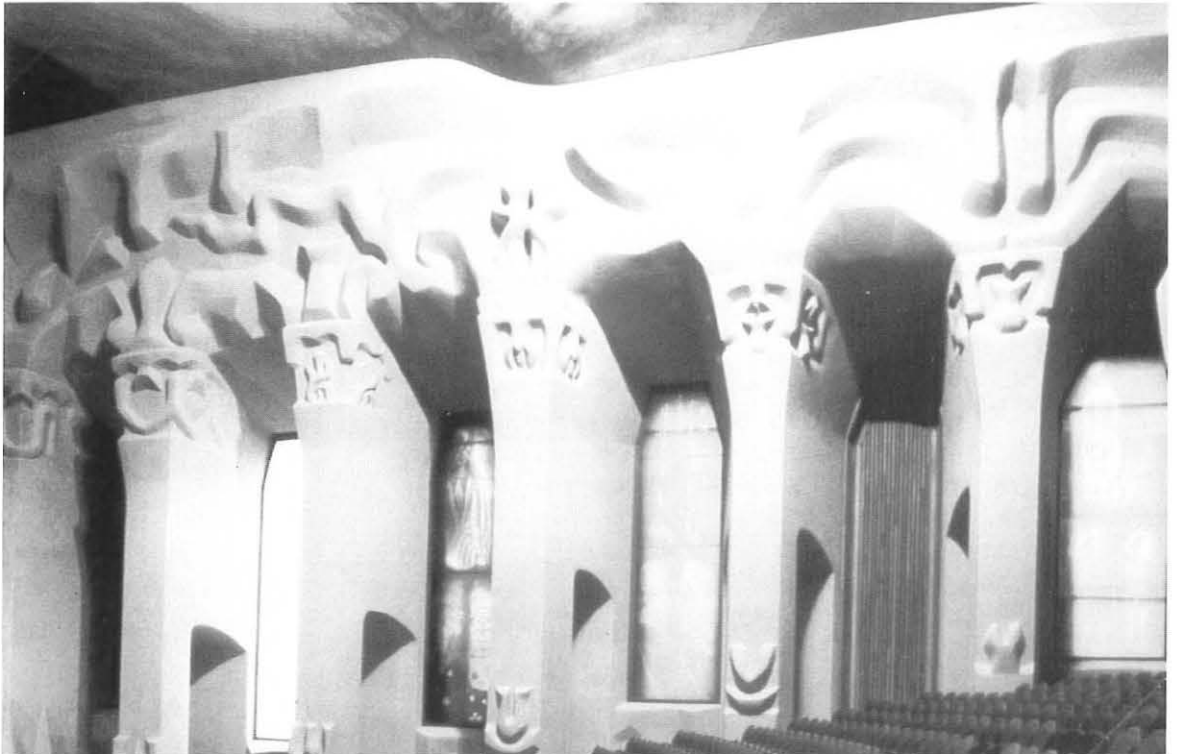


Bild 15: Einbauten einer Saalseite (Vergleich mit Bild 2)

4. Literatur

[1] Der grosse Saal im Goetheanum.
Berichte und Bilder der Modelle zum bevorstehen-

den Ausbau. Stil 4/1994, Sonderheft Michaeli
1994, Buchhandlung am Goetheanum.

[2] Zum neuen Ausbau des grossen Saales im Zweiten Goetheanum.
Berichte zum Saalausbau, Stil 2/1997
Buchhandlung am Goetheanum.

[3] Hasler, H.:
Spritzbeton als künstlerisch gestaltete Innenschale.
Schweizer Ingenieur und Architekt 10/1997.

[4] Hasler, H.:
Die Neugestaltung des grossen Saales im Goetheanum. Schweizer Baujournal 2/1998.

[5] Hasler, H.; Buess, J.:

Der grosse Saal im Goetheanum 1996 - 1998. Herausgegeben von der Administration des Goetheanum-Baues, April 1998.

5. Bildnachweis

Bilder 1, 3, 7, 8, 10, 12 Laich SA, Avegno

Bilder 2, 4, 6, 9, 11, 13, 14, 15 Jürg Buess, Basel

Bild 5 Peter A. Wolf, Essen