

# Bauen mit Membranen: Überdachung von zwei Warenhäusern in Kalifornien

Dipl.-Ing. Werner Sobek  
Institut für Massivbau Universität Stuttgart

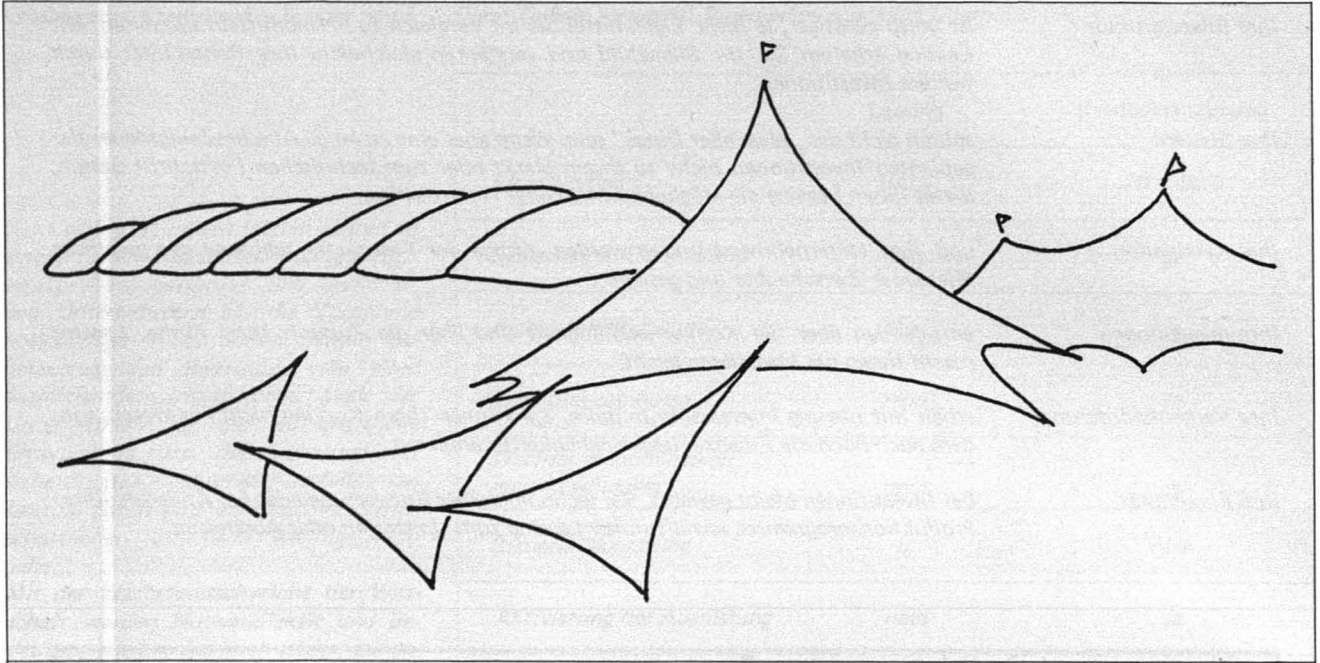


Bild 1

Wegen ihres grossen Flächenbedarfs werden Einkaufszentren und Supermärkte meistens am Rande bebauter Gebiete errichtet. Zwar wird hier im direkten Kontakt zur Natur die Gestaltung grossvolumiger Baukörper zur besonderen Aufgabe. Von wenigen Ausnahmen abgesehen erschöpft sich jedoch das Entwurfsrepertoire in Skelettbauten mit einer alles einhüllenden, meistens ungegliederten und grossflächigen Fassade. Innenraum wird vom Aussenraum getrennt, Masse wird betont.

Das Ergebnis ist auch für den Kunden unbefriedigend und wenig attraktiv.

Die Gestaltung des Aussenraums findet nicht statt, obwohl gerade die Schaffung eines *genius loci* insgesamt für die Einkaufsatmosphäre von grösster Bedeutung ist. Auch durch die Gestaltung des Baukörpers kann verkaufsförderndes Image geschaffen werden, insbesondere, wenn gleichzeitig die Innenraumgestaltung mit einbezogen wird.

Beim Bau von zwei Warenhäusern der Bullocks-Gruppe in Kalifornien z.B. wurden Verkaufsräume mit Membranen überdacht, ein neuer Weg, der auch für

uns in Europa Anregung sein könnte. Darüber soll im folgenden berichtet werden.

## Bauen mit Membranen

Als Membranen bezeichnet werden dünne, nur durch Zugkräfte beanspruchbare Häute, z.B. Folien, dünne Bleche oder Gewebe.

Im Zeltbau als einer der ältesten Bauformen überhaupt haben besonders die Gewebe eine lange bautechnische Tradition. Sie wurden bis in unser Jahrhundert hinein aus Naturfasern hergestellt und waren so in ihrer Lebensdauer und mechanischen Beanspruchbarkeit Begrenzungen unterworfen, die ihre Anwendung für stationäre Bauwerke mit grossen Spannweiten einschränkte. Ihre Leichtigkeit, die schnelle Demontierbarkeit und die niedrigen Anschaffungskosten prädestinieren die Naturfasergewebe jedoch für zeitlich begrenzte Anwendungen: z.B. die Überdachung von Gassen und Marktständen mit gespannten Tuchbahnen, wie dies im Mittelmeer-

raum zum Schutz gegen Sonne und Regen schon seit der Antike geschieht. Diese Rolle übernimmt in Mitteleuropa der tuchbespannte Marktschirm.

Die Nachteile der Naturfasergewebe konnten in neuerer Zeit durch die Entwicklung der hochfesten Synthefasern überwunden werden. Für die Bautechnik sind besonders Polyester-, Glas-, Aramid- und Metallfasern interessant. Gewebe aus solchen Fasern werden zur Erreichung der Wasserdichte mit Kunststoff beschichtet. Die Beschichtung hat dabei gleichzeitig eine Schutzwirkung für die Fasern gegen Umwelteinflüsse und erhöht somit die Lebensdauer. Gewebe plus Beschichtung sind ca. 1 mm dick.

Bauen mit Membranen bedeutet Konstruieren mit nur durch Zugkräfte beanspruchbaren, flächigen Bauteilen. Membranen würden sich unter der Einwirkung äusserer Lasten sehr stark verformen, ähnlich einem zwischen 2 Punkten aufgehängten Seil, dessen Seillinie sich ständig ändert, wenn ein Seiltänzer es überquert. Da dies unerwünscht ist, werden Membranen im Bauwesen in ihre Form „hinaingespant“, das heisst,

sie unterliegen auch ohne Einwirkung äusserer Lasten einem das Tragverhalten bestimmenden (inneren) Spannungszustand. Letzterer verringert also die Verformungen unter Lasten, wie z.B. Wind und Schnee. Er wird erzeugt durch eine (geringe) Druckdifferenz zwischen Innen und Aussen, z.B. beim Zelt. Hierbei ergeben sich für diese Tragwerke charakteristischen Flächenformen. (Bild 1). Sie werden als schön und interessant empfunden, sind zudem neuartig und durch den Reichtum an Farben und Formenvielfalt bedingt nahezu unverwechselbar in ihrer Gestalt. Beispiele dafür sind das Luftkissendach im Einkaufszentrum Marler Stern in Marl, Nordrhein-Westfalen, erbaut 1974, und das Luftkissendach über dem Forum Steglitz in Berlin, erbaut 1970. Allerdings waren die damals auf dem Markt befindlichen PVC-beschichteten Polyestergerewebe und das für diese Bauweise notwendige Architekten- und Ingenieurwissen noch nicht ausgereift genug, um dem Bauen mit Membranen zum Durchbruch verhelfen zu können.

Die konsequente Entwicklung beschichteter Gewebe sollte seitens des Baumaterials bessere Bedingungen schaffen. Hauptsächlich von amerikanischen Herstellern und Planungsbüros wurde die Entwicklung beschichteter Glasfasergewebe vorangetrieben. Daraus erklärt sich, dass in den USA bereits eine Vielzahl von Projekten mit diesem Baustoff ausgeführt wurden: Stützenfreie Überdachungen von Sportstadien, das grösste

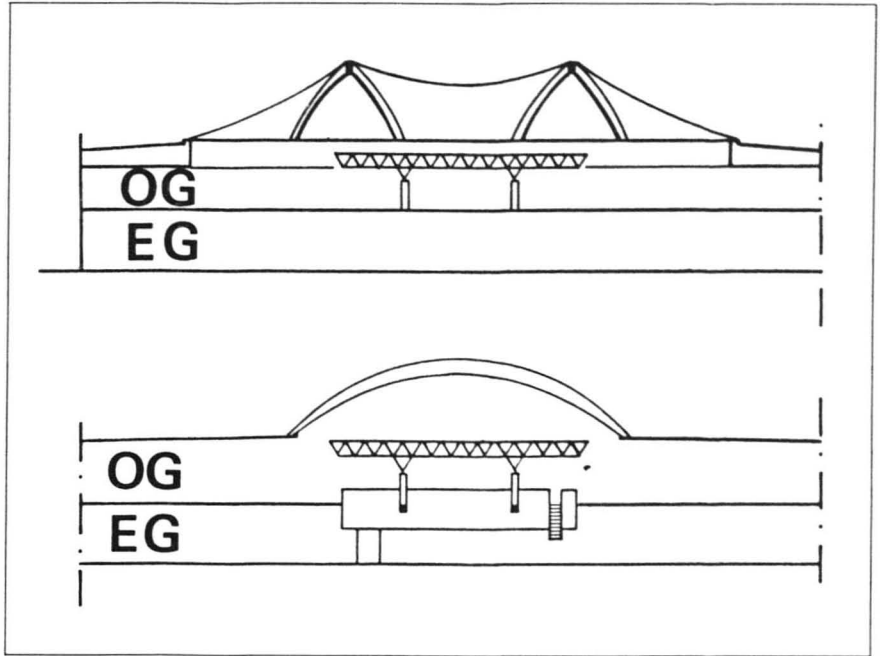


Bild 2

mit 80.000 Besucherplätzen, Schwimmbäder, Schulen und Vergnügungsparks. Der Vorteil der dort verwendeten Glasfasergewebe liegt neben ihrer enormen Festigkeit und der langen Lebensdauer auch in ihrer hohen Lichtdurchlässigkeit. Sie ermöglicht den Verzicht auf künstliche Beleuchtung tagsüber und erlaubt sogar Pflanzenwachstum. Dies machte sie auch für den Bau von Warenhäusern interessant.

**Bullocks Department Store in Oakbridge, San José, Kalifornien**

Im Südteil der Stadt San José an der San Francisco Bay in Kalifornien wurde 1978 eine Ladenstrasse eröffnet, an deren Ende sich ein zweigeschossiges Kaufhaus befindet: Bullocks Department Store. Bei diesem Gebäude wurde das mittlere Drittel der sonst in konventioneller Flachdachbauweise erstellten Dachfläche

Bild 3

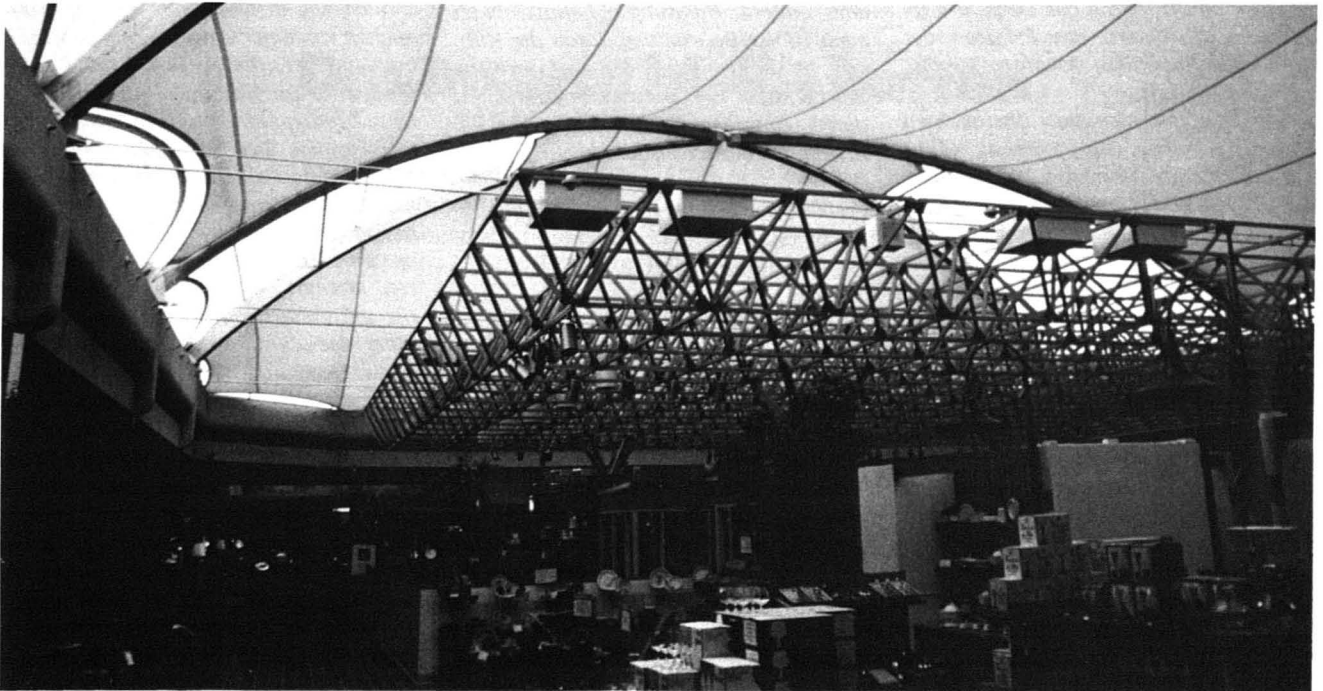




Bild 4

durch ein Membrantragwerk überdacht. Eine Grundfläche von 30 x 50 m wurde mit 2 Paaren sich kreuzender Holzleim-Bogenbinder überspannt, über die sich eine schneeweisse Gewebemembran mit 1700 m<sup>2</sup> Fläche zieht (Bild 2). Aus Gründen einer Verbesserung der Akustik, der Klimatisierung des Raums und der Einhaltung von Brandschutzvorschriften wurden einzelne Teilflächen des Dachs mit einer zweiten Lage Gewebe unterspannt. Die helleren und dunkleren Bereiche strukturieren das Dach zusätzlich und erleichtern das Erfassen der räumlich gekrümmten Dachform für den Benutzer (Bild 3).

In der von der Membran überdachten Abteilung werden Glas, Keramik, Haushaltsartikel und Geschenke angeboten. Da der gesamte Innenraum frei von Stützen ist, kann die Warenpräsentation ohne Einschränkung durch bauliche Zwänge erfolgen. Dieser grosszügige Eindruck wird durch das blendungsfreie Tageslicht im gesamten Raum noch gesteigert. Eine völlig neuartige Atmosphäre, die das Gefühl vermittelt, sich im Freien zu bewegen. Kunstlicht ist überflüssig, sogar Pflanzenwuchs wird durch die hohe Transluzenz des Daches möglich. Die einlagige Membran lässt 16% des Sonnenlichts durch, die zweilagige noch 7%. Weil infolge der Transluzenz des Dachs auf künstliche Beleuchtung verzichtet werden kann, ergeben sich Einsparungen im Energiebereich, die mit 18'000 Dollar pro Jahr angegeben wer-

den. Sie rechtfertigen die Wirtschaftlichkeit der Bauweise gegenüber einer konventionellen Ausführung aus Stahlträgern und Flachdach, wofür seitens der Hersteller als Baukosten 9 \$ sqft. gegenüber 16 \$ sqft. für die Membranbauweise (Stand 1979) genannt werden.

Mit diesen Zahlen nicht erfasst werden kann die Werbewirksamkeit der unverwechselbaren und in ihrer Attraktivität beindruckenden Konstruktion. Der überragende Erfolg dieses „Schrittes in eine andere Richtung“, hauptsächlich auch in der Beurteilung durch die Kunden, bewog den Bauherrn, umfangreiche Studien über die Entwicklungsfähigkeit dieses Ansatzes in Auftrag zu geben. Ergebnis dieser Untersuchungen ist nachstehend vorgestellte zweite membranüberdachte Warenhaus der Bullocks-Kette.

#### **Bullocks Department Store in San Mateo, Kalifornien**

Die Stadt San Mateo liegt, wie San José ebenfalls an der San Franzisko Bay. Es wurde Ende 1981 fertiggestellt, befand sich also zum Zeitpunkt dieser Berichterstattung noch im Bauzustand.

Das neue Kaufhaus ist eingeschossig und wird, bei 8-eckigem Grundriss, völlig von einem Membrantragwerk mit einer Spannweite in der Diagonalen von über 100 m überdacht. Um die für die Form-

stabilität der Membran notwendigen Krümmungen der Dachfläche zu erreichen, wurde diese durch jeweils acht Hoch- und Tiefpunkte strukturiert, die durch gratbildende Seile mit einem zentralen Zugring verspannt sind.

Die Hochpunkte werden von seilabgespannten Stahlrohrböcken gehalten.

Diese Konstruktion ist von Aussen deutlich sichtbar. (Bild 4). Im Innenraum wurde die tragende und gleichzeitig raumabschliessende Hauptmembran ähnlich wie in Oakridge in grossen Bereichen von einer untergespannten Membran ergänzt, die aufgrund der Punktsymmetrie der Gesamtform zum zentralen Zugring eine sehr ansprechende sternförmige Struktur bildet. Auch hier in San Mateo schafft die teilweise Doppelung der Membranen Bereiche unterschiedlicher Helligkeit. Damit wird eine optische Unterteilung in 9 Einzelsphären erreicht, deren jeweilige Zentren die spitzelartigen Hochpunkte und der Ring des Zentralbereichs sind. Direkt unter dem Zugring befindet sich eine grössere Plattform. Von überall sichtbar bildet sie einen zentralen Orientierungspunkt.

Genau wie in San José wurde beschichtetes Glasfasergewebe als Membranmaterial verwendet. Auf Kunstlicht wird tagsüber verzichtet, da der gesamte Innenraum lichtdurchflutet ist. In Verbindung mit den grossen Spannweiten und der gegenüber San José noch gesteigerten Form des Dachs ruft dies ein

so eindrucksvolles und mit Worten nur schwer vermittelbares Bauwerkserlebnis hervor, dass eine positive Beurteilung durch die Kunden sicher ist.

#### Membranbauten in Mitteleuropa

Vom Ingenieurstandpunkt aus gesehen stellt die Übertragbarkeit der Bauweise von Kalifornien auf unsere mitteleuropäischen Klimaverhältnisse kein Problem dar, da die hier vorhandenen Schneelasten bei Verwendung hochfester Gewebe mühelos abgetragen werden können. Beweis hierfür sind die seit Jahren bestehenden Membranbauwerke auf anderen Anwendungsgebieten. Zwar ist der Vorteil der Transluzenz bei ca. 1 mm Materialdicke des Gewebes mit wärmetechnischen Nachteilen verbunden, aber was in Kalifornien die Kühlung als grossen Teil des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht, ist den Heizungskosten während der Winterperiode in Mitteleuropa gleichzusetzen. Für unbeheizte Ausstellungsräume allerdings genügt bereits eine einfache Membran als dachbildendes Element, für dauernd beheizte Räume sind andere Bauweisen möglich. Schon angewandt wurden:

- Mehrfachlagen mit Luftzwischenräumen
- Doppellagen mit dazwischenliegenden Wärmedämmmaterialien
- Kaschieren mit Dämmstoffen.

Mit diesen Methoden liessen sich die Wärmedämmwerte erheblich verbessern, allerdings auf Kosten der Transluzenz. Sinnvoller ist daher die Kombination von gedämmten und ungedämmten

Flächen oder der Schritt zu den beweglichen untergespannten Membranen, die, zurückgezogen, bei Sonneneinstrahlung eine Erwärmung der massigen Bauteile (Prinzip der Trombe-Wand) erlauben und, ausgefahren, einen Wärmeschutz darstellen.

Eine weitere vielversprechende Möglichkeit sind ca. 1 cm starke, doppelwandige „Solarmembranen“ mit dazwischen befindlichen flüssigen Wärmetauschmedien auf der Sonnenseite und transluzente „Belichtungsmembranen“ auf der Schattenseite. Das in der Energieforschung bekannte Wärmetauscherprinzip wird so im Membranbau zum tragenden und gleichzeitig raumabschliessenden Bauteil weiterentwickelt und stellt eine Synthese einzelner Funktionen im Bauwesen dar. Das Prinzip ist für alle Baukonstruktionen einsetzbar und eröffnet dem Membranbau weite Anwendungsgebiete. Dies zeigt, dass auch in Mitteleuropa – unter Bewusstmachung der überragenden Gestaltungsmöglichkeiten der äusseren Erscheinungsform und des Innenraums – die Einsatzmöglichkeiten der Bauweise stärker wahrgenommen werden sollten. Die technischen Grundlagen für Planung und Realisation sind gegeben. Weiterentwicklung ist nur durch die Anwendung möglich. Was bleibt, ist der Ruf an Bauherren, Architekten und Ingenieure, die Herausforderung aufzunehmen.

#### Bullocks in San José:

Architekten: Environmental planning and research, Inc.  
Ingenieure: Geiger, Berger Associates

#### Bullocks in San Mateo:

Architekten: L. Gene Zellmar Associates  
Ingenieure: Geiger, Berger Associates

## Das Inserat bleibt haften.

Warum eigentlich wollen wir hinterher in der Zeitung oder in Büchern noch einmal nachlesen, was wir am Radio gehört oder am Bildschirm gesehen haben? Ganz einfach: Weil Gelesenes besser erinnert wird als nur Gehörtes oder flüchtig Gesehenes. Und die Erkenntnis?



**Am Anfang jeder starken Werbung steht das Inserat.**

Die Schweizerischen Zeitungen und Zeitschriften.