Baha'i-Haus der Andacht, New Dehli, Indien

Autor(en): **Naimi, Mohsen**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 42

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85830

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die genannten Anwendungsmöglichkeiten sind als Marktnischen zu verstehen. Solange sich die Konkurrenzfähigkeit des Wasserstoffs gegenüber fossilen Energieträgern nicht grundlegend ändert, ist keine merkliche Entlastung der Energie- und Schadstoffbilanz zu erwarten.

Was die heimische Produktion von Wasserstoff betrifft, so lassen sich vor dem Hintergrund der Energieszenarien folgende Hypothesen aufstellen:

- Wasserkraft und Kernkraft können in Schwachlastzeiten zur Wasserstofferzeugung herangezogen werden. Die diesbezüglichen Mengen fallen allerdings kaum ins Gewicht. Eine Wettbewerbsfähigkeit ist unter den angenommenen Preisentwicklungen für Erdgas und Elektroenergie (als konkurrierende Energieträger) nicht gewährleistet.
- Solarer Wasserstoff aus heimischer Produktion könnte einige Prozent des fossilen Energieverbrauchs substituieren. Bei den angenommenen Gestehungskosten des Solarstroms ist jedoch in absehbarer Zeit keine Konkurrenzfähigkeit (etwa gegenüber Erdgas) zu erreichen.

Somit scheint es nach den heutigen Vorstellungen sehr unwahrscheinlich, dass nichtfossiler Wasserstoff vor der Mitte des nächsten Jahrhunderts eine wesentliche Rolle in der Energiewirtschaft spielen wird.

Zusammenfassung

Die weltweiten Aktivitäten lassen erkennen, dass das enorme Zukunftspotential der Wasserstofftechnologie erkannt worden ist. Gegenwärtig geht es darum, Techniken zu entwickeln und zu verfeinern, die den späteren Einstieg in eine Wasserstoffenergietechnik ermöglichen. In der Schweiz wurden wichtige Vorarbeiten auf dem Feld der photochemischen Wasserspaltung und bei der Wasserstoffspeicherung (MTH) geleistet.

Seit kurzer Zeit besteht ein Arbeitskreis, der sich mit der Entwicklung und den Anwendungsmöglichkeiten bestimmter Brennstoffzellentypen auseinandersetzen soll. Eine kleine Demonstrationsanlage zur photovoltaischen Wasserstofferzeugung ist geplant. Die genannten Aktivitäten sollen dazu dienen, Erfahrungen zu sammeln und ein breites Fachpublikum mit den offensichtlichen Vorzügen des Wasserstoffs bekannt zu machen.

Literatur

[1] *N. N.:* Alternative Energie Wasserstoff. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energiewirtschaft erarbeitet von der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Schriftenreihe Nr. 5 der Expertengruppe Energieszenarien (EGES) Bern, EDMZ, 1987

[2] *Larcher, M.-Th.:* «Aus dem Auspuff kommt reines Wasser», Sonnenenergie 1986, Nr. 5, S. 29 ff

[3] *Fischer, P.U.:* «Elektrizität und Kernenergie», Bulletin SEV/VSE 78 (1987), Nr.2, S. 88 ff

[4] *Baumberger, H.:* «Globale Energieversorgungsengpässe», Bulletin SEV/VSE 78 (1987), Nr. 2, S. 77 ff

[5] *Winter, C.-J., J. Nitsch* (Hrsg.): «Wasserstoff als Energieträger», Berlin, Springerverlag, 1986

[6] *Glavitsch H.:* «Verwertung von elektrischer Überschussenergie», Bulletin SEV/VSE 77 (1986), Nr. 9, S. 495 ff

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. *H. Prechtl,* dipl.El.-Ing., Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Abt. Alternativenergie, 8034 Zürich.

Baha'i-Haus der Andacht, New Delhi, Indien

Das im Jahr 1986 nach sechsjähriger Bauzeit fertiggestellte Baha'i-Haus der Andacht - auch «Lotosblume von Bahapur» oder «der Tadsch Mahal des 20. Jahrhunderts» genannt -, stellt eines der bedeutendsten Bauwerke unserer Zeit dar.

VON MOHSEN NAIMI, ZÜRICH

Das Kernstück dieser Anlage ist ein 40,8 m hoher, lotosförmiger Überbau mit einem Durchmesser von 70 m, der den 2500 Plätze umfassenden Versammlungsraum beherbergt. Der Überbau besteht aus 27 äusseren Schalen und einer aus Schalen und Rippen zusammengesetzten Innenkuppel und stützt sich auf 9 ringförmig um die zentrale Halle angeordnete Bögen ab (Bild 1).

Dieses Haus der Andacht in New Delhi,Indien, ist der siebente und jüngste Tempel der Baha'i-Religion. Die anderen befinden sich in Wilmette (USA), Kampala (Uganda), Sydney (Australien), Frankfurt (BRD), Panama City (Panama) und Apia (West Samoa). Alle diese Bauwerke wurden nach der Hauptanforderung der Bauherrschaft, nämlich einer neunseitigen Zentralhalle mit natürlicher Beleuchtung, erstellt. Ferner musste der Tempel in New Delhi auch den traditionellen Ansprüchen Indiens genügen.

Mitte der siebziger Jahre wurde Fariburz Sahba - dank seines überzeugenden Konzeptes - unter vierzig Mitbewerbern ausgewählt und beauftragt, sein Projekt in die Wirklichkeit umzusetzen. Zum Symbol der Lotosblume schrieb F. Sahba folgendes: «Die Lotosblüte hat nicht nur grosse Bedeutung für alle Religionen Indiens, sondern ich halte sie für eine der perfektesten Erscheinungen überhaupt. Sie ist absolut symmetrisch und von exquisiter Schönheit. Der Lotos wächst in einem Sumpf und erzeugt eine Blüte von makelloser Reinheit. Für mich ist sie die endgültige Manifestation des Göttlichen in unserer Welt.»

Übersicht - Projektbeschreibung

Der gesamte Tempelkomplex besteht aus dem eigentlichen Haus der Andacht, dem Anbauteil, welcher die Empfangsräume, die Bibliothek und das Verwaltungszentrum umfasst sowie dem Bereich für die sanitären Anlagen. Der Tempel selbst hat ein Untergeschoss, in dem die elektrischen Anlagen und sonstige Installationen untergebracht sind und einen lotosförmigen Überbau, der den Versammlungsraum beherbergt (Bild 2).

Rund um den Lotosbau umgeben Wege mit gebogenen Balustraden, Brücken und Treppen die neun Wasserbecken, welche die schwimmenden Blätter der Lotosblume darstellen. Abgesehen von ihrem ästhetischen Wert tragen diese Wasserbecken zur Klimatisierung des Gebäudes bei (Bild 2).

Von aussen gesehen, hat die Lotosblume drei Reihen von Blättern bzw. Blütenblättern, die alle aus dünnen Betonschalen gefertigt wurden (Bild 3, 4, 5). Die äussere Reihe der neun Blütenblätter, «Eingangsblätter» genannt, öffnet sich nach aussen und bildet die neun Eingänge rund um die äussere ringförmige Halle. Die nächste Reihe von neun Blütenblättern, «Aussenblätter» genannt, ist nach innen gerichtet. Die Eingangs- und Aussenblätter überdachen gemeinsam die ringförmige Aussenhalle. Die Blütenblätter der dritten Reihe, die Innenblätter, scheinen ziemlich geschlossen zu sein. Nur die Spitze ist leicht geöffnet, wie bei einer aufgehenden Knospe. Dieser Teil, der über den Rest hinausragt, bildet den Hauptbau über der zentralen Halle. Nahe der Spitze, dort, wo die Blätter auseinanderstehen, geben neun radiale Tragbalken die notwendige seitliche Abstützung. Da die Lotosblüte an der Spitze offen ist, sorgt ein Glasdach auf der Höhe der radialen Tragbalken für Schutz vor Regen und begünstigt den Einfall von natürlichem Licht in das Auditorium. Unterhalb der Eingangs- und Aussenblätter erheben sich in einem Ring massive Bögen, durch die eine Reihe von Treppen in die Haupthalle führt.

Die Innenblätter umschliessen die Innenkuppel, einen Baldachin aus sich überschneidenden Rippen und Schalen mit einem vielfältigen Muster. Von innen gesehen, verschwindet jede sich erhebende Schalen- und Rippenserie hinter der nächsten niedrigeren Reihe. Einige Rippen laufen radial zusammen und treffen sich an einer zentralen Nabe. Die von den Innenblättern ausgehenden radialen Tragbalken treffen sich in der Mitte des Baus und ruhen auf dieser Nabe (Bild 5, 7).

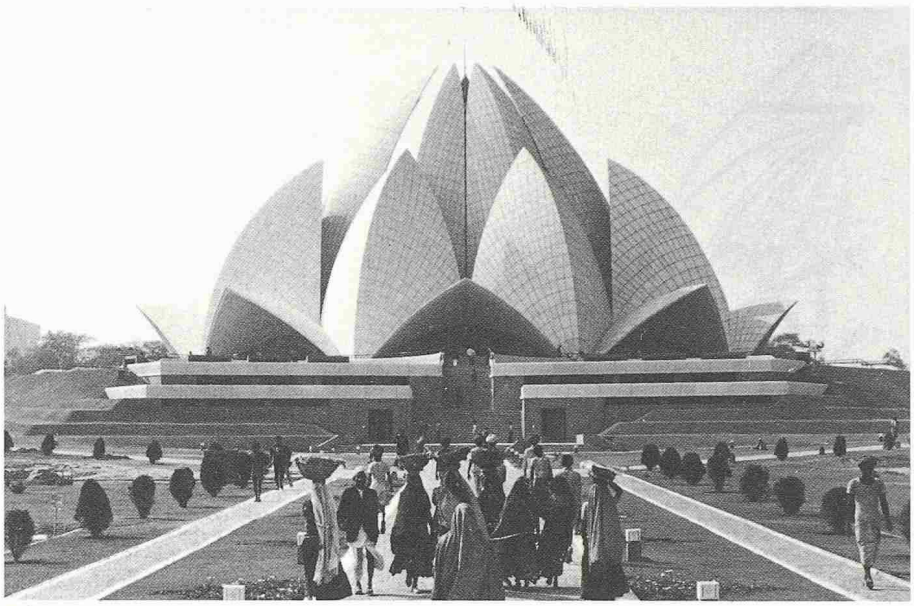


Bild 1. Gesamtansicht des Tempels

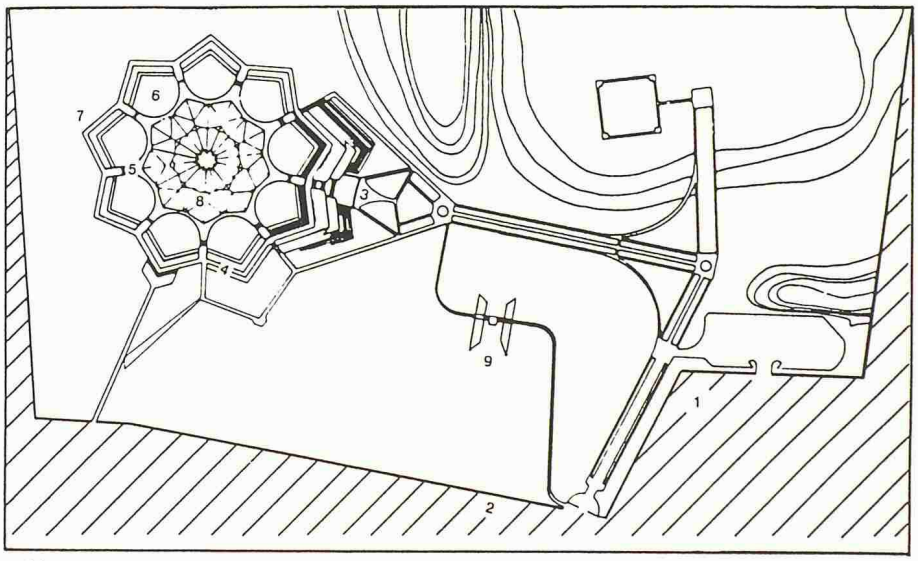


Bild 2. Situationsplan: 1. Der bestehende Kalkoji-Tempel 2. Die Strassen Richtung «Nehru Place» 3. Eingang 4. Stufen 5. Brücken 6. Wasserbecken 7. Das Podium 8. Der Tempel 9. Sanitäre Anlagen

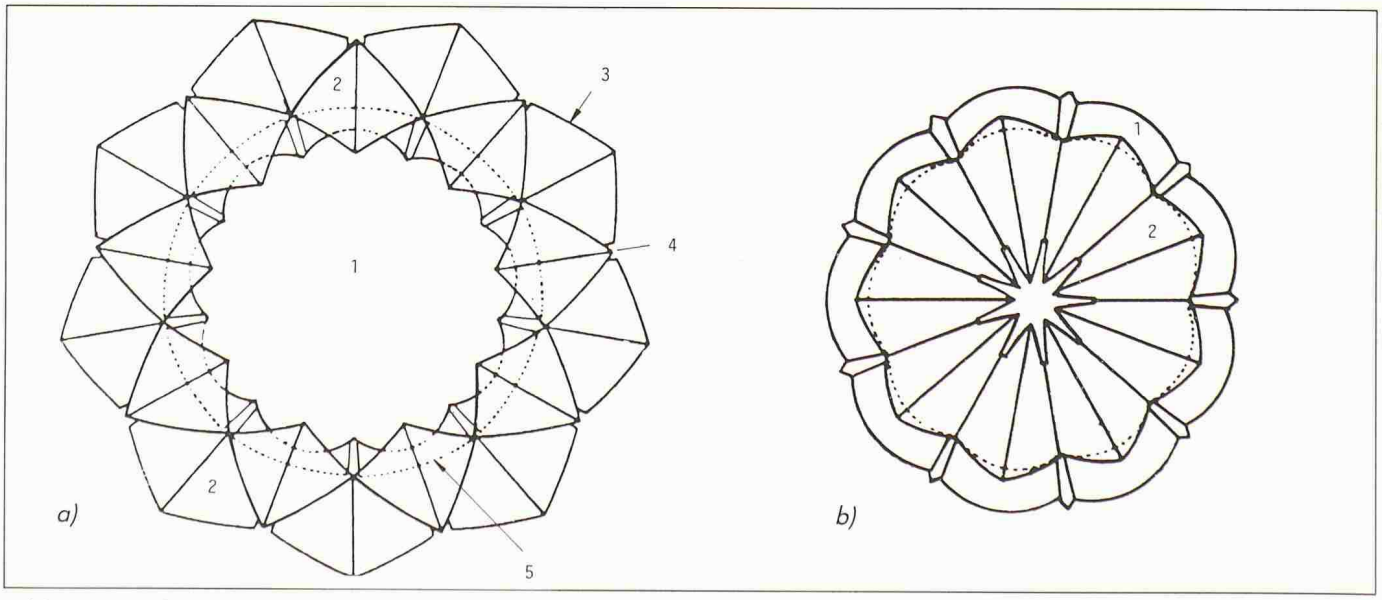


Bild 3. Anordnung der Blütenblätter und Massivbögen: a) 1. Zentralhalle 2. Äussere Halle 3. Eingangsblatt 4. Aussenblatt 5. Unterseite des Bogens b) 1. Bogen 2. Innenblatt

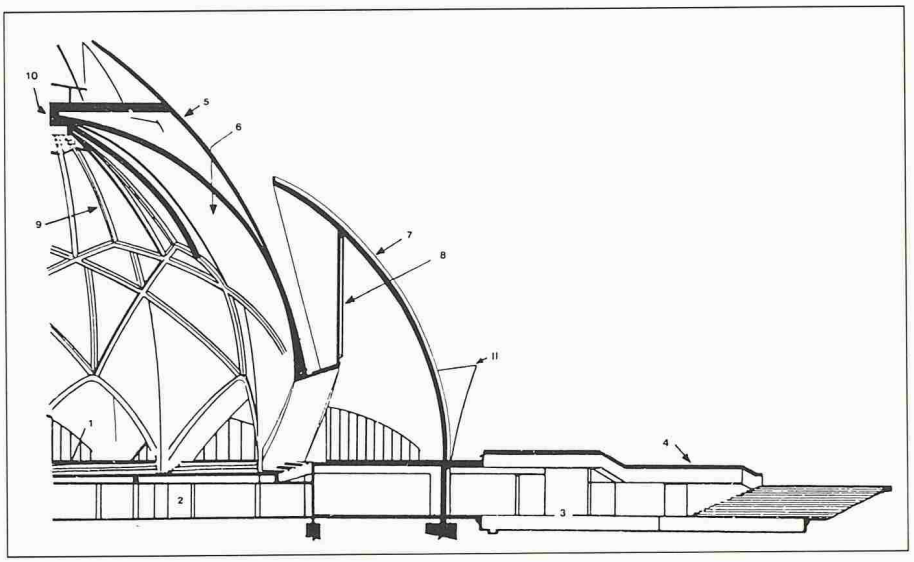


Bild 4. Schnitt durch die Innen- und Aussenblätter: 1. Podiumsebene 2. Ebene der Wasserbecken 3. Wasserbecken 4. Brücke 5. Innenblatt 6. Innenkuppel 7. Aussenblatt 8. Verglasungslinien 9. Kuppelrippen 10. Kuppelkrone (Scheitelpunkt) 11. Eingangsblatt

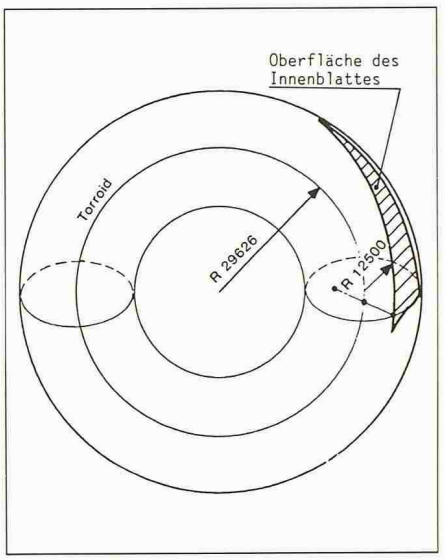


Bild 6. Geometrie und Oberfläche des Innenblattes

Geometrie

Für die Erstellung der Ausführungspläne und die Durchführung der statischen Berechnungen musste die Lotosblume in geometrisch definierbare Formen umgesetzt werden. Aus Kugeln, Zylindern, Torroiden und Kegeln wurden die Oberflächen und Kanten der Blütenblätter durch Gleichungen festgelegt. Die sich ergebende Geometrie war dermassen komplex, dass die Planer über zweieinhalb Jahre brauchten, um die Detailpläne des Tempels fertigzustellen. Im folgenden wird diese komplizierte Geometrie in groben Zügen beschrieben.

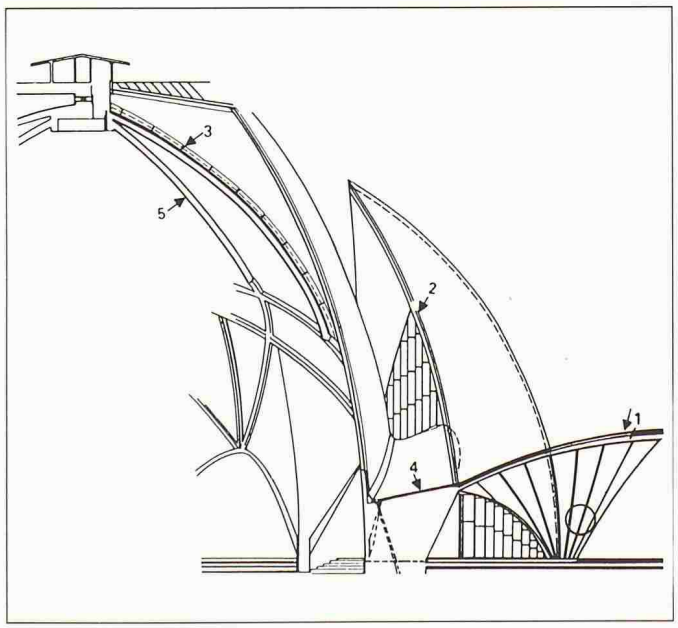


Bild 5. Schnitt durch Eingangsblatt und die Innenkuppel: 1. Eingangsblatt 2. Aussenblatt 3. Innenkuppelschale 4. Bogen 5. Innenkuppelrippe

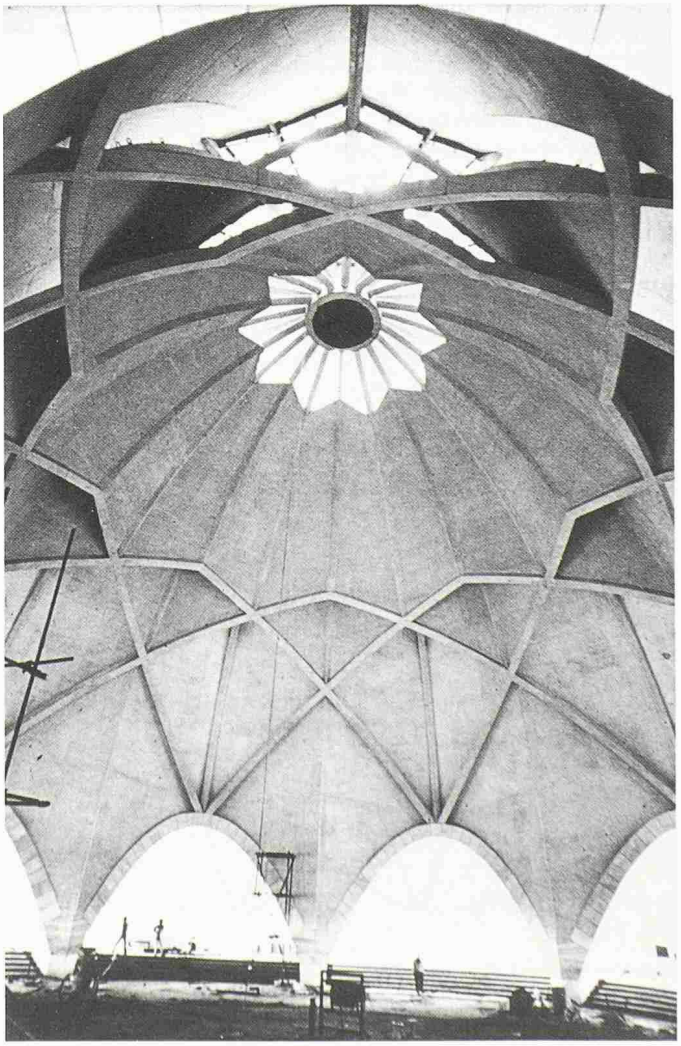


Bild 7. Teilansicht der Innenkuppel, die aus 9 räumlichen Schalen von 5 cm Dicke gebildet wird

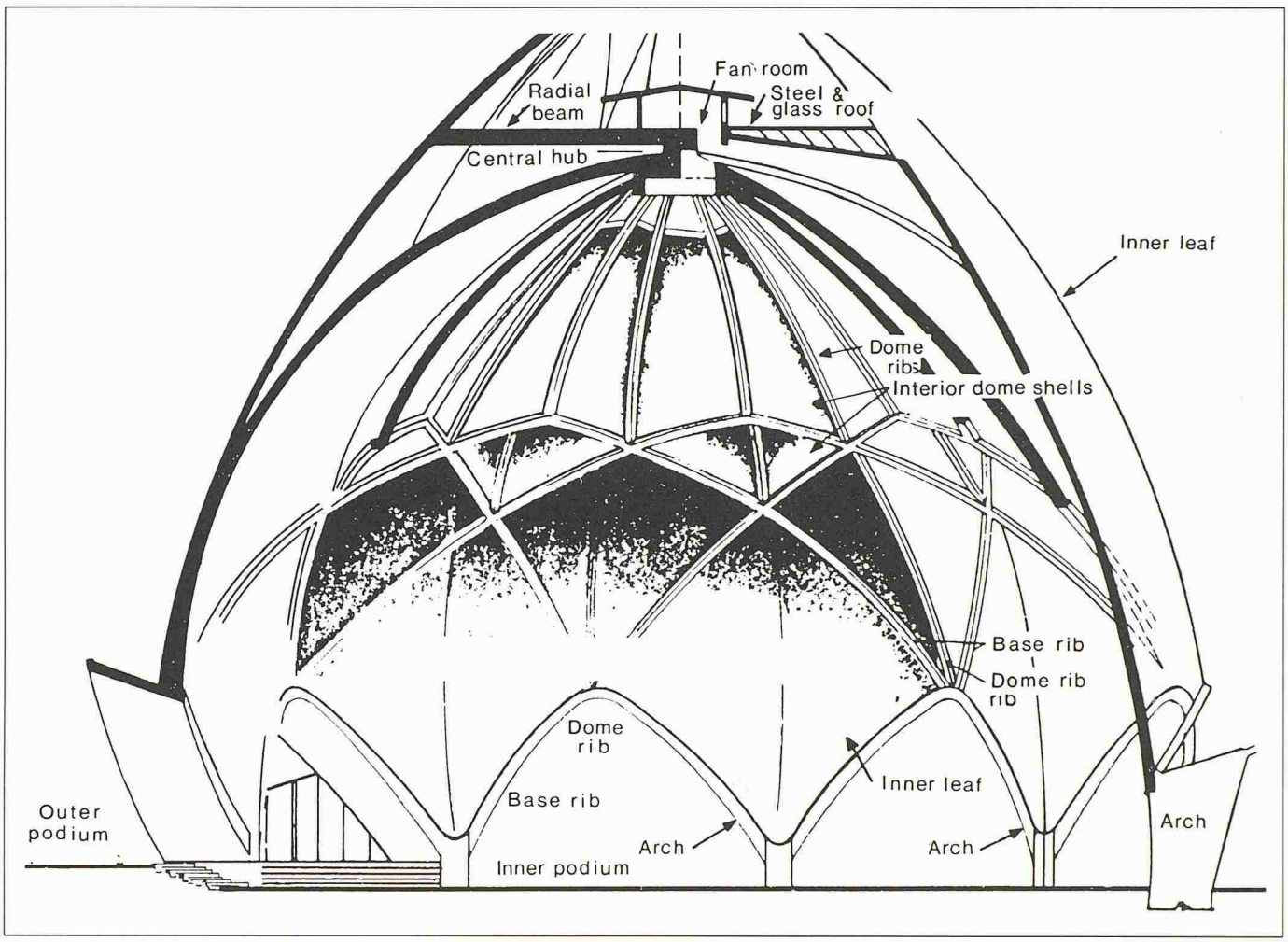


Bild 8. Schnitt mit Ansicht der Innenkuppel

Die Eingangs- und die Aussenblätter

Bei den Eingangs- und Aussenblättern werden die Schalenoberflächen zu beiden Seiten der Gratlinie aus Teilen einer Anzahl von Kugeln mit verschiedenen Durchmessern gebildet, deren Mittelpunkte an unterschiedlichen Stellen des Gebäudes liegen. Für die Eingangsblätter gibt es einen Satz Kugeln, von denen einige die inneren und einige die äusseren Oberflächen genau bestimmen. Die Durchmesser der Kugeln wurden so festgelegt, dass die aus statischen Gründen unterschiedliche Schalenstärke für jeden Punkt stimmt. Das Eingangsblatt ist am Eingang 18,2 m breit und erhebt sich bis zu 7,8 m über die Podiumsebene. In ähnlicher Weise wie bei den Eingangsblättern bestimmt ein anderer Satz Kugeln die inneren und äusseren Oberflächen der Schalen der Aussenblätter. Das Aussenblatt ist 15,4 m breit und erhebt sich bis 22,5 m über das Podium (Bild 3, 4).

Das Innenblatt

Torroide bestimmen die Geometrie der neun Schalen der Innenblätter. Jede gekrümmte Fläche eines Innenblattes, die von einem Scheitelpunkt (First) und einem einspringenden Winkel (Tal) begrenzt ist, besteht aus einer torroiden Oberfläche (Bild 6). Der schraffierte Teil des Torroids ist die Hälfte einer Innenblattschale. Die Innenblätter erreichen eine Höhe von 34,3 m über der inneren Podiumsebene. Auf der untersten Ebene hat jede Schale eine maximale Breite von 14 m (Bild 3, 4).

Der Bogen

Rund um die Haupthalle sind neun massive Bögen jeweils im Abstand eines 40°-Winkels angeordnet. Sie sind aus einer Anzahl flacher, konischer und zylindrischer Oberflächen gebildet. Diese neun Bögen tragen fast das gesamte Gewicht des Oberbaus (Bild 3, 5).

Die Innenkuppel

Die Innenkuppel wurde aus neun sich schneidenden Kugelausschnitten entwickelt. Aus der Spitze jedes Bogens entspringen drei Rippen (Bild 7). Während die mittlere Kuppelrippe radial zur Zentralnabe hochsteigt, entfernen sich die beiden anderen Grundrippen von der mittleren Rippe und kreuzen die gleichen Grundrippen der benachbarten Bögen. Von jedem dieser Schnittpunkte aus steigen wiederum Radialrippen hoch, die sich alle in der Mitte der Kuppel treffen. In einer bestimmten Höhe sind die Rippen durch zwei Schalen miteinander verbunden. Das Muster der Innenkuppel ist in Bild 8 dargestellt.

Tragkonstruktion

Der lotosförmige Überbau besteht aus dünnen Ortsbetonschalen, die von einer inneren und einer äusseren Reihe von je neun Stützen im Untergeschoss getragen werden. Durch die neun ringförmig angeordneten Massivbögen und die 18 Teilbögen, die aus den Schnittkörpern der Eingangs- und Aussenblätter entstehen, werden die Membrankräfte der Betonschalen in die 18 UG-Stützen eingeleitet. Diese Stützen sind durch bis zu 8 m tiefe Betonschächte auf tragfähigen Baugrund fundiert.

Die Eingangs- und Aussenblätter sind als freitragende Schalen ausgebildet. Die über 18,2 m gespannten und 7,8 m hohen Eingangsblätter haben eine veränderliche Schalenstärke von 150 bis 300 mm. Bei den 15,4 m breiten und 22,5 m hohen Aussenblättern ist die Schale von unten bis zur Verglasungsli-

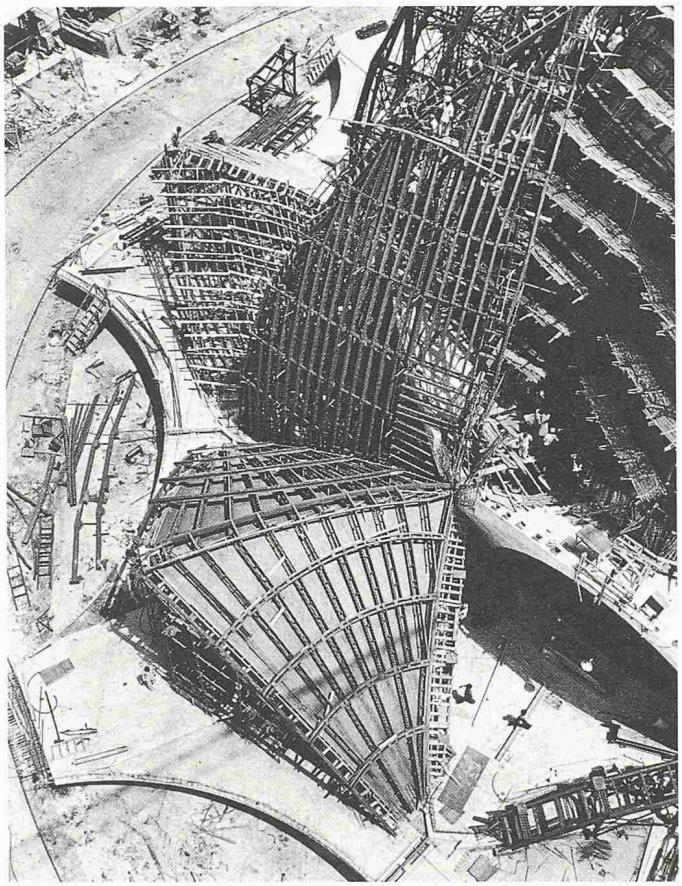


Bild 9. Das gekrümmte Stahlgerüst der «Äusseren- und Eingangsblätter», das von Hand errichtet wurde

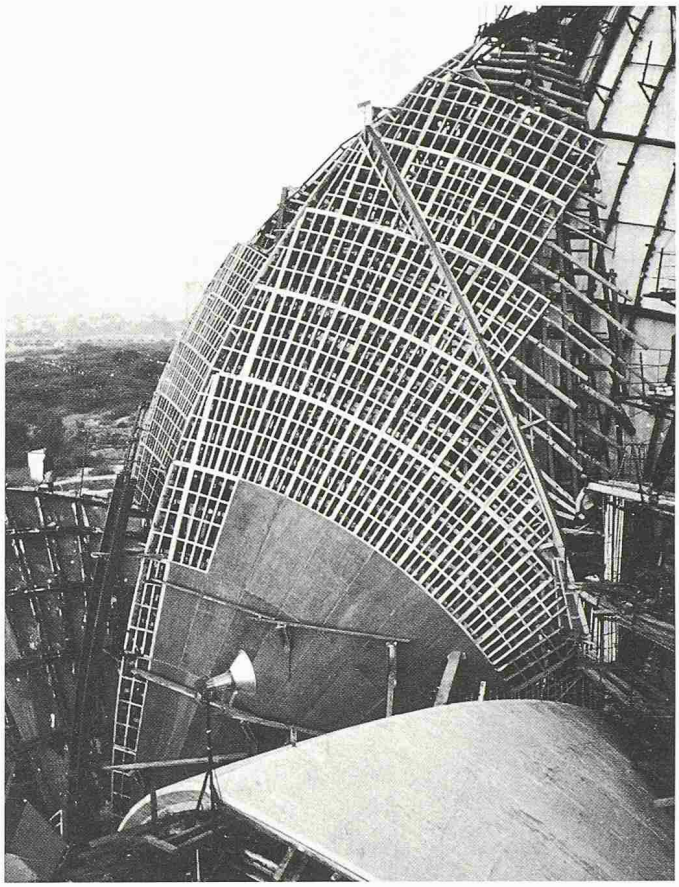


Bild 10. Schalung der «Äusseren Blätter»

nie gleichmässig dick und verstärkt sich danach bis zur Spitze auf 255 mm. Diese Blätter sind auf ihren verbindenden Schnittkörpern, die als Teilbögen ausgebildet sind, gelagert.

Die Innenblätter sind im unteren Teil als zusammenhängende und im oberen Teil als teilweise freitragende Schalen ausgebildet. Auf der Höhe der Spitze der Innenkuppel sind die Innenblätter durch radiale Tragbalken miteinander verbunden. Diese radialen Tragbalken sind auf der zentralen Nabe der Innenkuppel vertikal abgestützt. Zwischen den Tragbalken und der Spitze der Innenkuppel ist ein Auflager aus Neopren vorgesehen, damit eine Seitwärtsbewegung aufgrund von Temperaturschwankungen und Wind möglich wird. Die 14 m breiten und 34,3 m hohen Innenblätter sind alle 200 mm stark. Die Innenblätter ruhen auf den neun ringförmig um die zentrale Halle angeordneten Massivbögen.

Die in Teilstrukturen aufgelöste Innenkuppel hat einen Durchmesser von 34 m und eine Höhe von 28 m. Sie ist aus einer Anzahl von Rippen zusammengesetzt, welche durch die Zentralnabe am First miteinander gekoppelt sind. Diese Rippen sind teilweise durch zwei 60 mm starke Schalen verbunden. Die Innenkuppel ist auf die neun Massivbögen abgestützt.

Klimatechnik

Das Lüftungs- und Kühlungskonzept beruht auf der altindischen Tradition. Das Gebäude hat die Funktion eines Kamins, und das Untergeschoss und die Wasserbecken werden zur Abkühlung der Luft eingesetzt. Die frische Luft wird über den Wasserbecken und Brunnen abgekühlt, fliesst dann durch die Öffnungen des Untergeschosses in die Zentralhalle und wird schliesslich durch einen Ventilator am Kuppelfirst ausgestossen.

Während der dreimonatigen feuchten Jahreszeit sorgt eine Reihe von Ventilatoren dafür, dass die Luft der Zentralhalle durch das kühle Untergeschoss zirkuliert. Die dort abgekühlte Luft wird dann wieder in die Zentralhalle geblasen.

Ausführung

Baumaterial

Um Beständigkeit und einen weitgehend wartungsfreien Bau zu gewährleisten, ist das gesamte Baumaterial sorgfältig ausgesucht worden. Kein Verputz oder Anstrich, dafür eine leicht gehämmerte Betonoberfläche mit dem Muster der Schalungsfugen bildet die Oberfläche der Innenseite des Tempels.

Für die Lotosblütenblätter ist weisser Beton aus Dolomitgestein aus den Alwar-Gruben in der Nähe von New Delhi, weisser Quarzsand aus Jaipur und weisser Zement aus Korea verwendet worden. Bei einem Zementgehalt von 400 kg/m³ wurde eine minimale Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen von 55 N/mm² erreicht. Bei der Einbringung des Betons durfte die Mischungstemperatur nicht mehr als 30 °C betragen. Um dies zu erreichen, mussten die Zuschlagstoffe vorgängig abgekühlt und dem Beton Eis beigemischt werden.

Die Armierung im weissen Beton und der dazu verwendete Bindedraht wurden komplett galvanisiert, um so das Rosten der Armierung zu verhindern. Um die sichtbare Betonoberfläche optimal zu gestalten, sind auf der Innenseite keine Distanzklötzchen verwendet worden; stattdessen wurde die innere Armierung durch speziell konstruierte Distanzhalter an die Aussenschalung fixiert.

Zehntausend Quadratmeter zweifach gekrümmte weisse Marmorplatten aus dem Pentilikon-Steinbruch in Griechenland und Zuschnitt in Italien verkleiden die Aussenseite der Blütenblätter. Mit besonders konstruierten rostfreien Stahlankern sind die Platten auf dem Beton befestigt worden. Der Fuss-

bodenbelag innerhalb des Tempels ist aus weissem Marmor und die Verkleidung der Wege und Treppen aus rotem Sandstein gestaltet.

Gerüst und Schalung

Beim Entwurf des Lehrgerüstes und der Schalung waren die Auslenkungen von zentraler Bedeutung. Die Auslenkung des Gerüstes und der Schalung wurde auf 3 mm pro 1 m Distanz beschränkt (inkl. Genauigkeiten bei der Herstellung und Montage). Um dieses Mass einhalten zu können, musste einerseits ein schlupffreies Stahlgerüst eingesetzt werden, und anderseits mussten immer drei Schalen mit einem Zwischenwinkel von jeweils 120° gleichzeitig betoniert werden, damit die horizontale Belastung auf das Gerüst auf ein Minimum reduziert werden konnte.

Nach der Erstellung des Untergeschosses und der neun Massivbögen wurde das 120 t schwere, am Ort geschweisste Stahlgerüst auf der Podiumsebene errichtet. Zuerst wurden die Innenblätter in drei Etappen von je drei Schalen (120° auseinander) und anschliessend die radialen Tragbalken mit der Zentralnabe betoniert. Als die erforderliche Betonfestigkeit erreicht worden war, wurde das Gerüst für die Schalung der Innenkuppel modifiziert; nur noch die Zentralnabe blieb durch das Gerüst vertikal abgestützt. Die Innenkuppel wurde dann in analoger Bauweise erstellt.

Die Eingangs- und Aussenblätter wurden parallel zu den Innenblättern und der Innenkuppel auf einem separaten Gerüst betoniert. Zwei Eingangsblätter und das dazwischen liegende Aussenblatt wurden am Anfang zusammen hochgezogen. Anschliessend wurde abwechslungsweise auf beiden Seiten zuerst ein Aussenblatt und dann ein Eingangsblatt erstellt. Nach Erreichung der erforderlichen Betonfestigkeit wurden zuerst zwei Aussenblätter und dann das dazwischen liegende Eingangsblatt ausgeschalt (Bild 9, 10).

Das architektonische Muster, das an den Nahtstellen der Schalung auf der sichtbaren Betonoberfläche entstand, erforderte besondere Aufmerksamkeit. Die Muster sollten der Länge und Breite der Kugeln und Torroide folgen, so dass keine anderen Fugen oder Spuren auf der Betonoberfläche zu sehen wären. Um diese Forderung erfüllen zu können, mussten Modelle in natürlicher Grösse errichtet werden. Damit konnten die Struktur der Fugen und die bei der Montage der Schalung auftretenden Probleme studiert werden. Für jedes Blütenblatt musste die Innenverschalung vom Boden bis zur Spitze

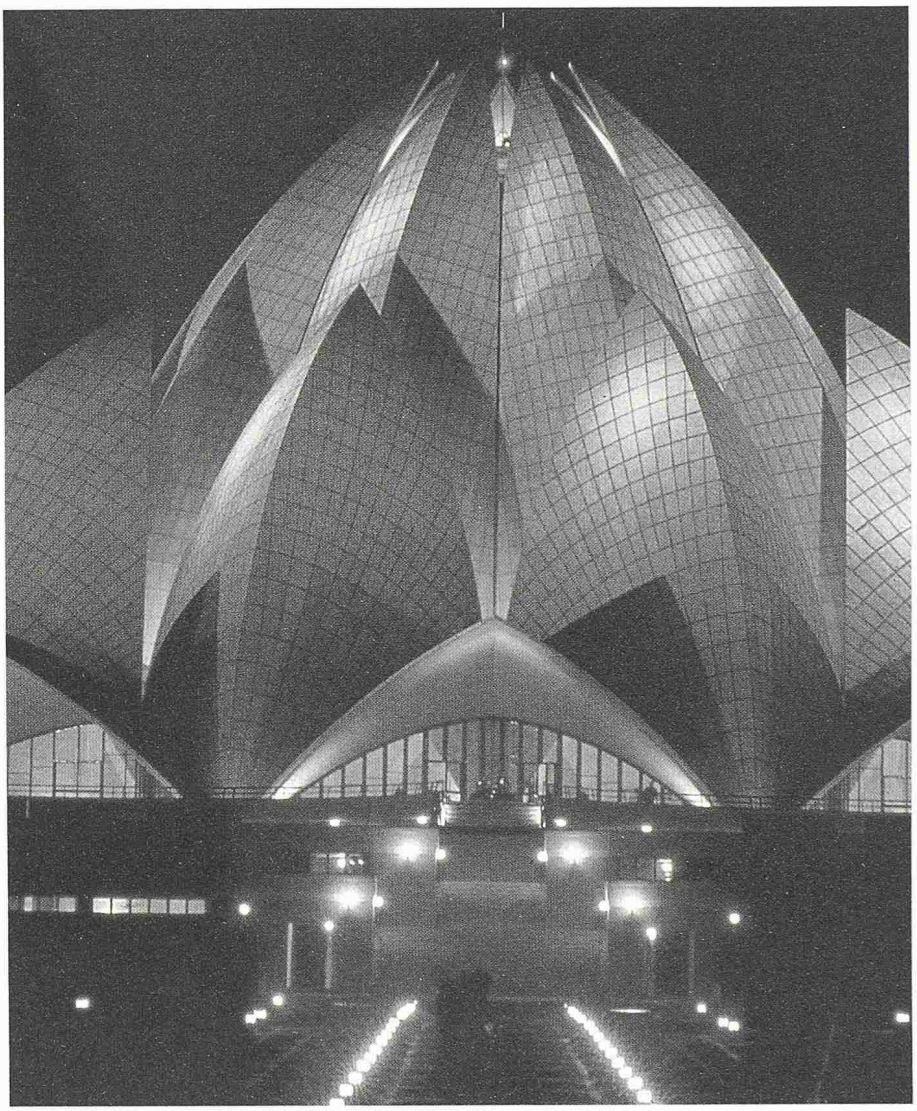


Bild 11. Tempel bei Nacht

komplett fixiert und genau justiert werden. Sobald dies getan und die Armierung in Position gebracht war, kam als nächste wichtige Aufgabe das Fixieren und Justieren der gekrümmten Aussenverschalung, so dass die erforderliche Stärke der Betonschale zwischen der inneren und der äusseren Form während des Betonierens gewährleistet war. Um Arbeitsfugen an den Betonflächen zu vermeiden, mussten die Blütenblätter ohne Unterbrechung begossen werden, was bei einer Höhe bis zu 22 m manchmal mehr als 48 Stunden dauerte. Damit das Einschütten und Festrütteln des Betons erleichtert werden konnte, musste die Aussenverschalung jeweils um eine Bretterreihe hochgezogen werden, so wie die Betonfüllung anstieg. Diese Schalenbretter mussten also in kürzester Zeit genau montiert und justiert werden.

Schlusswort

In der ganzen Geschichte der Menschheit sind Anbetungshäuser zum Ruhme Gottes errichtet worden, haben Menschen daran aus Liebe zu ihrem Schöpfer gearbeitet. So ist auch das Baha'i-Haus der Andacht in Delhi entstanden. Die sehr niedrigen Kosten, nämlich 10 Mio US$, hängen unmittelbar mit der Ideologie der tragenden Gemeinschaft zusammen. Wäre das Gebäude für einen anderen Zweck und von einer anderen Bauherrschaft errichtet worden, beliefen sich dessen Kosten auf das Zwei- bis Dreifache. Erst die Aufopferung und die Liebe der 800 einheimischen Beschäftigten, die Vielzahl der ausländischen Fachkräfte und Experten, die ihre Leistungen z.T. unentgeltlich zur Verfügung stellten, und die Spenden der weltweiten Baha'i-Gemeinschaft machten das Bauwerk zu diesen niedrigen Kosten möglich.

Heute zieht das Haus der Andacht täglich über zehntausend Anhänger aller Religionen in seinen Bann, Menschen, die hier Ruhe, Stille und Hoffnung finden. Moderne Technik, im Symbol der Lotosblüte perfektioniert, hat sich hier zweifelsohne mit der Religion vereint.

Adresse des Verfassers: *M. Naimi*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Rütistr. 45, 8032 Zürich.