

Durchblicke



Achammer-Tritthart & Partner · Benthem Crouwel Architekten ·
Ingrid Hackermüller-Habenschuss ·
Hadler bis Hausdorf · Georg W. Reinberg ·
SHL Architekten · Schnögass + Partner ·

Bauen mit Membranen

TEIL 3: LICHT UND AKUSTIK

Licht

Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 380 nm (violett) und 780 nm (rot) ist für den Menschen als Licht sichtbar. Strahlung, egal ob von der Sonne oder einer künstlichen Lichtquelle, entsteht durch die Emission von Photonen aus einem erhitzten Festkörper. Die Verteilung und Intensität der emittierten Wellenlängen ist für jede Strahlungsquelle spezifisch. Bedingt durch die jeweilige Lichtzusammensetzung erscheinen von verschiedenen Leuchtmitteln bestrahlte Oberflächen nie im gleichen Farbton. Besonders augenfällig wird dies bei Aufnahmen unter Neonlicht, welche stets stark grünstichig sind.

Die bereits nicht mehr sichtbare Ultraviolett-Strahlung UV-A (315–380 nm) durchdringt ETFE-Folien und Fensterglas und schädigt Farben und Gewebe und lässt die Haut altern. Die noch kurzwelligere UV-B-Strahlung (280–315 nm) durchdringt ETFE-Folien und Spezialglas, bräunt und verursacht bei Überdosis Hautkrebs, entkeimt, bildet Vitamin D und soll das Wachstum von Sportrasen fördern. UV-C (100–280 nm) entkeimt bei 265 nm Trinkwasser, wird aber von der Atmosphäre bei intakter Ozonschicht vollständig absorbiert. Im Gegensatz dazu ist die langwelligere Infrarotstrahlung (IR) (800 nm–1 mm) auf der Haut als Wärmestrahlung spürbar, wobei dunkle Oberflächen stärker als helle erwärmt werden. Der Treibhauseffekt in Glasbauten rührt von der selektiven Durchlässigkeit von Glas, welches kurzwellige IR-Strahlung passieren lässt und Bauteile erwärmt, deren langwelligere Wärmestrahlung (3000 nm–0,4 mm) das Glas fast nicht mehr passieren kann. Der gewünschte Treibhauseffekt stellt sich bei ETFE abgeschwächt und bei PE-Folien gar nicht ein.

Von der Sonne erreichen uns an einem schönen Sommertag 100.000 lx, an einem bedeckten Sommertag 5.000–20.000 lx, an einem sonnigen Wintertag 10.000 lx, an einem trüben Wintertag 400 lx, bei Vollmond 1 lx. Das menschliche Auge erkennt Farben ab 3 lx, die Arbeitsstättenrichtlinie nennt 100 lx für Aufenthaltsräume, 300–500 lx für Büros, 1.000 lx für feinmechanische Arbeiten.

Bei einer Transluzenz der Gebäudehülle von 5–10% (Traglufthalle für Tennis aus PES/PVC Membrane) ist folglich an allen Sommertagen ausreichend Licht vorhanden, sodass tagsüber auf eine zusätzliche Beleuchtung verzichtet werden kann.

Lichttechnische Materialien

(Sämtliche Materialangaben zu Akustik und Licht sind Designwerte. Da unterschiedliche Mess- und Bewertungsmethoden verwendet werden, sind die Zahlen nur eingeschränkt vergleichbar) Mit Auflicht, Durchlicht und Streiflicht, mit wei-

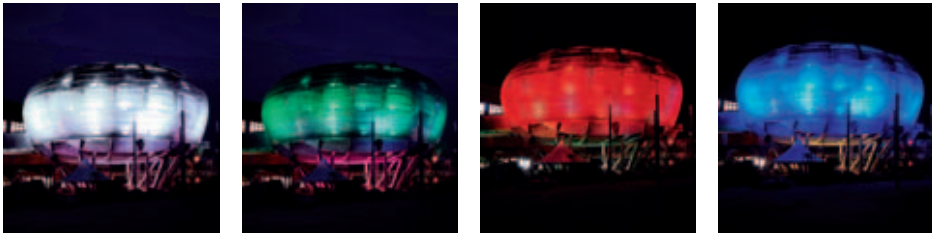
ßem oder farbigem Licht, mit Kunst- oder mit Sonnenlicht kann insbesondere bei silberfarbigem oder hellem Finish die Textur und die Topologie der Membranbauten ins Vielfache gesteigert oder auch aufgelöst werden. Einige Bauten, etwa der Busbahnhof in Offenburg oder das

PES/PVC-Gewebe in Weiß für Membrankonstruktionen, Traglufthallen, Bierzelte, Chapiteaus in B1			
Messmethode: ASHRAE 74–79		Ferrari 702T2 Typ I	Ferrari 1502T2 Typ V
Sichtbares Licht 340-780 nm	Transmission	14%	6%
UV	Transmission	0%	0%

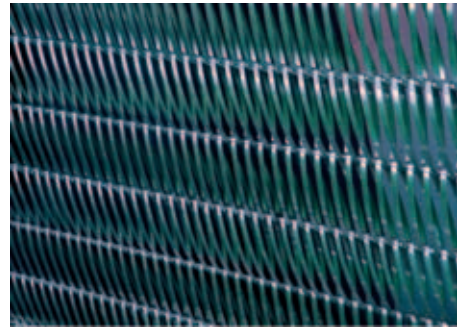
PTFE-Glasgewebe für Membranbauten, Luftkissen in A2/B1			
Messmethode: DIN EN 410		Verseidag Typ 18039	Verseidag Typ 18059
Sichtbares Licht 380-780 nm	Transmission	17%	11%
Sichtbares Licht 380-780 nm	Reflexion	77%	80%
UV	Transmission	0,1%	0,1%

Glasgewebe mit Flurfolienlaminat für Membranbauten, Luftkissen in B1		
Messmethode: DIN EN 410		Verseidag Typ 18901
Sichtbares Licht 380-780 nm	Transmission	43%
Sichtbares Licht 380-780 nm	Reflexion	44%
UV	Transmission	keine Angaben

Schattengewebe für Markisen und Messestände von Ferrari mit Rk K/S 3100/2100 N/5cm in B1			
Messmethode: DIN EN 410		Soltis 92-2044 Weiß	Soltis 92-2051 Alufarben
Sichtbares Licht 380-780 nm	Transmission	20%	11%
Sichtbares Licht 380-780 nm	Reflexion	78%	50/78% Silber/weiß
Abminderungsfaktor des Schattengewebes vor 6,3-mm-Klarglas	(je kleiner der Wert, desto wirksamer die Verschattung)	0,23	0,13



Fotos: Berteismann



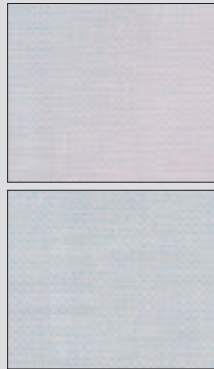
planet m mit Edelstahlnetz Escala

Edelstahlnetz des Planeten m oder die Reichstagsverhüllung sind Gesamtkunstwerke, bei denen die Transparenz, Transluzenz und

Reflexion der Hüllwerkstoffe die Basis für die Interaktion mit Form und Licht ist.

PTFE-Gewebe für Lichtdecken und Messestände von Gore, Rk K/S 4200/4000 N/5cm in B1

Messmethode: ASTM E903		4T20	4T40
Sichtbares Licht 450-650 nm	Transmission	19%	38%
Sichtbares Licht 450-650 nm	Reflexion	81%	62%
UV-Licht 350 nm	Transmission	1%	32%
UV-Licht 350 nm	Reflexion	33%	67%



ETFE-Folien für Gewächshäuser, Tiergehege, Schwimmbäder, Solarkollektoren von Nowofol in B1

Messmethode: DIN 5036- Ulbrichtkugel mit Glühlampe		Nowoflon 6235 Klar 200 my	Nowoflon 6235 Weiß 200 my
Sichtbares Licht 380-780 nm	Transmission	95%	40-50%
Sichtbares Licht 380-780 nm	Streulicht	10%	40-45%
Sichtbares Licht 380-780 nm	Geradliniger Lichtdurchgang	85%	5%
Energiedurchlassgrad		92%	
		Nowoflon 6235 klar 100 my	Nowoflon 6235 Weiß 200 my
UV-A 320-380 nm	Transmission	83%	7%
UV-B 280-320 nm	Transmission	<60%	<5%
Opazität		7%	50%



Busbahnhof Offenburg

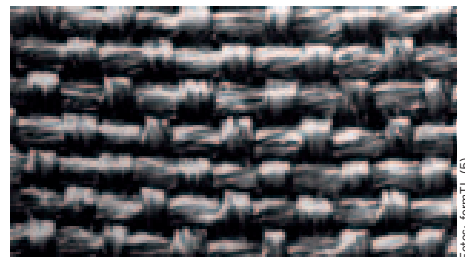
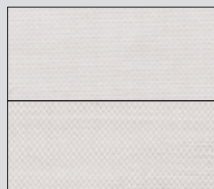
ETFE-Kissen für Gewächshäuser, Tiergehege, Schwimmbäder

Messmethode: DIN 67507		ETFE 200-80-200	
Sichtbares Licht 380-780 nm	Transmission	77%	
UV	Transmission	57%	
	Gesamtenergie- durchlass	80%	



PTFE-Gewebe für Lichtdecken, Diffusoren von Leuchtenkörpern, Raumteiler von Koch Membranen mit Reißkraft 1150/1050 N/5cm, 150 gr/m² in B1

Herstellerangabe		Helioflon natur	Helioflon weiß
Licht	Transmission	89%	83%
	Streulichtanteil	>80%	>80%



Reichstagsverhüllung Alubedampften PP-Gewebe

Fotos: formTL (5)

Pneumatische Verschattung

Helligkeit benötigt Transfermaterialien mit einer hohen Transluzenz, Schatten benötigt Materialien mit geringer Transluzenz. Übliche Methoden der Entblendung, Schattenbildung und Verdunklung sind Markisen und Sonnenschirme, Lamellen, Rollos, Glasbeschichtungen, Glas-Lichtlenk-systeme und wandelbare Dächer.

Helligkeit und Schatten nach Bedarf sind konträre Ziele und dennoch mit den gleichen Membran- und Folienmaterialien machbar: In den letzten Jahren entstanden zwei Bauten mit völlig neuer Verschattungstechnik: Die Atrien des Festo-Technologiezentrums in Esslingen und die CycleBowl, der Expostand des Dualen Systems

in Hannover. Die drei Festo-Atrien haben ein 3-lagiges Folienkissendach (aus Einzelkissen 2,4 x 26 m). Deren mittlere und äußere Folie sind gegenläufig schachbrettartig bedruckt und werden durch Veränderung der Kammerdrücke zur Deckung oder auf maximale Entfernung gebracht. Die Varianz der Lichtdurchlässigkeit liegt zwischen 10% und 50%.

Das selbe Prinzip, allerdings mit einem amorphen Pflanzenmuster wurde an der 3-lagigen Folienfassade des Dualen Systems angewendet. Das Folienkissendach des Dualen Systems besitzt eine sehr effiziente und dabei überaus simple pneumatische Verschattungsanlage.

Zwischen den beiden ETFE-Folienlagen spannt eine Seilschar mit Folienschläuchen. Ist Tageslicht gewünscht, so wird die Luft aus den Folienschläuchen abgelassen. Soll verdunkelt werden, wird solange Luft in die Folienschläuche eingeblasen, bis diese als Folienbeams dicht an dicht stehen.

Mit den witterungs- und staubgeschützten Folienschläuchen kann der Lichtdurchgang beliebig zwischen 10% und Vollverdunklung eingestellt werden.



Foto: Andreas Braun



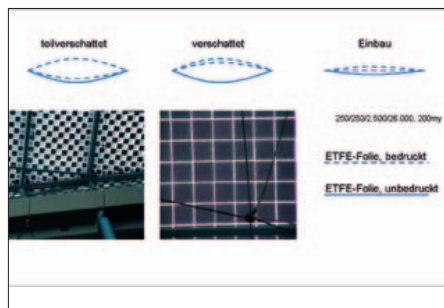
CycleBowl



Fotos: form TL (3)



Festo-Kissen



Festo-Aufbau-Folienkissen



Foto: Cenotec

Lichtpaneele

Akustik

Unerwünschte Geräusche sind unangenehm, Lärm beeinträchtigt, Dauerlärm oder extreme Lärmpegel schädigen. Lärm mindert die Lebensqualität, unabhängig davon, ob wir uns im Freien oder in Räumen aufhalten, und unabhängig davon, wo und wie der Lärm entsteht.

Lärm ist eine individuelle Mischung aus Frequenzen mit verschiedenen Schallpegeln. Lärm hat deshalb eine physikalisch messbare

Menge an Schallenergie, gegen die auch physikalisch wirksame Maßnahmen möglich sind. Da die Schallmaßeinheit Dezibel (dB) eine logarithmische Größe ist, bedeuten 3 dB mehr eine Verdopplung der Schallenergie und 10 dB eine Verdopplung der vom Menschen wahrgenommenen Lautstärke. In gleichem Maße bewirken 3 bzw. 10 dB weniger eine Halbierung der Schallenergie bzw. Halbierung der Lautstärke.

	Schalldruckpegel
Irreparable Gehörschädigung	150 dB
Schmerzgrenze	130 dB
Autobahn	80 dB
Angeregtes Gespräch im schallharten Besprechungszimmer	60 dB
Obergrenze für konzentriertes Arbeiten	50 dB
Gespräch	35-45 dB
Ticken einer Armbanduhr	20 dB

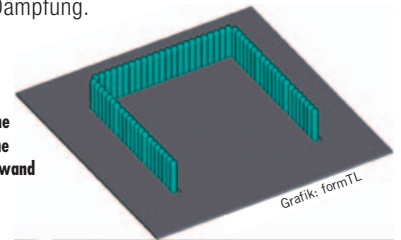
Wir unterscheiden 2 Aufgaben: Außenlärm abhalten und Innengeräusche dämpfen.

1. Luftschalldämmung

Die bekannte und bewährte Methode ist, dem Außenlärm Masse zur Aufnahme der Schallenergie gegenüberzustellen; etwa eine massive Hauswand, ein Erdhügel, ein Gebäude, Schallschutzfenster mit schweren Rahmen und dicken Glasscheiben, wobei steife Werkstoffe im jeweiligen Resonanzbereich deutliche Einbrüche aufweisen. Materialien für Lärmschutzwände müssen zum Beispiel nach deutscher Bundesimmissionschutzverordnung den auf die Wand treffenden A-bewerteten Schall (hier wird das frequenzabhängige Hörempfinden des Menschen berücksichtigt) um mindestens 25 dB(A) dämpfen. Für Außenwandbauteile von Gebäuden wird in der Regel ein Schalldämmmaß von ≥ 30 dB gefordert, welches je nach Ruhebedarf der

dahinter liegenden Räume und der Größe des Außenlärms auf bis zu 50 dB ansteigen kann. Alternativ zu schweren Wänden oder mehrschichtigen Leichtbauwänden gibt es von Heywinkel Zweiwandgewebe aus PES/PVC mit Abstandsfäden, aus denen 22 mm (erhältlich in 22, 50, 67, 150, 200 und 335 mm) dicke biege-weiche planparallele Wandscheiben hergestellt werden können, die entweder wie Schlauchboote mit Luft aufgeblasen werden und dann immerhin 18 dB bringen, oder die sich mit Quarzsand reversibel befüllen lassen, und dann mit 38 dB aufgrund der fehlenden Resonanzfrequenzen einer 100 mm dicken Betonwand ebenbürtig sind. Besonders geeignet sind diese ebenen Membranwände für temporäre Baustellen und

temporäre Messebauten. Reicht ein etwas geringerer Dämmwert, so sind extrem leichte und selbsttragende pneumatische Schallschutzwände aus Membrane oder Folie mit 1–3 kg/m² ein Lösungsansatz. Mit ihnen können modulare und auch freie Formen mit kürzesten Montage- und Demontagezeiten realisiert werden. Interessanterweise verbessert sich durch hohen Stützluftdruck die niederfrequente Dämpfung und verschlechtert sich die höherfrequente Dämpfung.



Materialien für die Schalldämmung

Zum Vergleich: Das bewertete Schalldämmmaß einer Einfachglascheibe liegt bei 30 dB, das einer Isolierglascheibe bei 42 dB

ETFE-Folie				PES/PVC-Gewebe 1-lagig			
Herstellerangabe	1-lagig	2-lagig	3-lagig	Messmethode: DIN 52210	640 gr (Typ I)	1500 gr (Typ V)	3000 gr (Typ VII)
Bewertetes Schalldämmmaß	2 dB	4 dB	6 dB		10 dB	12 dB	16 dB
PES/PVC-Gewebe 2-lagig							
Messmethode: DIN 52210	Abstand der Gewebe	2x 1.000 gr (Typ III)	2x 3.000 gr (Typ VII)				
	5 cm	15 db	24 db				
	50 cm	22 db	32 db				
				Zweiwandgewebe 2081, Rk K/S je Seite 3000/3000 N/5 cm, 22 mm dick			
				Messmethode: DIN 52210	aufgeblasen	mit Perlitefüllung	mit Quarzsandfüllung
Wandgewicht		2 kg/m ²	4 kg/m ²	27 kg/m ²			
Bewertetes Schalldämmmaß		15 dB	20 dB	38 dB			

2. Schallabsorption

Die bewährte Methode der Raumdämpfung, den Innenlärmpegel und die Nachhallzeit zu verkleinern, sind schallabsorbierende Oberflächen, etwa schwere Stoffe, Polstermöbel, Teppichböden. In moderner Architektur wird zunehmend schallhartes Glas- und Sichtbeton verbaut. Die Sprachverständlichkeit leidet unter hohen Innenraumlärmpegel und Nachhallzeiten von mehreren Sekunden. Besonders ungünstig wirken konkave Wandflächen, da sie den Schall fokussieren. Bei schlechter Sprachverständlichkeit wird instinktiv lauter gesprochen, da die niederfrequenten Grundtöne der Sprechenden sich mit den niedrigen Resonanzfrequenzen der Räume verstärken (bei Räumen < 120 qm liegt die Resonanzfrequenz zwischen 50 und 200 Hz), was die Gespräche sehr anstrengend macht. Hier helfen Tiefen- und Breitbandabsor-

ber. Wenn kein Platz für opake Schallsorber vorhanden ist oder ein spezielles Absorberfrequenzspektrum benötigt wird, bieten sich Absorber aus transparenten Folien oder mikroperforierten transparenten Folien an.

Bei mikroperforierten Folien schwingt die Luft in vielen nebeneinander angeordneten Löchern als Masse zusammen mit der im Zwischenraum eingeschlossenen Luft als Feder in der Art eines Masse-Feder-Systems. Die Absorberfrequenz und der Wirkungsgrad kann rechnerisch durch die Wahl der Absorberdicke, Lochgröße und Lochabstand, Lagenzahl und Abstandsmaße im Voraus berechnet werden. Damit ist eine Pegeldämpfung um 4–5 dB im Bereich zwischen 500 und 2.000 Hz erreichbar und eine Halbierung der Nachhallzeit. Die verbesserte Sprachver-

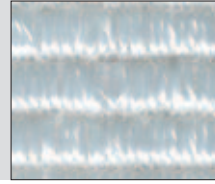
ständlichkeit ermöglicht zum Beispiel verständliche Lautsprecherdurchsagen und eine wirksame Musikeinspielung.

Aufgespannte oder frei hängende glasklare Folien, einzeln oder im Verbund mehrerer Folien, die gelocht und ungelocht als Breitbandabsorber Frequenzen zwischen 100 und 3150 Hz dämpfen, können auf Grund der hohen Absorberleistung und Unempfindlichkeit sogar in Schwimmbädern eingesetzt werden. Da sie transluzent sind, können sie sogar vor Glas und Sichtflächen montiert werden. So etwa im Freizeitbad „die Welle“ in Gütersloh: Hier wurden Folienabsorber aus zwei 100-my PC-Folien mit 30 mm Abstand vor der Deckenholzschalung montiert angebracht. Der Lärmpegel konnte um 4 dB reduziert und die Nachhallzeit halbiert werden.

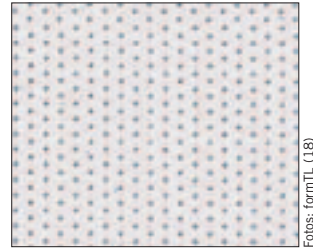
Materialien für die Schallabsorbtion

Näh- und bedruckbarer Vliesverbundwerkstoff Polyester/Trevira, weiß, für akustisch wirksame Lichtdecken von Koch Membranen mit Reißkraft 260/1500 N/5cm, extreme Reißdehnung von >55%, 550 gr/m², 3,5 mm Dicke, in B1

Messmethode: BS EN 20354		Licht- und Akustikgewebe
Schalldämpfung 500–5.000 Hz	Absorbtionsgrad	0,7
Sichtbares Licht	Transluzenz	5%



Microperforierte Folie



Fotos: formTL (18)

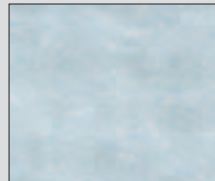
Mikroabsorbergewebe IMG 2500 Low E von Polymade: Glasgewebe mit beidseitiger Fluorpolymerbeschichtung. Rk 3.700/3.200 N/5 cm, 330 gr/m², 0,3 mm Dicke, in A2

Herstellerangabe		Licht- und Akustikgewebe
Schalldämpfung	Absorbtionsgrad	0,8
Sichtbares Licht	Transluzenz	40%
Durchsicht	Transparenz	10%

Die akustisch wirksame Lochmaske entsteht, indem das frisch beschichtete Gewebe mit Luft durchblasen wird und die Kreuzfugen des leinwandgebundenen EC-9 Glasgewebes freigelegt werden. Die Materialfestigkeit wird durch die 0,1 bis 0,2 mm großen Öffnungen nicht verändert. Alufarben.

Flexibler Polyesterdämmstoff Dicke 10 bis 100 (bzw. 180) mm, in B1.

Messmethode: BS EN 20354	WLG 040,	WLG 035,	WLG 035,
Absorbtionsgrad bei	20 mm	50 mm	100 mm
100 Hz	0,1	0,1	0,2
200 Hz	0,2	0,4	0,6
500 Hz	0,5	0,9	0,9
1.000 Hz	0,6	0,9	1,0
4.000 Hz	0,7	0,9	1,0



Je schwerer (die Wärmeleitgruppe 035 ist akustisch und thermisch wirksamer als Wärmeleitgruppe 045) und dicker das Flies ist, desto stärker dämpft es auch niedrigere Frequenzen. Mit Dämmstoff-Matten thermisch konditionierte Membranbauten sind automatisch schallschutztechnisch optimiert!



Fotos: Koch Membranen

3. Reflexion

Neueste Untersuchungen an realisierten Bauten, etwa dem Domaquarée in Berlin, den Atrien des Technologiezentrums von Festo oder dem Parkbad Velbert zeigen, dass sich insbesondere die massearmen ETFE-Folien gegenüber Glas nachhallreduzierend und somit günstig auf die Raumakustik auswirken.

Parkbad Velbert

Fazit

Die lichttechnischen Qualitäten (Helligkeit, UV, Projektion...) von Membranen und Folien sind seit langem bekannt und werden bei Tiergehegen, Bäder- und Messebauten und Tropenhallen, etwa Edengarden in Cornwall oder dem Tropical Island in Berlin Brand virtuos eingesetzt. Unbekannter sind die akustischen Qualitäten von Membranen und Folien, deren Formensprache sich eben erst entwickelt.