

(veröffentlicht im Deutschen Architekten Blatt (Ba-Wü), Ausgaben 1/2000 und 3/2000, ergänzt: 2003 durch zusätzliche Bilder)

Textiles Bauen

von Jörg Tritthardt

Teil 1

Seit 40 Jahren in der Architektur neben den üblichen Massiv- und Skelettbauten die Leichtbauweisen. Die ersten Zelt- und Versuchsbauten von Frei Ottos wurden weiterentwickelt. Die Besonderheit dieser Bauweisen ist die nicht-orthogonale, organisch anmutende Formensprache, die hier möglich ist innerhalb einer material- und tragwerksgerechten Konstruktion.

Früher war das Bauen mit Textilien noch eine pionierhafte Expedition in das Reich des bis dahin anonymen Bauens von Zelten. Seither haben Ingenieurwissenschaft und Computermodellierung in das textile Bauen Einzug gehalten. Es ist inzwischen in weiten Teilen ingenieurwissenschaftlich durchleuchtet, man kann entwerfen, herstellen und aufbauen, und das realisierte Bauwerk verhält sich wie geplant. Obwohl an manchen Hochschulen Basiswissen für den Entwurf von Leichtbauten vermittelt wird, sind Planer, die ein solches Dach tatsächlich machen wollen, auf spezialisierte Fachplaner angewiesen. In deren Büros werden die praxisrelevanten Erfahrungen für Entwurf und Detaillierung gesammelt und weiterentwickelt.

Aus der Praxis eines solchen Büros soll berichtet werden, und entlang einiger Beispiele stellen wir typische Konstruktionsprinzipien vor.

Zeltbau / Textilbau / Leichte Flächentragwerke / Membranbau / Leichtbau

Wer Zeltbau / Textilbau / Membranbau / Leichtbau betreiben will, muss durch diese babylonische Begriffswelt hindurch zum konstruktiven Kern der Sache vordringen. Hierbei geht es um eine Bauweise, bei der Bauteile ausschließlich auf Zug beansprucht werden.

Die Bauteile/Textilien können zwischen Haltepunkten (Ecken, Masten) und Fixiergrändern aufgespannt werden. Dies wurde bei Zelten schon immer so gemacht. Daher der Begriff „Zeltbau“.

Man kann allgemein man sagen, dass generell Textilien nur so - nämlich gespannt -, als dauerhafte Bauelemente eingesetzt werden können. Textilien ohne Spannung sind lose, flattern im Wind und werden dadurch beschädigt. Werden Textilien eben aufgespannt, sind sie noch nicht flattersicher, da sie mit minimaler Kraft senkrecht zur Ebene ausgelenkt werden und schwingen können. Erst wenn man sie beim Spannen gegen- oder gleichsinnig krümmt, dann bilden sie eine flattersichere Fläche, in der jeder Punkt durch räumliche Kraftvektoren gehalten ist. Damit lassen sich flächige, textile und leichte Bauelemente und Tragwerke mit abschätzbarer Lebensdauer bilden. Daher die Begriffe „Textilbau“ und „Leichte Flächentragwerke“.

Trennt ein zugbeanspruchtes Textil zwei Räume unterschiedlicher Druckverhältnisse, wie das bei einer Zelle oder bei einer Traglufthalle ist, dann spricht man von einer Membrankonstruktion. Daher der Begriff „Membranbau“.

Stellen wir ein vorwiegend druckbeanspruchtes flächiges Tragwerk her, dann sprechen wir von einer Schale. Alle diese rein zug- oder druckbeanspruchten Bauweisen benötigen nur sehr schlanke Bauteile und haben daher auch ein geringes Gewicht.

Eine Ästhetik von Helligkeit, Leichtigkeit und Weite entsteht. Zusammenfassend nennt man die Qualität dieser Bauweise „Leichtbau“ (Abb. 1).

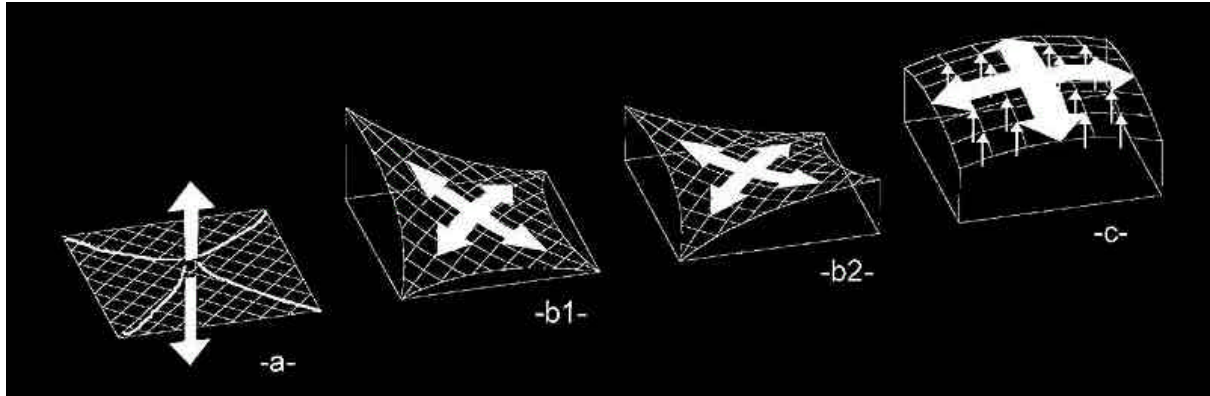


Abb. 1: -a- Flachplane: flattert leicht, sie ist mit geringer Kraft aus der Ebene auszulenken
-b1 + b2- Mechanisch gespannte Konstruktion: Ecke(n) angehoben, zweiachsig gegensinnig gekrümmte Flächen, auch antiklastische Flächen genannt,
-c- pneumatisch gespannte Konstruktion, zweiachsig gleichsinnig gekrümmt Flächen, auch synklastische Flächen genannt.

Materialien

Als Materialien für Flächentragwerke werden zum einen Teil Textilien und zum anderen Teil auch Netze aus Seilen oder Zugstäben eingesetzt. Textilien bilden ein Tragwerk und einen Raumabschluss mit wasserführender Schicht zugleich. Netze werden z.B. als Tragwerk für Volieren und Käfige eingesetzt. Darüber hinaus gibt es Mischkonstruktionen wobei die Netze mit Textilien oder Folien geschlossen werden können (z.B. seilnetzverstärkte transparente Traglufthalle).

Stahlseilnetze kommen zum Einsatz, wenn die Spannung in der Dachhaut zu gross wird für Textilien. Die Netze können offenmaschig bleiben, wie bei Volieren und Tierkäfigen, sie können auch mit aufgearbeiteten Textilien oder Holzschalungen geschlossen werden. Netze können auch aus Holzstäben gebildet werden, wenn dieses Material gewünscht wird. Hier beginnt der fließende Übergang zur Zugschale. Die im Textilbau üblichen und gut bekannten Materialien werden in Tabelle 1 vorgestellt.

Tabelle 1:

Verwendete Materialien im Textilen Bauen im Außenbereich:	
- einfache Membrane:	Polyestergewebe, PVC-beschichtet, Lackierung zur Verbesserung der Langzeiteigenschaften wasserfest, durchscheinend, Lebensdauer ca. 15-20 Jahre, Rollenmaterial zwischen 7-13 €/m ²
- hochwertige Membran:	Glasfasergewebe, PTFE-beschichtet, wasserfest, nimmt keinen Schmutz an, durchscheinend, Lebensdauer mind. 30 Jahre, Rollenmaterial ca. 60-90 €/m ² PTFEGewebe, UV-stabil, wird auch für Raumanzüge von Astronauten verwendet, hohe Lichtqualität, Lebensdauer mind. 30 Jahre, innert gegen äußere Angriffe, Rollenmaterial ca. 65-100 €/m ²
- Neuere und besondere Membrankonstruktionen:	Glasfasergewebe, Silikon-beschichtet, (z.B. Sikabran) wasserfest, durchscheinend, im Brandfall entstehen keine toxisch wirkenden Produkte, Lebensdauer mind. 20-30 Jahre, Rollenmaterial ca. 17-25 €/m ² , unter ökologischen Aspekten ein Material mit Zukunft, Polyestergewebe, Silikon-beschichtet wasserfest, durchscheinend, Lebensdauer ca. 15-20 Jahre, Rollenmaterial zwischen 17-25 €/m ² Aramidgewebe, PVC-beschichtet, Sonderanfertigung, nicht transluzent,
- stark durchscheinendes Material:	Glasfaser-Gittergewebe mit beiseitiger ETFE-Folie, wasserfest, nimmt keinen Schmutz an, optischer Eindruck ähnlich Drahtgitterglas, Lebensdauer ca. 25 Jahre, Rollenmaterial ca. 65-75 €/m ²
- voll transparentes Material:	ETFE-Folie ohne eingearbeitete Armierung, bei Spannweiten ab ca. 1 m mit Seilnetz zur Unterstützung, wasserfest, nimmt keinen Schmutz an, optisch voll transparent, kann bedruckt werden um Verschattung mit optischen Gittern zu erzeugen, Lebensdauer ca. 25 Jahre, Rollenmaterial ca. 25-35 €/m ²
- Gittermembran:	feinmaschiges Polyestergittergewebe, mit PVC-ummantelung der Fäden, geeignet für Werbetransparente und Markisen, Rollenmaterial 4 - 10 €/m ² grobes offenmaschiges Polyestergewebe, mit PVC-ummantelung der Fäden, geeignet für sehr leichte Schattendächer oder Rankhilfen, Rollenmaterial 6,50-9 €/m ² offenmaschiges Glasfasergewebe, geeignet für mechanisch gespannte Schattendächer, Rollenmaterial 40-65 €/m ² Metallgitter 75-250 €/m ²
- Naturfasergewebe wie Baumwolle oder Leinen:	sind im Textilen Bauen seit den 60er Jahren vollständig von PVC-Plane verdrängt. Nachteil ist die fehlende Wasserfestigkeit (Wasseraufnahme bis zu 50% des Eigengewichts) und die überaus hohe UV-Anfälligkeit (Zerfall in ganzjähriger Freibewitterung in 3 bis 5 Jahren).

Mechanisch gespannte Konstruktionen

Textilien und Netze werden flatterfrei vorgespannt indem man die Vorspannung am Rand oder in der Fläche (z.B. durch Masten) einleitet. Die Kräfte können von einem freien Randseil oder einem fixen Rand in die Textilebene eingebracht werden. Die Krümmung der Fläche muss in den beiden Hauptrichtungen gegensinnig erfolgen.

Pneumatische Konstruktionen

Eine andere Möglichkeit besteht darin, auf jeden Punkt einer Fläche durch ein Stützmedium eine stabilisierende Kraft auszuüben (Differenzdruck zwischen Innen und Außen). Dieses Stützmedium kann z.B. Wasser, Luft oder Gas sein.

Wie der Begriff schon sagt, wird bei Tragluftbauten das Stützmedium Luft benutzt. Hierbei erzeugt der erhöhte Innenluftdruck eine Stützkraft auf alle Punkte der Oberfläche. Diese krümmt sich dann gleichsinnig. Wir sprechen von pneumatisch gestützten Konstruktionen, kurz „Pneus“.

Der Übergang zu Schalen

Eine Form, die unter reiner Zugbeanspruchung entstanden ist, kann bildlich gesprochen „eingefroren“ und dann auf den Kopf gestellt werden.

Dadurch wandelt sich die Zugbeanspruchung in eine Druckbeanspruchung, da sich die Lastrichtung umkehrt. Schalenkonstruktionen können Zug-, Druck- und Biegebeanspruchung aufnehmen. Textilien und Netze scheiden hierfür aus, Gitter und Flächen aus Holz, Stahl und Beton kommen in Betracht. Gitterschalen können mit Textil flächig geschlossen werden, wobei das Textil hier nicht als Tragwerk, sondern als Verkleidungselement und Raumabschluss dient. Bekanntes Beispiel einer großen und seit langem funktionsfähigen Holzgitterschale ist die Multihalle in Mannheim.

Belastung und Verformung

Mechanisch gespannte Konstruktionen und Pneus sind biegeweiche Konstruktionen und daher relativ unempfindlich gegenüber Verformungen. Schalen dagegen sind biegesteife Konstruktionen und daher empfindlich gegenüber wechselnden Belastungen aus unterschiedlichen Richtungen.

Entwurf und Engineering

Man hat beim Zeltbau bzw. bei leichten Flächentragwerken sehr viele entwerferische Freiheiten, wenn man sich auch an die physikalischen Gesetzmäßigkeiten dieser zugbeanspruchten Konstruktionen hält. Membranwerkstoffe sind keine frei modellierbaren Werkstoffe wie z. B. Beton.

Es ist jeder Architektin und jedem Architekten zu wünschen, dass er in seiner schöpferischen Gestaltungsphase wenigstens einmal eine derart ästhetische Konstruktion bauen/verwirklichen darf - aber - er sollte dies mit fundierten Kenntnissen aus diesem Bereich tun oder in Zusammenarbeit mit Fachplanern für Textiles Bauen.

Welche Geometrie eine gespannte Fläche einnimmt, hängt von Lage und Form der Haltelinien und Haltepunkte ab. Es kommt also darauf an, wo Randseile und Haltelinien entlang geführt werden, wo Randstützen gesetzt werden, an welchen Stellen Mittelmasten oder Stützbögen eingefügt werden und welche Krümmungen und Höhenlagen dabei jeweils im Spiel sind. Die textile Haut wird zwischen diesen Haltelinien eine Lage einnehmen bei welcher die gesamte Fläche annähernd gleiche Spannungen aufzeigt. Seilnetzkonstruktionen können von dieser Geometrie stärker abweichen. Der Seildurchmesser für jedes Seil kann frei gewählt werden und damit kann der Kraftfluss und die 3D-Form des Netzes entsprechend der gegebenen Randbedingungen gesteuert werden.

Diese Geometrie finden wir heute mit Hilfe von Rechnermodellen, früher wurde sie am gebauten Modell ermittelt. Noch heute ist für den Planer das Probieren mit einfachen Strumpfmodellen ein guter Ansatz, um sich eine erste Anschauung der sich einstellenden Geometrie zu machen und das „Eigenleben“ der Zelthaut bereits im frühen Entwurf zu berücksichtigen. Es gibt mittlerweile aber auch eine Lernsoftware, die dem Planer einen strukturierten Einstieg in das textile Bauen ermöglicht.

Manchmal wird gesagt, die Form textiler Bauten sei nicht entworfen, sondern das Ergebnis eines Selbstfindungsprozesses. Das ist eine sehr ideologische Beschreibung des Vorganges. Es stimmt, dass die Lage der Membrane innerhalb der Randbedingungen sich fast von selbst einstellt. Da der Planer aber die Randbedingungen bewusst manipuliert, bis er eine bestimmte Gesamterscheinung erhält, ist jede Form/Konstruktion das Ergebnis eines menschlichen Gestaltungsprozesses - und mithin diskutier- und kritisierbar - und keineswegs eine irgendwie ideale, weil vermeintlich frei von menschlichem Einfluss „selbst“ generierte Form.

Wenn ein Planer eine erste Vorstellung über eine textile Struktur entwickelt hat, wird er sich mit einem Zelthersteller oder einem Fachplaner in Verbindung setzen, um dort Unterstützung für Kostenschätzungen, Redesigns und Detaillierung zu erhalten. Die meisten Zelthersteller geben solche Aufgaben intern wiederum an die Fachplanungsbüros weiter, da sie kaum ein eigenes Planungsbüro auslasten können. Kommt eine Anfrage zu uns, dann überprüfen wir zusammen mit dem Planer den Entwurf und entwickeln ihn weiter. Die Gesamtform wird auf nötige Krümmungen hin überprüft und mit verschiedenen Belastungen (Wind, Schnee) überlagert. Die Geometrie wird dabei von uns auch auf Wasser und Schneesäcke hin überprüft. Falls hierbei Probleme auftreten unterbreiten wir Lösungsvorschläge für deren Abhilfe. Hier handelt es sich um einen iterativen Prozess mit dem Ziel der Übereinstimmung von erwünschter Form, gewünschtem Material und den vorhandenen Spannungen. Die Spannungen, Verformungen, sowie die Stütz- und Verankerungslasten werden berechnet. Die Dimensionierung der Membranwerkstoffe und der Stützkonstruktion wird durchgeführt. Über Ausführungsplanung, Ausschreibung, Werkstattplanung und Bauleitung nimmt das Textilbauprojekt dann den im Bauwesen üblichen Weg.

Wenn wir sehr früh an einem Entwurfsprozess beteiligt werden, können wir optimierte Lösungen mit herausarbeiten, wie bei den Schirmen für Norman Foster (s. Abb. 2 + 3) .



Abb. 2: Modellfoto Schlossplatz Berlin

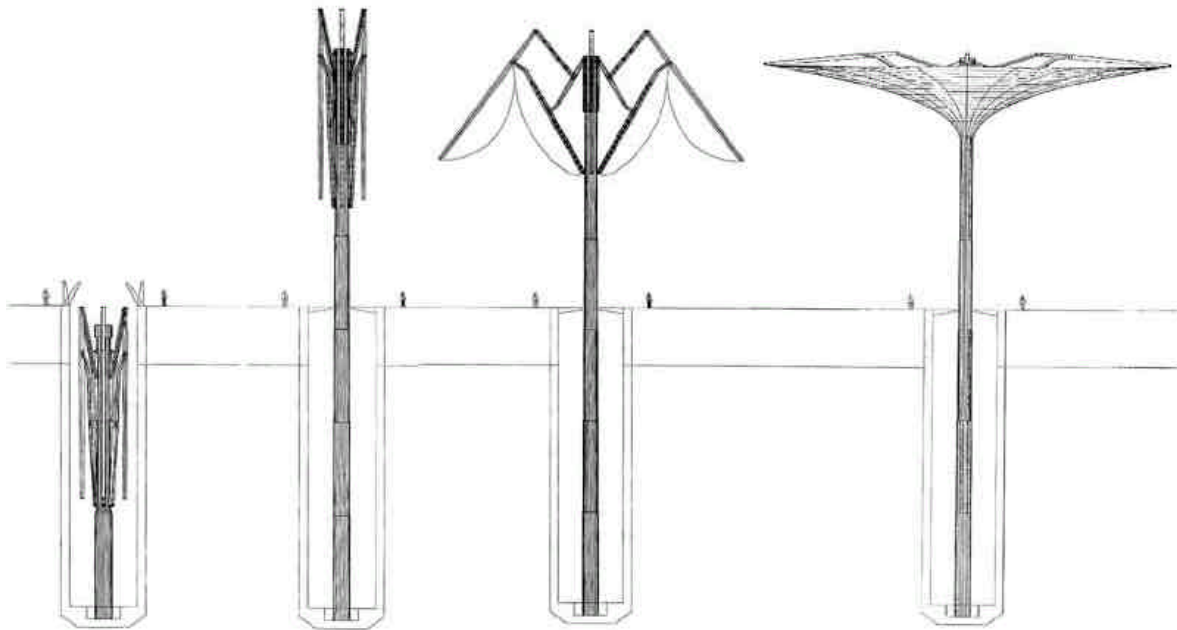


Abb. 3 Ausfahren der Schirme, verschiedene Stadien

In manchen Fällen entwickeln wir auch mit dem Planer ganz neue Konstruktionsarten, wie beispielsweise das halbtransparente Glasgitter-Teflon-Dach für Dunlop. Dieses neue Material wurde hier erstmalig in Deutschland in einem Dauerbau eingesetzt.

Fliegenden Bauten

Fliegende Bauten sind nach Konstruktion und Zweck für mehrfaches Auf- und Abbauen an wechselnden Standorten bestimmt. „Es gibt die Vorstellung, dass solche Bauten einfacher zu entwickeln sein müssten als ortsfeste Bauten, da ja „keine großen Massen zu bewegen sind.“

Es ist jedoch gerade anders herum: die Forderung, ein Bauwerk mehrfach auf- und abbaubar zu machen, addiert Komplexität zum Planungsprozess, statt sie herauszunehmen. Fliegende Bauten müssen ganz wesentlich zusammen mit optimierten Transport- und Montageprozessen entworfen werden, was im ortsfesten Bau kaum einen Einfluss auf den Entwurf hat. Soll ein Zeltdach gebaut werden, dann ist es in der Ausprägung als Fliegender Bau anspruchsvoller in Planung und Herstellung als ein ortsfestes Dach.

Teil 2

Die Kosten im Textilen Bauen sind wesentlich von der Stahlkonstruktion abhängig. Man kann von folgenden Ansätzen für die Budgetierung von Zeltkonstruktionen ausgehen : (€/m² Grundfläche)

- € 250,- bis 350,- für sehr einfache Strukturen mit wenig Stahl, PES/PVC-Membran
- € 250,- bis 450,- bei mittlerer Komplexität, mit mehreren Masten, PES/PVC-Membran
- € 400,- bis 700,- für anspruchsvolle, hochwertige Bauten, PES/PVC-Membran
- € 450,- bis 800,- für Bauten in Glas Teflon Membran und
- ca. 500 €,- für industriell gefertigte Schirme.

Im Folgenden einige Beispiele für typische mechanisch gespannte Membran- oder Seilnetzkonstruktionen (Strukturen mit einem hyperbolischen Flächen).

Offenes Segeldach - Vierpunktsegel

Eine der einfachsten Zeltkonstruktionen ist das gegensinnig gekrümmte Vierpunktsegel. Es entsteht, wenn man eine Ecke eines planen Vierecks aus der Ebene heraushebt. Vierpunktsegel werden zumeist als kleine Überdachung im Freien aufgestellt, als temporäre Bauten. Diese Segel gibt es bis ca. 8 x 8 m als Standardprodukte, grössere Dächer können nicht ohne Betrachtung des Einzelfalls aufgebaut zu werden.

Durch Höhenstaffelung können Vierpunktsegel zu grösseren, bewegten Flächen kombiniert werden (s. Abb. 4)



Abb. 4: Typische Vierpunktsegel
Ingenieur: Tritthardt & Ayrle

Dach über rundem Grundriss

Vierpunktsegel überdachen Flächen, die in etwa rechteckig sind, somit kann man aber durch hinzufügen weiterer Ecken auch vieleckige Segelflächen schaffen (s. Abb. 5)



Abb. 5: Sechspunktsegel überdeckt eine kreisrunde Turmuine
Ingenieur und Architekt : Tritthardt & Ayrle

Freie Grundrissform

Es lassen sich auch völlig amorphe Grundrissformen mit Membran- oder Netzflächen überdachen, da fast jede Membranfläche mit Hilfe von Hoch- und Tiefpunkten (Masten und Abspannungen) in eine flatterunempfindliche Form gebracht werden kann.

Im Entwurf muss für die Höhenentwicklung der Masten und die Abspannstrecken nur genügend Spielraum gelassen werden (s. Abb. 6)



Abb. 6: Das Beispiel einer Voliere zeigt die Loslösung der Dachform von geometrischen Grundfiguren

Hochpunktzelt

Eine ganz archaische Grundform von Zelten ist das Hochpunktzelt. Eine Textilfläche wird von einem Mittelmast nach oben gewölbt und am Rand zum Boden hin abgespannt. Zusammen mit dem Landschaftsarchitekten J. Senner in Überlingen haben wir für den neuen Kurgarten in Saulgau ein solches Dach entworfen und realisiert (Abb. 7).

Der Entwurf wurde im Büro Senner an einem Strumpfmodell entwickelt. Für die Gemeinde war die Dauerhaftigkeit besonders wichtig, deshalb entschied sie sich für Glasfaser-Teflon-Gewebe.

Die Ausführungen übernahm die Firma Canobbio in Mailand / Castelnuovo.



Abb. 7: Eine moderne und großzügige Interpretation des Tippiis: Musikpavillon in Saulgau
Architekt: Senner und Tritthardt & Ayrle

Bogendach mit neuen Werkstoffen

Man kann Textilien nicht nur mit Masten unterstützen und abspannen. Die gegensinnige Krümmung der Haut lässt sich ebenfalls mit Bögen erzielen, die von unten gegen die Haut gedrückt werden. Das neue Dach am Haupteingang der Fa. Dunlop in Hanau gehört zu diesem Typus (Abb. 8). Der Designer Christian Habernoll aus Frankfurt bat uns um Unterstützung beim Entwurf eines textilen Daches für die Reifenfabrik. Das Bogendach berücksichtigt die enge bauliche Situation in der Fabrikeinfahrt: Es schliesst alle Kräfte in der Dachebene kurz und wird ohne Abspannungen nur mit vier Füßen auf dem Boden verankert.

Um den textilen Charakter des Daches möglichst deutlich sichtbar zu machen, haben wir für dieses Dach ein neues und noch wenig erprobtes Material eingesetzt: ein Glasfaser-Gittergewebe, beidseitig mit Teflonfolie kaschiert, das auch für Transportbänder in der Lebensmittelindustrie verwendet wird. Wir haben zusammen mit der Textilbaufirma Cenotec in Greven, die notwendigen Materialtests für eine Zustimmung im Einzelfall durchgeführt und erstmals in Deutschland ein reguläres Baugenehmigungsverfahren für dieses Dachmaterial durchlaufen. Dies war nur möglich, weil Designer und Bauherr gleichermaßen bereit waren, ein besonderes Dach zu bauen und unser Fachwissen frühzeitig in den Prozess integriert haben.



Abb. 8: Gegensinnige Krümmung durch Bögen
Ingenieur und Architekt: Tritthardt & Ayrle
Designer: Christian Habernoll

Weitere Dachkonstruktionen mit Bogentragwerken:





Abb. 9 : Überdachung des Eingangsbereichs zur Insel Mainau
Ingenieur und Architekt der Membranüberdachung: Tritthardt & Ayrle





Abb. 10 : Überdachung der Rothaus Seeterrassen auf der Insel Mainau
Ingenieur und Architekt der Membranüberdachung: Tritthardt & Ayrle

Schirme

Eine weitere typische Grundform textiler Bauten ist der Schirm. Er existiert zunächst als Industrieprodukt, wobei die Obergrenze der Serienschirme bei ca. 7 x 7 m Grundfläche erreicht ist. Zusammen mit dem Berliner Büro von Norman Foster haben wir in einem Ideenwettbewerb für die zukünftige Nutzung des Schlossplatzes in Berlin sehr grosse Schirme mit 50 x 50 m Spannweite entwickelt (Abb. 11).

Es war Fosters Überzeugung, dass der Platz mit einer wandelbaren Architektur besser den heutigen Anforderungen entspricht als mit einer massiven Architektur. Wir waren auf der Suche nach einem komplett wegfuhrbaren Dachsystem, das es erlaubt den Platz ganz unterschiedlich zu nutzen.

Es zeigte sich, dass der Schirm durch das Zusammenfallen der Fläche auf eine vertikale Achse am besten geeignet ist, um vollständig im Boden verschwinden zu können. Unser Büro konzipierte die Scharnmechanik der Schirme und liess sie von der Fa. Liebherr überprüfen. Die Schirme für den Schlossplatz Berlin zeigen, wie textile Bauten auch in der Gestaltung von innerstädtischen Räumen ganz neue und unerwartete Möglichkeiten eröffnen.

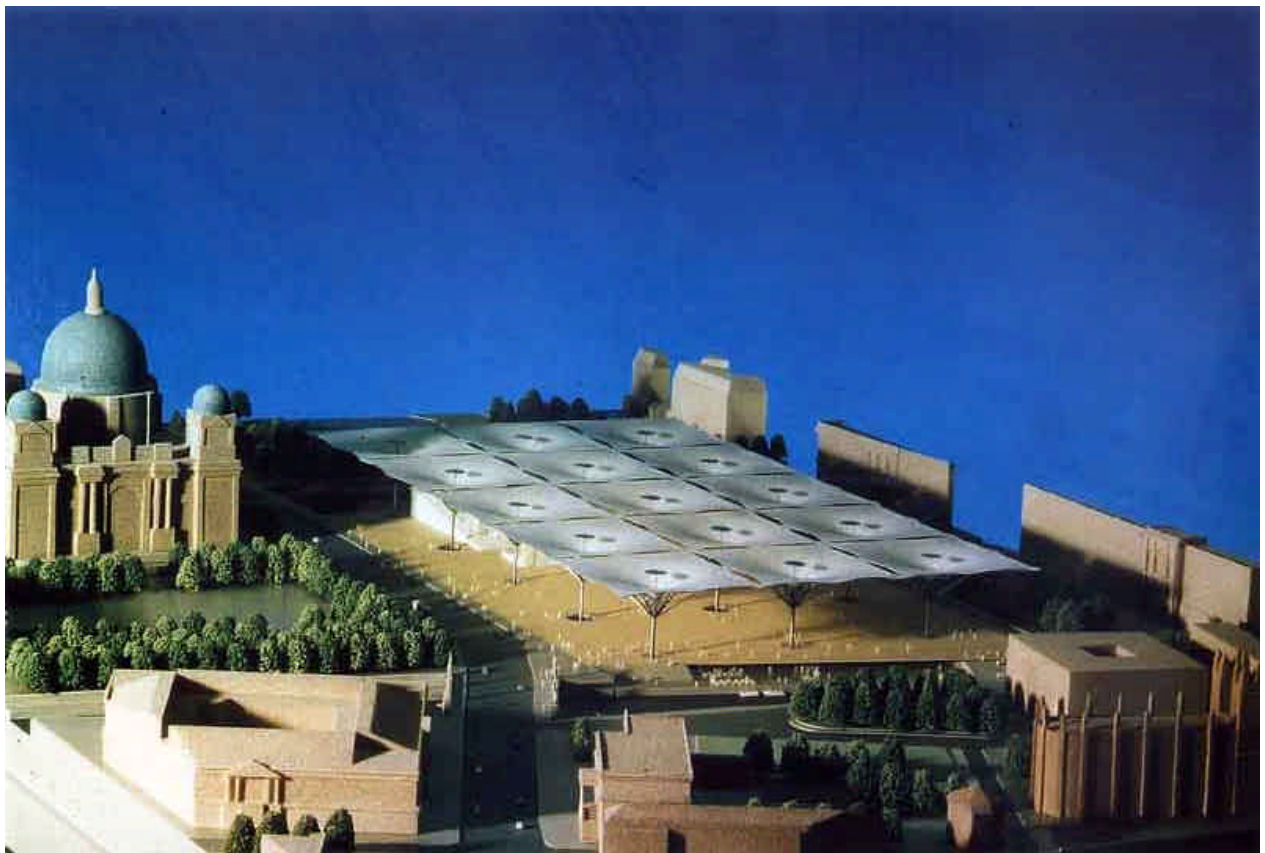


Abb. 11: Schlossplatz Berlin

Geschlossene Gebäude - Klimahüllen

Es ist auch möglich, mit textilen Bauweisen klimatisch abgeschlossene Räume zu bilden. Für eine Landesgartenschau haben wir zusammen mit Landschaftsarchitekt J. Senner eine sehr einfache und mobile Ausstellungshalle (s. Abb. 12) entworfen, die aus drei Grundelementen besteht:

Hopfenstangen, Seilnetz, und Folienkissen. Ein Wald von Hopfenstangen wird mit Hilfe eines Seilnetzes aufgerichtet und stabilisiert. Eine zweilagige abgesteppte Dachhaut aus transparenter Folie wird darüber gelegt und an den Seilen befestigt. Sobald man den Zwischenraum der Folien aufbläst, bildet sich ein transparentes Kissendach. Der Innendruck der Kissen stabilisiert die Flächen gegen flattern.

Diese Art von Raumabschluss ist im Dach und an der Wand einsetzbar, und erzielt solare Energiegewinne im Innenraum.

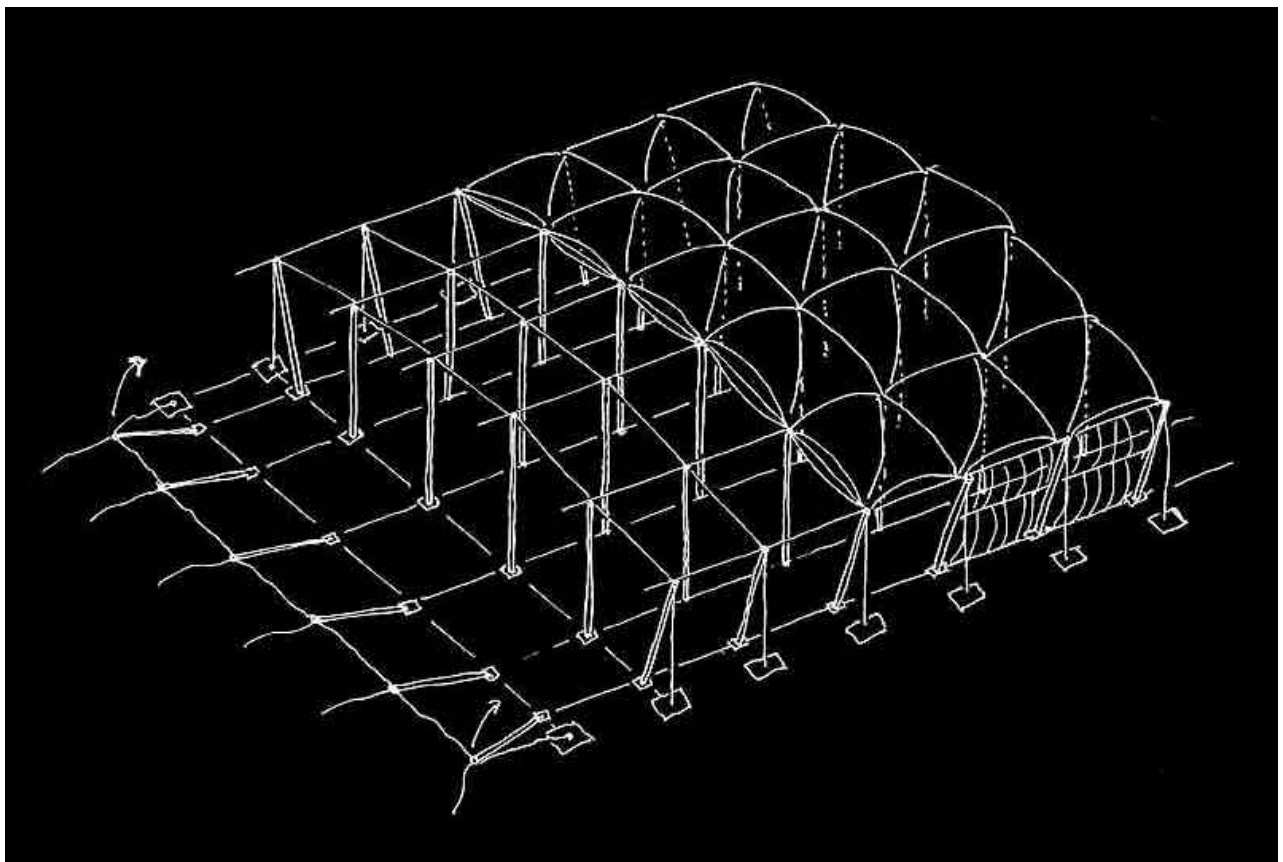


Abb. 12: Aufgeblasenes Kissendach nach dem Entwurf von Tritthardt & Ayrle

Soll die Wärmedämmung im Vordergrund stehen, so können auch übliche Zeltkonstruktionen mit zweilagiger Außenhaut ausgeführt werden, wobei eine Dämmstofflage (Mineralwolle, Isofloc, usw.....) zwischen Innenhaut und Außenhaut eingelegt wird. Diese Konstruktionen sind kaum, wurden aber bei verschiedenen Projekten erfolgreich eingesetzt.

Auf der Terrasse der Wiener Oper haben wir eine auf- und abbaubare wärme- und schallisolierte Kon-

struktion für die Vorstellungen der Kinderoper entwickelt (s. Abb. 13), in der Kurklinik Masserberg im Thüringer Wald überspannt beispielsweise ein zweilagiges, gedämmtes Hochpunktzelt ein Schwimmbad, einen Gymnastik- und einen Versammlungsraum (s. Abb. 14).



Abb. 13: Auf- und abbaubare Kinderoper in Wien
Ingenieur und Architekt: Tritthardt & Ayrle



Abb. 14: Kurklinik in Wasserberg

Pneumatische Konstruktionen

Durch ein Stützmedium können zweiachsig-gleichsinnig-gekrümmte Flächen erzeugt werden. Beispiele hierfür sind Traglufthallen (s. Abb. 15+16).

Hierbei wird über eine Gebläseanlage Luft in die Halle eingeblasen. Der Überdruck beträgt ca. 30kg/m^2 . Der Zugang in das Gebäude erfolgt über Luftschleusen (z.B. Drehtüren oder 2 hintereinander liegende Türen).

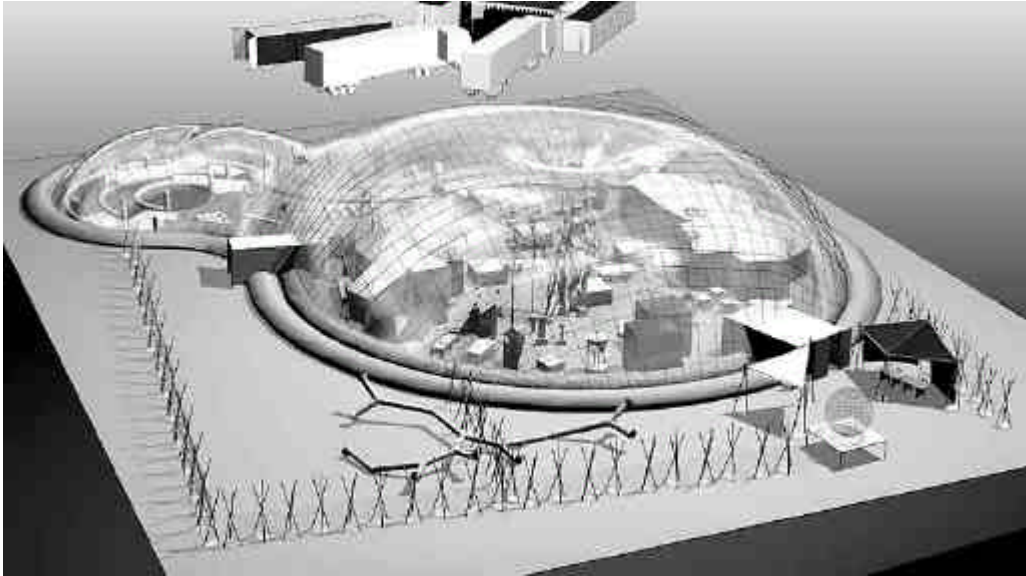


Abb. 15: Modell für eine geplante mobile transparente Traglufthalle

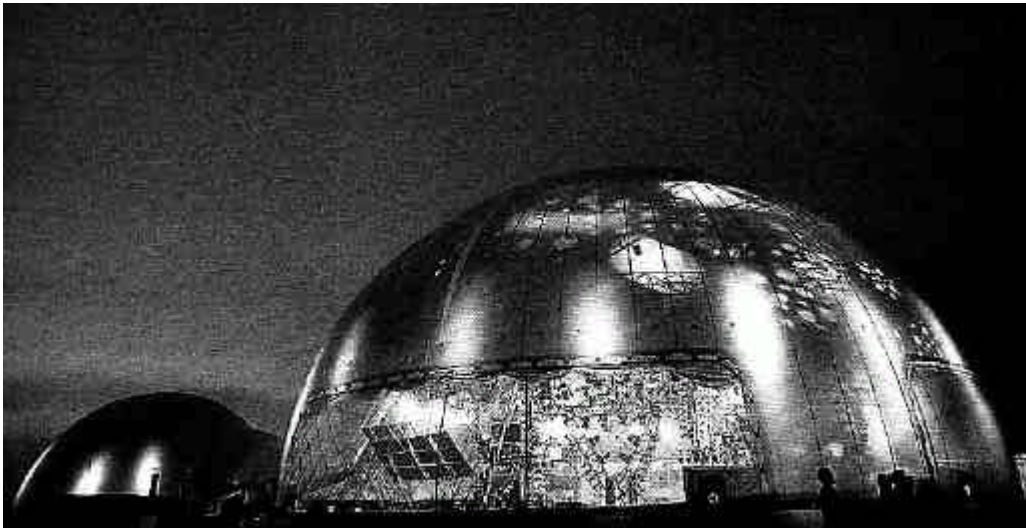


Abb.16: Traglufthalle mit transparenten Teilbereichen.

Weitere Pneumatische Konstruktionen





Abb. 17 : Nebelgang in der Autostadt in Wolfsburg
Ingenieur und Architekt: Tritthardt & Ayrle

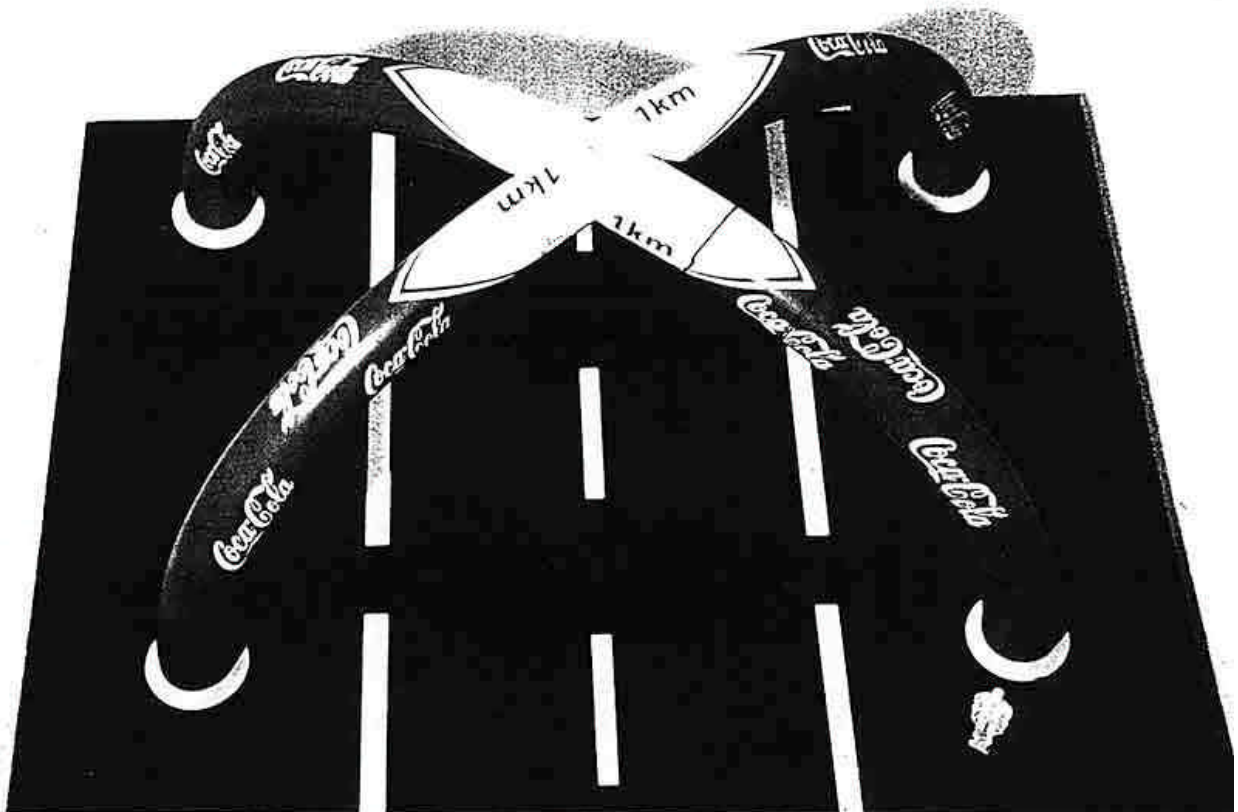




Abb. 18 : Startrampe für das Einzelzeitfahren bei der Tour de France
Ingenieur und Architekt: Tritthardt & Ayrle

Zum Autor:

Jörg Tritthardt, Dipl.-Ing. Bauwesen, Beratender Ingenieur, seit 1991 textiles Bauen,

büro für leichtbau
lightweight design

Tritthardt Ingenieure

78315 Radolfzell,
Westendstr. 3,
Tel. +49(0)7732/94089-0,
Fax +49(0)7732/94089-19
Email: Tritthardt@tapweb.de
www.tapweb.de,

Schwerpunkt des Büros sind Leichtbauweisen, Membranbauten, pneumatische Konstruktionen, Seilnetze, Stahl-Glaskonstruktionen, mobile Architektur