

3 Materialien

3.1 Übersicht

Die in der nachfolgenden Tabelle gezeigten Materialien sind für die Verwendung als Dachmembran verfügbar.

Materialien	Klasse	Gewicht [g/m ²] nach DIN 55 352	Zugfestigkeit nach DIN 53 354 in Kette/Schuss [N/5cm]	Knickbeständigkeit	UV-Beständigkeit	Brand-schutz-klasse nach DIN 4102	Trans-luzenz [%]	Be-ständig-keit [Jahre]	Farben	Anwendungs-Gebiete
PVC-beschichtetes Polyester-gewebe	I	800	3000/3000	sehr gut	sehr gut	B1	bis 15	10-15	Standard weiß, fast in jeder RAL Farben erhältlich, bedruckbar	Standard Membransysteme, temporäre Konstruktionen, wandelbare Systeme, permanente Systeme
	II	900	4400/3900							
	III	1050	5750/5100							
	IV	1300	7450/6400							
	V	1450	9800/8300							
PTFE-beschichtetes Glasfasergewebe	S	800	3500/3500	ausreichend	sehr gut	A2 (B1)	Bis 13	>20	Standard weiß, sehr geringe Farbauswahl, zu Beginn braun!	Standard Membransysteme, permanente Systeme, nicht recycelbar
	M	1150	5800/5800							
	L	1550	8000/7000							
Silikon-beschichtetes Glas-fasergewebe		800	3500/3000	ausreichend	sehr gut	A2 (B1)	bis 25	>20	Standard weiß, sehr geringe Farbauswahl, bedruckbar	permanente Systeme, nicht recycelbar
		1270	6600/6000							
ETFE-Folie	50 µm	88	64/56	ausreichend	sehr gut	B1	bis 95	>10	Standard transparent, weiß oder blau, bedruckbar	Folienkissen Anwendung: Schwimmbäder, Gewächshäuser, Zoologische Anlagen, alternative für Glasdächer
	80 µm	140	58/54							
	100 µm	175	58/57							
	150 µm	263	58/57							
	200 µm	350	52/52							

3.2 Membrantypen und -klasse

Je nach Zusammensetzung, Eigengewicht und Festigkeit werden Membrane in Typen kategorisiert und in Klassen unterteilt.

PVC-beschichtete Polyester-gewebe bestehen aus synthetischen Fasern aus Mehrfachestern, die nach dem Webvorgang vorgestreckt werden und anschließend mit einem Weich-PVC beschichtet werden. Die Kurzbezeichnung lautet PES/PVC, kann allerdings auch abweichen. Die Membrane dieser Materialkategorie werden unterteilt in fünf Festigkeitsklassen I-V. Dabei sind Klasse I sehr leichte Membrane mit Geweben aus dünnem Polyester-garn und vergleichsweise geringer Festigkeit und meist nur für temporäre Bauwerke (Zelte, Planen, Sonnensegel) geeignet. Je höher die Klasse, desto schwerer und zugleich fester werden die PES/PVC-Membrane.

Für die Anwendung am ZOB Wiesdorf schlagen wir nach eingehender Prüfung vor, bei der Wahl einer PVC-Membran eine der Kategorie IV zu wählen, um die ausreichende Festigkeit sicherzustellen. Durch die Randbedingungen (allseitig starr gehaltene und vorgespannte Membran mit Trichtereinziehung)

sind leichtere Membrane, die für den Einsatz mit Kederseilen in formaktiven Konstruktionen (Sattelfläche bzw. Hyparkonstruktionen) geeignet sind, nicht in der Lage, die lokal auftretenden Spannungskonzentrationen ausreichend aufzunehmen oder eine sehr flache Spannform anzunehmen.

PTFE-beschichtete Glasfasergewebe sind heute in der Textilen Architektur weit verbreitet. Eine Garn aus synthetischer Glasfaser (Endlosfilamente) wird vorgereckt verwebt und anschließend mit Polytetrafluorethylen (ugs. „Teflon“) beschichtet. Infolge von prozessbedingten Verunreinigungen des PTFE im Herstellprozess erscheint das Produkt zunächst in kaffeebrauner bis beiger Farbe. Durch UV-Einstrahlung werden die Verunreinigungen chemisch abgebaut und die Membran wird weiß. Die „Entfärbung“ ist abhängig von der UV-Intensität. Sie kann von wenigen Stunden bis mehrere Wochen oder gar Monate betragen. Glas-PTFE-Membrane haben einen leicht höheren Lichtdurchlässigkeitsgrad als vergleichbare PES/PVC-Materialien, was der Glasfaser geschuldet ist. Die Fasern selbst sind inert und nicht brennbar, die Beschichtung sublimiert und brennt nicht selbstständig weiter.

Glasfasergewebe sind (neben Sondergeweben) die reissfestesten und tragfähigsten Gewebe, allerdings auch die sprödesten. Die Endfestigkeit wird erst nach mehrmaliger dynamischer Beanspruchung des Gewebes erreicht, die signifikant über dem Vorspannniveau liegen kann. Die Sprödigkeit bedingt, dass die Gewebe zugleich sehr knickanfällig sind. Bei der Herstellung und Montage sowie der Wartung sind besondere Maßnahmen zu treffen, um Falten auf der Membran zu vermeiden.

Falten und Knicke führen durch Querbelastung zu gebrochenen Filamenten, was die Zugfestigkeit des Gewebes stark herabsetzt und als Vorschädigung zu bewerten ist. Hier können bereits nach wenigen Wochen spontane Schäden durch die Vorspannung auftreten. Die Membrane sind daher während der Ausführung im Werk und bei der Montage durch eine geeignete herstellerseitige Produktionskontrolle zu überwachen und durch eine sachkundige Bauüberwachung stichprobenartig zu prüfen und zu bewerten.

Wie bei PES/PVC werden Glas/PTFE-Gewebe in Klassen unterteilt, hier in drei Klassen S,M,L – die Unterteilung ist relativ grob und auch nicht herstellerunabhängig.

Siliconbeschichtete Glasfasergewebe sind relativ neu und teuer, besitzen aber mit über 25% Lichtdurchlässigkeit die größte Transluzenz. Silicone bzw. Siliziumoxane sind anorganische Polymere auf Basis von Sauerstoff und Silicium. Silicone zeichnen sich durch sehr hohe Alterungsbeständigkeit sowie hoher Elastizität aus. Außerdem durch hohe Wärmestabilität. Die so beschichteten Glasfasergewebe sind ideal geschützt.

3.3 Zulassungen

Die jeweiligen Produkte sind in Ausführung und Handhabung sehr stark herstellerabhängig. Das gilt insbesondere für die Membrane, aber auch für alle damit verbundenen Zusatzprodukte wie Kederseile und Halteprofile. Daher existiert außer eines Design Guides der Interessensgemeinschaft Tensinet sowie vereinzelt Produktnormen noch keine einheitliche Normung für Bauwerke aus Textilien, insbesondere nicht für die Bemessung, Konstruktion, Herstellung und Wartung.

Aus diesem Grund wird für ein Membrantragwerk vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) nach begleitender Prüfung durch einen zugelassenen Prüferingenieur und entsprechende Materialversuche eine „Zustimmung im Einzelfall“ (ZiE) erteilt.

Für eine erfolgreiche ZiE sind biaxiale Zugversuche sowohl statisch als auch dynamisch erforderlich. Der Prüfumfang wird durch den Prüferingenieur festgelegt und die Versuche von einem unabhängigen Institut durchgeführt.

3.4 Total Life Cycle Management and Servicing

Unter Total Lifecycle Management and Servicing versteht man die Betrachtung der erforderlichen Maßnahmen für

- Inspektion
- Wartung
- Reinigung
- Reparatur
- Austausch
- Entsorgung

über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks von der Planung und Erstellung bis zur Entsorgung.

3.4.1 Inspektion

Membrantragwerke werden turnusmäßig durch einen Fachkundigen inspiziert und Schäden dokumentiert. Inspiziert wird überwiegend visuell auf Risse und Ablösungen im Bereich der Membranfläche, Nähte und Übergänge. Weiterhin inspiziert werden visuell die Spannvorrichtungen und Anschlüsse.

Die Erstinspektion findet mehrere Wochen nach der Montage statt, wenn sich eine Relaxation eingestellt hat. Sie dient dazu, die erforderliche Vorspannung und Formhaltigkeit zu prüfen und ggf. nachjustieren.

Weitere Inspektionen werden gemeinsam mit dem Hersteller festgelegt und können z.B. alle 2 Jahre erfolgen.

3.4.2 Wartung und Reinigung

Eine Wartung und Reinigung erfolgt ebenfalls turnusmäßig und wird idealerweise mit einer Inspektion zusammengefasst oder alternierend durchgeführt.

Bei Wartung und Reinigung wird die Membranfläche von losen oder lose anhaftenden Verschmutzungen (Laub, Vogelkot) befreit. Das erfolgt mit handelsüblichen milden Reinigungsmitteln sowie Wasser. Abrasive Reinigungsmittel wie Scheuermilch dürfen nicht verwendet werden.

Für hartnäckige Verschmutzungen und Brandrückstände werden vom jeweiligen Textilhersteller entsprechende Reinigungsmittel empfohlen, die für den entsprechenden Zweck geeignet und zugelassen sind.

Die Reinigungsarbeiten können nach vorheriger Einweisung und Erfahrung im Umgang mit den einschlägigen Sicherungssystemen einfach durchgeführt werden. Bei sehr schwieriger Zugänglichkeit empfiehlt es sich, entsprechend erfahrene Industriekletterer zu beauftragen. Dies liegt aber hier nicht vor. Lastverteilende Maßnahmen sind wie bei leichten Dachkonstruktionen obligat.

3.4.3 Reparatur und Austausch

Risse, Löcher und kleinere Schäden können durch die Montagefirma behoben werden. Die entsprechend erforderlichen Maßnahmen wird diese mit dem Betreiber bzw. Eigentümer abstimmen. Meist sind nur kleinere Reparaturflecken erforderlich, bei schwerwiegenden Schäden kann aber auch der Austausch eines Membranfeldes erforderlich werden. Durch die Aufteilung der Fläche in neun Einzelmembrane ist dies unter Verwendung von Spanngurten zur Gegenhalterung problemlos möglich.

3.4.4 Entsorgung

Membrane sind äußerst langlebig im Vergleich zu anderen Dacheindeckungen, sieht man von klassischen Ziegeldeckungen ab. Teilweise sind Membrane bereits über 30 Jahre ohne Qualitätseinbußen oder Mängel im Einsatz. Beispielhaft sei die Überdachung des Ehrenhofes im Bundeskanzleramt genannt, die bereits seit fast 15 Jahren im Einsatz ist und bisher keines Austausches bedurfte.

Sollte ein Austausch nach der Überschreitung der Lebenszeit erforderlich sind, kann die Membran auf Basis von PVC/PES durch aufwendige Aufbereitung teilweise aufgespalten und Ausgangsmaterialien rückgewonnen werden. Bei glasfaserbasierten Membranen wird man diese einer thermischen Weiterverwertung zuführen und die Reststoffe in der Dämmstoffindustrie und Straßenbau einsetzen.

3.4.5 Grundsätzliches

Die TCO (Total Costs of Ownership) sowie die TLC (Total Life Cycle Costs) sind schwierig zu quantifizieren aus folgenden Gründen:

Eine häufigere Reinigung (etwa 1mal jährlich) verbessert nicht nur das optische Erscheinungsbild, sondern verlängert auch die Lebensdauer einer Membran deutlich. Es kann also durchaus sein, dass mit einer Reinigung pro Jahr und entsprechender Inspektion die Membran deutlich länger bestehen bleibt als die vom Hersteller angegebene Zeit. Der Werterhalt ist daher nicht seriös zu quantifizieren.

Weit gefasste Reinigungszyklen sorgen allerdings im Umkehrschluss nicht für eine reduzierte Haltbarkeit, da es u.a. von Luftverschmutzung etc. abhängt.

Die Oberfläche einer Membran verändert sich über die Zeit durch den Einfluss von UV-Strahlung, Schadstoffen und Ozon sowie Beanspruchung. Im sehr seltenen Extremfall kommt es zu einer Ablösung der Beschichtung, was aber bei Glasfasermembranen die Tragfähigkeit nicht herabsetzt, da Glasfaser UV- und schadstoffresistent sind.

Bei PVC-Oberflächen entweichen die Weichmacher (Phtalate) in die Luft, die Membranbeschichtung wird über Jahre verspröden. Ein Abkreiden oder Abkrusen (Abplatzen und Abwaschen kleinster Partikel) wurde bisher nie festgestellt. Bei PTFE und Silicon tritt dieser Effekt nicht auf, da beide keine Thermoplaste im eigentlichen Sinne sind, nicht oder nur mit Chemikalien zu Verspröden sind und keine ungebundenen Weichmacher besitzen.

Generell sollte angemerkt werden: Die Angaben sind sehr stark herstellerabhängig. D.h. trotz Ähnlichkeit der verschiedenen Membrane optisch wie technisch sind bestimmte Detaillösungen mit einem Produkt möglich, mit einem anderen Produkt des gleichen oder eines anderen Herstellers nicht. Hier müssen für die Beratung hinsichtlich des TCO und TLC unbedingt die verschiedenen Anbieter mit einbezogen werden.

3.4.6 Literaturempfehlungen

HUNTINGTON, C. (HRSG.) ET.AL.: *Tensile Fabric Structures: Design, Analysis and Construction*, ASCE 2013

LEWIS, W.J.: *Tension Structures: Form and Behaviour*, Telford 2003

SEIDEL, M.: *Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction*, Ernst u. Sohn 2009