

transparentes Bauen

ETFE - Folien

M a t e r i a l b e r i c h t

Verfasser: Ignaz Sieber

Modul Ausführung 3 - Materialkunde

WS 02/03

Dozent: Marcel Gämperli

Abt. L

Hochschule für Technik Rapperswil

HSR

23.1.2003



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung, Überlegungen	2
2 Was ist eine „Membran“	2
2.1 Textile Membrane	2
2.2 Kunststoff-Membrane / Folien	3
3 ETFE – Ethylen -Tetrafluor - Ethylen	3
3.1 Herstellung und Verarbeitung	3
3.2 Eigenschaften von ETFE-Folien	4
3.2.1 Mechanische Eigenschaften	4
3.2.2 Bauphysikalische Eigenschaften	5
3.3 Planung und Montage	6
4 Transparent Bauen mit ETFE-Folien	6
5 Aktuelle Anwendungs-Beispiele	7
6 Ausblick, Anwendungsbereiche	8
7 Quellenverzeichnis	8
7.1 Literatur	8
7.2 Information	9

1 Einleitung, Überlegungen



Christo-Installation im Beyeler Park bei Basel

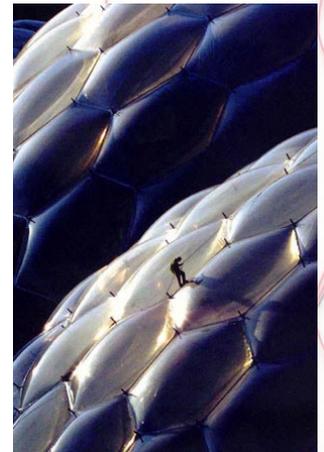
Transparenz am Bau - Da dachte ich in erster Linie an textile Baustoffe, die nur schon von ihrer hinlänglich bekannten Struktur, nämlich der verwobenen, verflochtenen, geradezu prädestiniert sind Transparenz räumlich erfahrbar zu machen, darzustellen. Doch in der Baupraxis nimmt das Bauen mit (technischen) Textilien insgesamt nur einen sehr geringen Anteil am umgesetzten Bauvolumen ein, zudem erfordert textiles Bauen Spezialwissen, das praktisch nicht gelehrt wird in der Ausbildung von Bau-schaffenden. Beides sind Gründe, die dem textilen Bauen eine

exotische Note verleihen. Dies zeigte sich auch nicht zuletzt bei der Recherche nach neuartigen Entwicklungen auf diesem Gebiet.

Im Jahr 2002 jedoch war aber vermehrt zu beobachten, dass auch namhafte Gestalter Erzeugnisse, die mittels textiler Techniken entstanden für ihre gelungenen Projekte verwendeten. Erwähnt seien hier am Rande die vielen EXPO'02-Projekte wie z.B. „Galexpo“ (Arteplage Neuenburg), Coop Himmelb(l)au's Forum auf der Arteplage in Biel.

Die spezielle Mischung aus organischer Gestalt und künstlicher Konstruktion hat einen ganz besonderen Reiz. Nicht zuletzt haben auch viele Künstler, die im Aussenraum tätig sind und bei ihren Projekten Themen wie z.B. Transparenz, Definition von Innen- und Aussenraum, mit textilen Baustoffen herumexperimentiert.

Es muss einleitend nochmals klar betont werden, dass in der heutigen textilen Bautechnik (nebst den bekannten Dach-Innovationen) neueste Entwicklungen vermehrt auf Kombination von textilen Baustoffen oder textilen Techniken und Weiterentwicklungen bekannter Baustoffe (wie z.B. Kunststoff) zurückzuführen sind. So gesehen ist bei dem vorgestellten Produkt die Herleitung textiler Natur, das Produkt selber ist aber eine Folie, die es aber ohne die vorangegangenen Entwicklungen in der Materialentwicklung nie gegeben hätte.



Eden-Projekt in Cornwall, GB

Transparentes und halbtransparentes Bauen konzentriert sich heute grösstenteils in der Generierung von neuen Membranen und Kunststoffen, Kunststoffverbindungen, was im nachfolgenden Bericht auch gewürdigt werden soll. Dabei beschränke ich mich auf die Ethylen-Tetrafluor-Ethylen-Folie, einer Kunststofffolie, die vor allem im Bereich Aussenraum ein grosses gestalterisches Potential aufweist – oder um mit den Worten eines führenden Herstellers zu werben - “the future will be made of it“.

2 Was ist eine „Membran“

Eine Membran ist eine dünne, meist poröse Wand (Häutchen) zur Trennung von Flüssigkeiten oder Gasen unterschiedlicher Zusammensetzung. Eine semipermeable Membran ist für mindestens eine Molekülsorte undurchlässig, und es bilden sich daher im Gleichgewicht Druckunterschiede aus. (DTV-Lexikon-Auszug). Im Bauwesen werden flächige Textilien als Membranen bezeichnet.

2.1 Textile Membrane

Textile Membranen sind in einer großen Anzahl unterschiedlicher Qualität auf dem Markt verfügbar. Ihre Verwendung finden sie in diversen Bereichen:

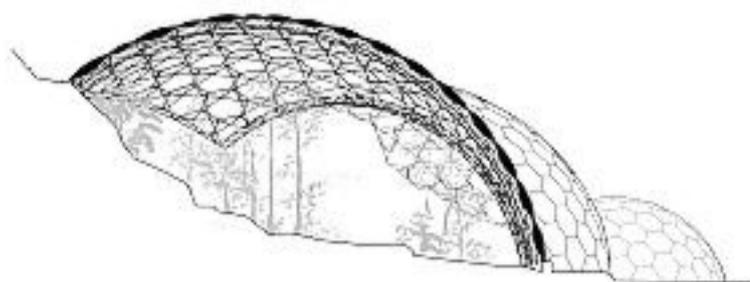
- Geotechnik
- Verdeckplanen von Lkws oder Güterwagons
- Dachkonstruktionen im Hochbau

Man unterscheidet textile Membranen nach:

- eingesetzten Fasertypen
- Art der Flächenbildung
- Art der Beschichtung

Den wesentlichen Marktanteil bei den zur Zeit im Hochbau eingesetzten Fasertypen halten hochfeste Polyesterfasern und Glasfasern. Die Flächenbildung erfolgt bei diesen Fasern in nahezu allen Fällen durch Verweben. Als Beschichtung, die zur Verbesserung des Bewitterungsverhaltens, der Luft- und Wasserdichtigkeit sowie der Formstabilität notwendig wird, kommen bei den Polyesterweben im wesentlichen Beschichtungssysteme auf der Basis von Weich-PVC, häufig mit einer Veredelung der Oberflächen durch Lacke oder ausgewalzte Kunststoffe (Folien), zum Einsatz.

2.2 Kunststoff-Membrane / Folien



Konstruktion Eden-Projekt

Im Gegensatz zu den Geweben sind Folien keine textilen Baustoffe. Sie bestehen aus einem Werkstoff, teilweise Verbundfolien aus mehreren Werkstoffen. Sie besitzen daher auch grundsätzlich ein anderes Tragverhalten als Gewebe. Hierbei unterscheidet man die herkömmlichen, zumeist nicht UV- und/oder bewitterungsstabilen, günstigen PE (Polyethylen)-Folien (Massenware) und den

für den Dauereinsatz geeigneten ET-Folien (Ethylentetrafluor). Zu dieser Gruppe zählt auch ETFE (Ethylen-Tetrafluor-Ethylen), der im folgenden vorgestellt werden soll.

3 ETFE – Ethylen -Tetrafluor - Ethylen

ETFE (Ethylen-Tetrafluor-Ethylen) ist ein teilfluorierter, thermoplastischer Kunststoff, aus dem im Extrusionsverfahren hoch transparente, UV-stabile, selbstreinigende, schwerentflammbare, witterungsbeständige und mechanisch belastbare Folien hergestellt werden. Im Gegensatz zu Glas und anderen transparenten Folien- und Plattenmaterialien ist ETFE auch durchlässig für UV-Licht (UV-A bis UV-C).

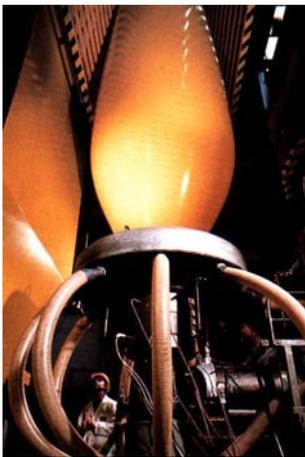


ETFE-Folie

3.1 Herstellung und Verarbeitung

Die Herstellung des ETFE und die Verarbeitung zu einer Membran kann in vier wesentliche Produktionsschritte unterteilt werden:

Die Polymerisation (Vervielfachung), die Granulierung (Zerkleinerung auf eine für die Weiterverarbeitung geeignete Körnung), die Extrusion (Auspressung von Formmassen) und die Konfektion. Unter Polymerisation versteht man die Aneinanderreihung von kleinen Molekülen (Monomeren) zu einem großen Molekül. Aus gleichen Monomeren entsteht ein Polymer, aus unterschiedlichen Monomeren entsteht ein Copolymer. Das ETFE-Copolymer besteht aus etwa 25% Ethen- und 75% Tetrafluorethen-Monomereinheiten. Nach der Polymerisation wird das in Pulverform vorliegende ETFE in Granulatform gebracht. Das Granulat wird wiederum durch Kalandrieren oder Extrudieren



Kunststoff-Produktion

zum Halbzeug, also zur Folie als Rollenware, verarbeitet. Je nach verwendetem Werkzeug unterscheidet man im Extrusionsverfahren hergestellte Folien in Blasfolien und Flach- bzw. Gießfolien. Aufgrund besserer Materialeigenschaften wird im Bauwesen bislang ausschliesslich die im Breitschlitz-Extrusionsverfahren hergestellte Flachfolie, mit einer Dichte von $1,75 \text{ g/cm}^3$ eingesetzt. Die herstellbare Foliendicke beträgt z.Zt. bis zu $250 \mu\text{m}$, die Rollenbreite $1,55\text{m}$. Bislang sind nur wenige Unternehmen in der Lage, die Rollenware entsprechend einer Zuschnittsberechnung und Bemessung zu räumlich gekrümmten Membranen zu verschweissen, d.h. zu konfektionieren. Beim Verschweissen unterscheidet man zwischen Teilflächenverbindungen und Randverbindungen. Letztere bestehen zumeist aus Randtaschen (Kedertaschen) aus ETFE-Folie. In sie wird ein so genannter Keder eingezogen, meist eine flexible PVC-Rundschnur, bisweilen auch Aluminium-Rundstäbe. An den Schweißnähten werden die Folien übereinandergelegt und auf thermischem Weg miteinander verschweisst. So entsteht eine etwa 10mm breite, ebenfalls lichtdurchlässige Naht, die zwar dicker als das Grundmaterial, aber nur aus der Nähe sichtbar ist.



Kalandrieren

3.2 Eigenschaften von ETFE-Folien

3.2.1 Mechanische Eigenschaften

Wichtigstes Kriterium der mechanischen Eigenschaften ist das Spannungs-Dehnungsverhalten der ETFE-Folie. Pneumatisch stabilisierte ETFE-Folienelemente üben zum Teil erhebliche Randkräfte auf die Unterkonstruktion aus, die sich aus dem geringen Überdruck des Systems und aus den rechnerisch anzusetzenden Wind- und Schneelasten ergeben. Im Falle, dass sich zwei Kissen gegenüber liegen, addieren sich die Randkräfte zu Null, doch müssen bei den Randelementen die Kräfte durch die Unterkonstruktion aufgenommen werden. Des weiteren sollte in der jeweiligen Statik berücksichtigt werden, dass ein Element - aus welchen Gründen auch immer - ausfallen kann und so in Mittelkissenbereichen einseitige Lastfälle auftreten können, die nicht zum Versagen des Tragwerks führen dürfen. Verformungen jeder Art werden durch die Folien aufgenommen. Das Tragwerk darf jedoch nicht versagen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass obwohl die Folien sehr dünn sind, eine extrem hohe Festigkeit bieten, die auf ihre herausragenden mechanischen Eigenschaften zurückzuführen sind (Lastaufnahmeigenschaften, Dehnungseigenschaften).

3.2.2 Bauphysikalische Eigenschaften



Hallenbad-Dachkonstruktion

Die wichtigsten bauphysikalischen Kriterien für einen Einsatz der ETFE-Folie sind der Wärme- und Klimaschutz, der Schallschutz und die Schallabsorption, sowie die optischen Eigenschaften. Pneumatisch gestützte Wand- oder Dachelemente werden häufig mit einer dritten, straff gespannten Mittellage ausgeführt, die in der Regel keine tragende Funktion besitzt. So wird das eingeschlossene Luftvolumen in zwei kommunizierende Kammern gleichen Druckes unterteilt, wodurch das System eine bessere Wärmedämmung aufweist.

In der Gesamtwärmebilanz eines Gebäudes ist die hohe Immission an Wärmeenergie über große transparente Flächen zwar ansetzbar, jedoch fallen diese Wärmegewinne insbesondere in den Sommermonaten an. Bei geschlossenen Gebäuden ist durch Schattierungssysteme, z.B. durch im Pneu angeordnete Lamellen, die Immission begrenzenbar oder durch Hubelemente bzw. ausreichende Ventilation die Warmluft abzuführen. Die Idee, die zwischen mehreren Lagen eines trans-

parenten Pneus anfallende Wärmeenergie zu gewinnen und beispielsweise in Erdwärmespeichern temporär zu speichern, ist nicht neu. Ihre Umsetzung ist bislang jedoch nicht wirtschaftlich.

Das Potenzial der Fluorpolymerfolien im Bauwesen in Kombination mit anderen Technologien ist noch lange nicht ausgeschöpft. Im Hinblick auf die geringe Schalldämmung und Schallabsorption eines Foliensystems ist bei jedem Anwendungsfall zu prüfen, ob Beeinträchtigungen in der Nutzung durch Lärmquellen entstehen können. Im Fall ständig hoher Luftfeuchtigkeit, etwa bei botanischen Gärten, bewirkt eine permanente Durchströmung der Pneu einen mehrfachen Luftwechsel pro Tag. Sie dient der Vermeidung von Kondensat im Pneu. Auch im Innenraum kann bei hoher Raumluftfeuchte bzw. bei großem Temperaturgefälle an den Klemmprofilen Kondensat niederschlagen, das über konstruktiv angeordnete Rinnen abgeführt werden muss.

Die architektonisch interessanten optischen Eigenschaften der ETFE-Folie beziehen sich auf die Reflektion, Absorption, Transmission des Sonnenlichts, insbesondere im Bereich des sichtbaren Lichts. Aber auch die Transmission im UV-Bereich kann für bestimmte Anwendungen, z.B. botanische Gärten, überdachte Rasenflächen, wesentlich sein. Der jeweilige Anteil der Transmission, Reflektion und Absorption richtet sich nach dem Material, der Anzahl der Lagen, den verwendeten Foliendicken, dem Einfallswinkel der Strahlung und der Farbgebung der Folien in Form einer Bedruckung oder Einfärbung. Die Transmission transparenter Folie ist relativ gleichmässig über das sichtbare Strahlungsspektrum verteilt und bildet nahezu exakt das Tageslichtspektrum ab. So werden Farben unter einem transparenten ETFE-Dach wie im Freien wahrgenommen. Mit weiss eingefärbter ETFE-Folie kann das UV-Spektrum nahezu vollständig ausgeblendet werden.

3.3 Planung und Montage



Skelett bei Eden-Projekt

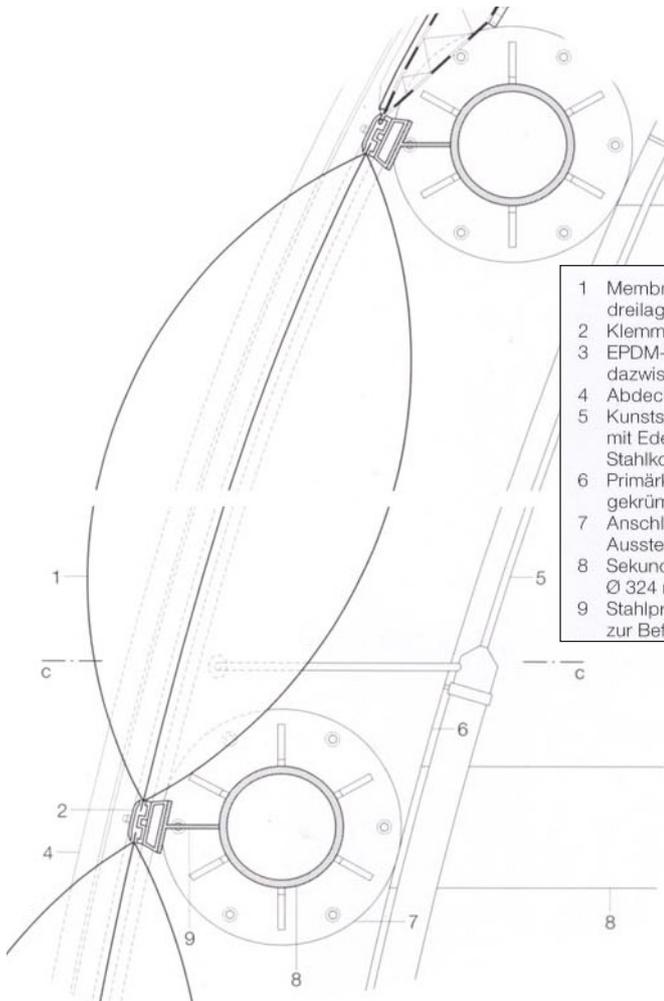
Folienkonstruktionen zeichnen sich, wie alle Membrankonstruktionen, durch die Wechselbeziehungen zwischen Entwurf und Tragwerk, sowie zwischen Form, Material und Beanspruchung aus. Architekt, Tragwerksplaner und Hersteller sollten daher bereits im Entwurfsstadium intensiv zusammenarbeiten, insbesondere wenn eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich ist, da diese ausschließlich für das verwendete Bauprodukt (die eingesetzte Bauart) erteilt wird. Ein wichtiger Bestandteil der Planung einer Membrankonstruktion ist die Formfindung.

Die Konfektionäre führen in der Regel auch die Montage der Folien in Eigenregie oder zumindest in bauleitender Funktion durch. Die Folienmontage erfolgt mit speziellen Montagewerkzeugen, mittels derer die Randtasche inklusive eingezogenem Keder in die Nut eines umlaufenden Randprofils gezogen wird. Jeder Hersteller verfügt über eigene, zumeist mehrteilige Randprofile aus Aluminiumstrangpressprofilen, deren einzelne Teile miteinander verschraubt werden, sodass die Randtasche mit Keder am Herausrutschen gehindert wird (formschlüssige Verbindung).

4 Transparent Bauen mit ETFE-Folien

Die heute in der Architektur verwendeten Kunststofffolien ermöglichen Gebäudehüllen, die in ihrer Licht- und UV-Durchlässigkeit von keinem anderen Material übertroffen werden. Die hauchdünnen, transparenten Membranflächen werden lediglich auf Zug beansprucht und reduzieren das Eigengewicht von Außenhaut und Tragsystem auf ein Minimum. In über 20 Jahren wurden keine nennenswerten Änderungen der mechanischen und optischen Eigenschaften festgestellt und die nahezu vollständige Recyclebarkeit machen die Fluorpolymerfolie zu einem wirtschaftlichen und Ressourcen schonenden Baustoff. Damit eine dünne Folie unterschiedlich gerichtete äußere Belastungen allein über Zugkräfte und ohne Faltenbildung abtragen kann, muss sie mit einer Vorspannung versehen werden. Unter diesem Aspekt unterscheidet man zwei Bauweisen:

- pneumatisch vorgespannten bzw. gestützte Konstruktionen
- mechanisch vorgespannte Konstruktionen.



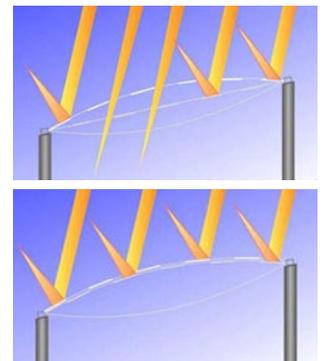
- 1 Membrankissen ETFE-Folie dreilagig luftgefüllt
- 2 Klemmschiene
- 3 EPDM-Membran beidseitig folienbeschichtet dazwischen Wärmedämmung
- 4 Abdeckung Edelstahlblech perforiert
- 5 Kunststoffschlauch zur Luftversorgung, mit Edelstahlmuffen an Stahlkonstruktion befestigt
- 6 Primärkonstruktion Stahlrohr räumlich gekrümmt Ø 660 mm
- 7 Anschlussflansch Stahlrohr mit Aussteifungsstegen
- 8 Sekundärkonstruktion Stahlrohr gekrümmt Ø 324 mm, mit 7 verschraubt
- 9 Stahlprofil T 140/140 mm zur Befestigung der Klemmschiene

Obwohl das Prinzip der pneumatischen Stabilisierung seit Jahrhunderten bekannt ist, setzte man pneumatische Konstruktionen erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts im Bauwesen ein. Erst in dieser Zeit gelang es, flexible, tragfähige und ausreichend gasdichte Kunststoffe zu entwickeln, die große Verformungen, erforderliche Vorspannungen und eine permanente Druckdifferenz ermöglichen. In den 70er-Jahren dominierten in diesem Bereich noch die Verbundwerkstoffe, vor allem das PVC-beschichtete Polyester-gewebe. Transparente Pneus, die eine dauerhafte Anwendung als Gebäudehülle zulassen, wurden erst mit der Entwicklung der Fluorpolymerfolien, zu denen auch die ETFE-Folie gehört, möglich.

Diese wurden aufgrund der hohen Lichtdurchlässigkeit in den 70er-Jahren zunächst als Hülle für Gewächshäuser und Solaranlagen eingesetzt. Ab den frühen 80er-Jahren verwendete man das Material auch für pneumatisch gestützte Konstruktionen im Bauwesen. Diese bestehen aus mindestens zwei Folienlagen, in deren Zwischenraum mittels Gebläse ein geringer Überdruck aufgebaut wird, der die Folien zu einem

Kissen formt und so vorspannt und stabilisiert.

Angefügt werden muss, dass dreilagige ETFE-Foliendächer heutzutage mit einem intelligenten dachintegrierten Beschattungssystem ausgerüstet werden können. Das bedeutet primär, dass auf aufwendige, wartungsintensive und somit über die Investitionskosten hinausgehende aussenliegende Beschattungssysteme verzichtet werden kann. Diese Lösung verzichtet auf komplizierte, bewegte Teile: Bei einem dreilagigen Dach sind die Ober- und Mittelfolie in einem bestimmten Raster bedruckt. Bei der Herstellung der Folienelemente wird die Mittelfolie um ein Druckraster versetzt angeordnet so dass beim Aufeinanderliegen der Folien ein (teilweise) geschlossenes Feld entsteht. Durch einfaches pneumatisches Verlagern der Mittelfolie entweder an die äußere oder an die innere Folienlage des Dachsystems wird das Dach «geöffnet» oder «geschlossen».



5 Aktuelle Anwendungs-Beispiele



Eden-Projekt

Mittlerweile werden mit ETFE riesige Volumen umhüllt. Die bisher schlüssigste Form des Zusammenwirkens von Folienelementen und Tragwerk bleibt Grimshaws Eden Project. Das bekannteste nicht mehr ganz neue Beispiel in Cornwall umfasst eine Konstruktionsfläche von 23'000m². ETFE-Folien werden vor allem in Form luftgefüllter Kissen eingesetzt, wie beim Space Center in Leicester, das ebenfalls von Nicholas Grimshaw und Partners Limited stammt und neueren Datums ist. Auf einer Industriebrache im eng-



Space Center

lischen Leicester entstanden, umfasst das „National Space Science Centre“ ein Raumfahrtmuseum, ein Planetarium und mehrere Forschungs- und Informationszentren. Der 42 Meter hohe Ausstellungsturm nimmt mit seiner ungewöhnlichen, glänzenden Fassade ästhetische Elemente der Raumfahrt auf. In die leichte Stahlkonstruktion sind dreilagige Membrankissen aus ETFE-Folie gespannt. Sie sind drei Meter hoch, bis zu 20 Meter lang und bilden durch eine verschieden dichte Rasterbeschichtung Fassadenbereiche mit unterschiedlicher Transparenz. Die Oberfläche ist selbstreinigend: Schmutzpartikel werden unter Sonneneinstrahlung zersetzt und vom Regen abgewaschen. Die Lebensdauer des Materials wird mit 60 Jahren angegeben. Dennoch wurde die Befestigung derart gestaltet, dass einzelne Kissen leicht ausgetauscht oder zum Einbringen der großformatigen Exponate kurzzeitig entfernt werden können. Durch die dreidimensional gekrümmte Form des Turms

und die Leichtigkeit des Fassadenmaterials - das Gewicht der Membran entspricht nur einem Prozent einer vergleichbaren Glaskonstruktion - konnte der Materialaufwand für die ablesbar stählerne Tragkonstruktion auf ein Minimum reduziert werden.

In grösseren Dimensionen bewegt sich das noch nicht ganz fertig gestellte Masoala-Regenwaldhaus im Zoo von Zürich. Es hat eine bogenförmige Dachhülle, deren Pneus mit einer Spannweite von ca. 4m und einer Länge bis zu 106m (vermutlich) die längsten Pneus der Welt sind. Bei diesem Beispiel ist aber auch anzumerken, dass auch dieses Material – trotz der ausgeklügelten Technik - mit den Tücken extremer Witterungen zu kämpfen hat:



Masoala-Halle

So zerstörte ein extrem intensiver Hagelschauer während der Bauphase die ETFE-Kissen, was zu Mehrkosten führte und eine zusätzliche Schutzbeschichtung erforderte. Und doch zeigten sich auch bei dieser Begebenheit die positiven Materialeigenschaften: Im Gegensatz zu herkömmlichen

Dachkonstruktionsbauten entstanden keine Betriebsunterbrechungen durch herabfallende Bauteile. Auch war es nicht nötig die Kissen sofort auszuwechseln, da sich die Konstruktion noch selbsttätig abdichtete, dies lediglich auf Kosten der Isolierung.



Innenhof-Überdachung

Auch im Wohnbau gibt es sehr eindrückliche Beispiele, wie das Projekt „Wohnen 2000“ zeigt. Die Energiebilanz des Gebäudes wird mit einem in den Folienkissen innenliegendem Beschattungssystem gesteuert und erzeugt ein ausserordentlich ausgewogenes Innenlicht.

Auch Kleinbauten, wie z.B. Eingangsdächer mit Edelstahleinfassungen, kombiniert mit Weisser Folie (aus Beschattungsgründen) sind schon als gebaute Beispiele der vielfältigen Anwendungsweise von ETFE-Folien

vorhanden und bewähren sich (Eine mechanische Stabilität der Folie ist aufgrund der geringen Größe und der Dachneigung gegeben).



Vordach

6 Ausblick, Anwendungsbereiche

Mit dem neuen Fußballstadion in München liefern die Architekten Herzog & de Meuron ein eindrucksvolles Beispiel für die lichttechnischen Möglichkeiten von Gebäudehüllen aus Kunststoff in großem Maßstab. Die Hülle aus ETFE-Folien in unterschiedlichen Farben strahlen zu lassen, ist eine überzeugende Lösung für die Nutzung durch zwei Vereine.

Die Vorteile des vorgängig beschriebenen Materials für das Bauwesen werden zu einem verstärkten



Stadionbau München Herzog / de Meuron

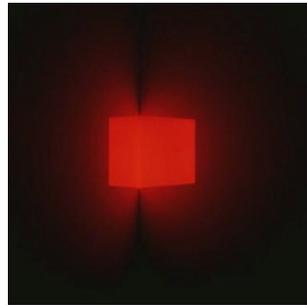
Einsatz der ETFE-Folie führen. Alleine aktuelle Großprojekte (z.B. Fussballstadion München) wie auch geplante Kleinprojekte geben Anlass zu einer positiven Prognose für die Zukunft des wandelbaren Werkstoffs. Auch sind temporäre Baustellen-Installationen prädestiniert dazu, mit diesem Material ausgestattet zu werden (in der Art wie das zur Zeit beim provisorischen Bahnhof Zürich Sihlpost zu erleben ist – jedoch noch mit herkömmlichen Baustoffen).

Für landschaftsarchitektonische Projekte werden ETFE-Folien wahrscheinlich vermehrt bei Grossprojekten und Prestige-Objekten zum Einsatz gelangen. Dies nicht zuletzt dank ihrer Eigenschaft, lichtdurchlässig zu sein. Vor allem die neuartige Ermöglichung von pflanzlicher Photosynthese dank UV-Durchlässigkeit ermöglicht im Bereich der Innenraumbepflanzung eine neue Dimension und ernste Alternative zu der jahrhundertelangen Tradition der Glashaus-Technik. Die vielen Möglichkeiten der Beschichtung bergen denn ebenfalls ein enormes Potenzial an gestalterischer Weiterentwicklung (Bauten als Skulptur, Kunst am Bau). Wobei ich, nebst Freiraumgestaltern jeder Couleur auch an Arbeiten von Künstlern wie James Turrell, denke, die mit ETFE-Folien eine Weiterentwicklung erfahren könnten, onalen Freiraum neue Aspekte wärtigen Diskussion über die Aufblenzonen (z.B. dunkle, unwirt-Konstruktion als Bestandteil einer Stadt Zürich der „Plan Lumière“ ten zum Einsatz kommen, wobei Montagedauern sowie flexibles teile, sowie unterhaltstechnisch Verwendungszweck sprechen.

Für landschaftsarchitektonische Projekte werden ETFE-Folien

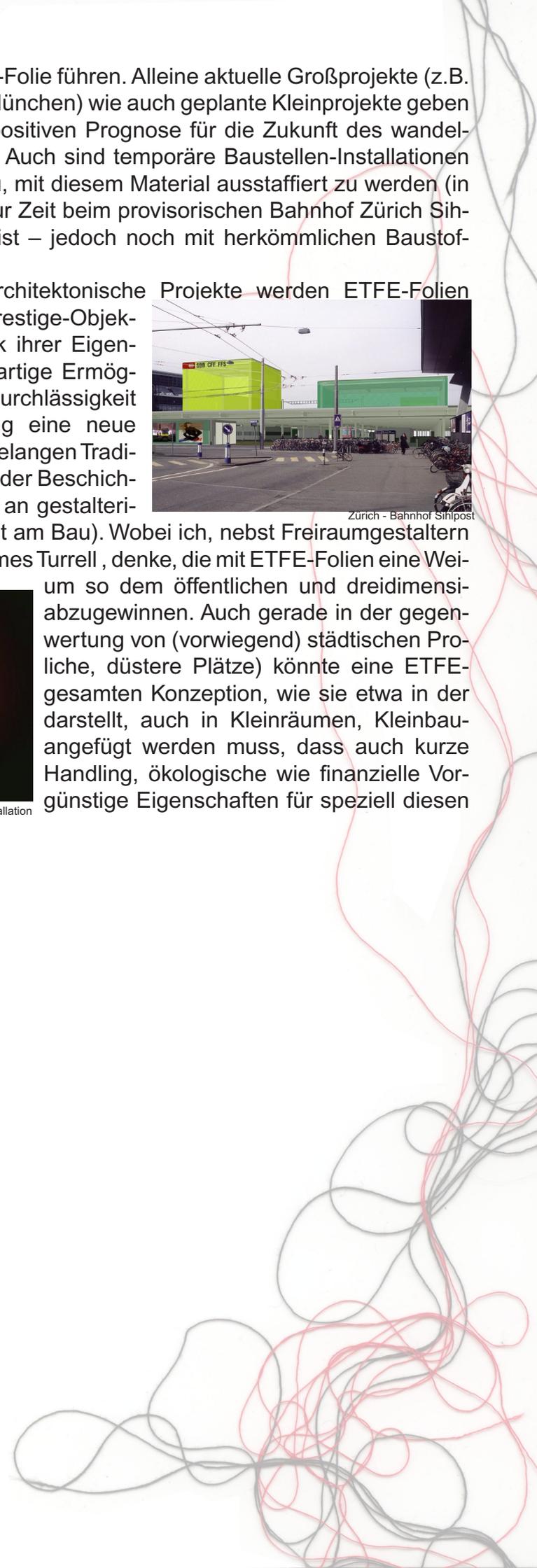


Zürich - Bahnhof Sihlpost



James Turrell Lichtinstallation

um so dem öffentlichen und dreidimensional abzugewinnen. Auch gerade in der gegenwertung von (vorwiegend) städtischen Proliche, düstere Plätze) könnte eine ETFE-gesamten Konzeption, wie sie etwa in der darstellt, auch in Kleinräumen, Kleinbauangefügt werden muss, dass auch kurze Handling, ökologische wie finanzielle Vorgünstige Eigenschaften für speziell diesen



7 Quellenverzeichnis

7.1 Literatur

- Woebcken, Wilbrand: Stoeckert Kunststoff-Lexikon 9. Auflage. Carl Hanser Verlag München Wien.
- Oberbach, Karl: Saechtling Kunststoff Taschenbuch 26. Ausgabe. Carl Hanser Verlag München Wien.
- Hosp, Janine: Lichtdesigner aus Lyon erhellt Zürich; in Tages-Anzeiger 1/2003.
- Fuchs, Richard: Neues Fussballstadion München - Eine Haut aus Kunststoff; in DETAIL 12/2002.
- Kaltenbach, Frank: Künstliche Transparenz; in DETAIL 3/2001.
- Sobek, Werner: Technologische Grundlagen Textilen Bauens; in DETAIL 6/1994.
- Habermann, Karl J.: Zu Luft, zu Wasser und zu Lande – Stationen textiler Konstruktionen; in DETAIL 6/1994.

7.2 Information

- www.titk.de/projekte/transferangebote.htm - Forschung - Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V, Dresden - D
- www.stfi.de - Forschung - Sächsisches Textil Forschungsinstitut, Zwickau - D
- www.textile-architecture.com - Arbeitskreis textile Architektur
- www.tensinet.com - europäisches Netzwerk für Textilbau
- www.sportsvenue-technology.com - Sportanlagenbau-Information
- www.kochmembranen.com -Hersteller
- www.pohlarchitekten.de -Entwicklung, Engineering
- www.tensys.com - Hersteller
- www.buitinkreclame.nl - Hersteller
- www.foiltec.de - Hersteller → empfehlenswert
- www.lt-arch.tu-muenchen.de/forschung/Pneumatik.html - Forschung