

Akustik und ganzheitliche bauphysikalische Behandlung von Membranbauwerken

Klaus Sedlbauer,

Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de

Einleitung

Aus der modernen Bautechnik sind Folien und Membranen heute nicht mehr wegzudenken - sei es in der Verwendung als Trennschicht zwischen anderen Materialien, als funktionale Schicht wie z.B. als Dampfbremse oder als eigenständiges Bauteil. Aus diesem Grund werden Folien oder Membranen mittlerweile neben Stein, Glas, Holz und Metall auch als 5. Baustoff bezeichnet. Besonders in jüngster Zeit werden aufgrund prestigeträchtiger Bauten wie der Allianz-Arena in München, dem Garden-Eden-Project in England oder dem Tropical-Island in Brandenburg (Abb. 1), Membranen in der Öffentlichkeit auch vermehrt als eigenständiger Baustoff wahrgenommen, mit dem sich vollständige Gebäudefassaden und -dächer realisieren lassen. Trotz jahrelanger Konjunkturlaute im Baubereich verzeichnen die Anbieter des konstruktiven Membranbaus nach eigenen Angaben zurzeit zweistellige Zuwachsraten. Dieser Erfolg ist vor allem dem neuartigen und optisch ansprechenden Charakter solcher Konstruktionen zuzuschreiben. Zudem ist diese Bauweise leichter, flexibler und preisgünstiger als konventionelle Gebäudehüllen aus Glas, Metall oder starren Kunststoff-Elementen. Der Materialaufwand dieser Systeme ist gering und die Materialien lassen sich sortenrein recyceln. Aufgrund ihres geringen Gewichts und der daraus resultierenden filigraneren Tragkonstruktion sind sie im Bau nicht nur deutlich kostengünstiger als herkömmliche Bautechniken, sondern in Bezug auf architektonische Vielfalt sowie - zumindest in den meisten Klimazonen - hohen Einsturzsicherheit auch konkurrenzlos. Besonders vor dem Hintergrund der tragischen Vorfälle im Winter 2005 / 2006, als mehrere Dächer unter hoher Schneelast eingestürzt sind, ist die Oberflächenstruktur, die zum Abrutschen des Schnees führt, von besonderer Bedeutung. Die konstruktiven, bautechnischen und physikalischen Möglichkeiten sind darüber hinaus bei Weitem noch nicht ausgeschöpft, viele noch nicht einmal angedacht. Gleiches gilt auch für die verwendeten Materialien, deren Veredelung und Verarbeitung.



Abbildung 1: „Tropical Island“ in Brandenburg. Künstliches Südseeklima in der größten freitragenden Halle der Welt. Ansicht von außen und von innen.

Technischer Status Quo und Marktsituation

Das Marktsegment aufgeblasener Folienkissen kann als Wand- und Dachsystem bisher nur von wenigen, kleinen und mittelständischen Industrieunternehmen bedient werden. Für Membrankissen-Anwendungen wird nach Aussagen verschiedener Hersteller in den nächsten 10 Jahren bei vorsichtiger und äußerst konservativer Schätzung eine jährliche Gesamt-Baufläche von bis zu 2 Millionen Quadratmetern entsprechend einem Volumen von 750 Mio. Euro erwartet. Technologische Vorreiter und globale Marktführer auf dem Gebiet des konstruktiven Membranbaus sind hauptsächlich deutsche Firmen, insbesondere bei Membrankissen-Systemen, siehe z.B. Abb. 2. Die Dynamik des Marktes führte in den letzten Jahren dazu, dass Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nicht in großem Maßstab durchgeführt werden konnten, was zur Folge hat, dass die Industrie sowie Architekten eine fehlende wissenschaftliche Kompetenz sowohl im Forschungs- als auch im Entwicklungsbereich beklagen. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat in dieser Situation begonnen, diese Technologie aus bauphysikalischer Sicht wissenschaftlich aufzuarbeiten.

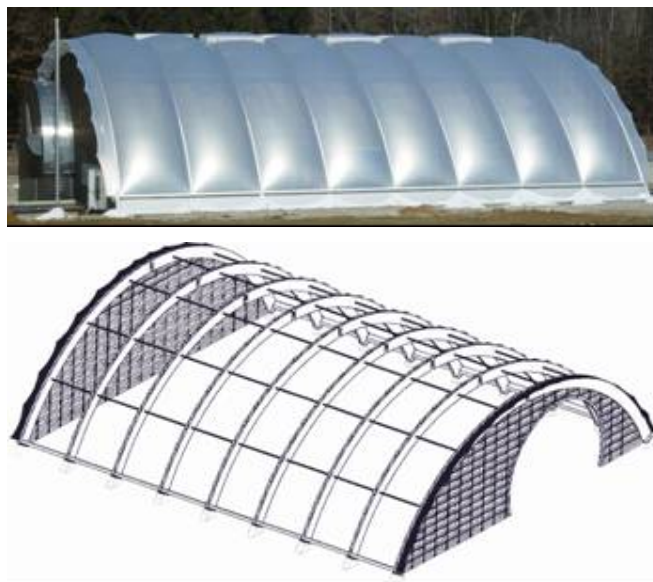


Abbildung 2: Außenansicht Membrankissen-Versuchsdach.

(unten) Foto der Membran-Halle nach der Fertigstellung. Auf beiden Seiten sind die Zwischenräume der Träger mit jeweils 8 Membrankissen ausgefacht.

(oben) Schematische Darstellung der Tragkonstruktion aus Brett-schichtholz auf denen die Membrankissen mittels Aluminium-Klemmprofilen befestigt sind.

Bauphysikalische Einflussgrößen am Beispiel von ETFE-Folienkissen

Der Vorteil der Membranbauweise liegt eindeutig im geringen Gewicht und den damit realisierbaren weiten freitragenden Konstruktionen. Damit verbunden ist allerdings auch ein deutlicher Nachteil, nämlich die geringen Speichermassen. Sowohl für den Wärmedurchgang als auch bei der Schalltransmission gibt es kaum verfügbare dämpfende Massen. Bauphysikalische Einflüsse wirken daher wesentlich direkter als im herkömmlichen Massivbau. Die wissenschaftlich relevanten bauphysikalischen Bereiche in diesem Zusammenhang sind Akustik, winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz, solare Einstrahlung, Feuchteschutz und darüber hinaus auch biologische sowie chemische Effekte (Abb. 3).

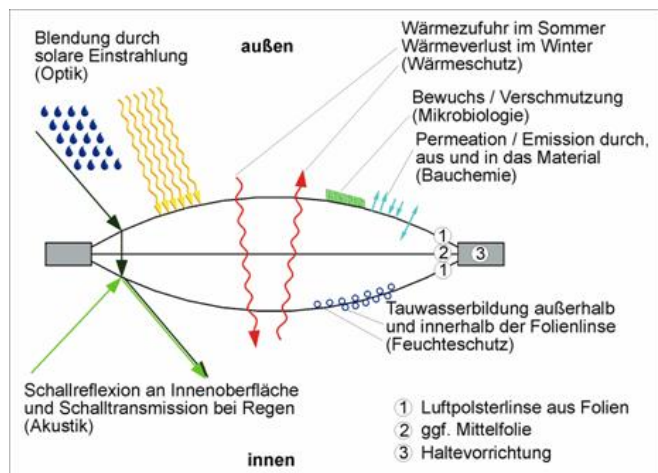


Abbildung 3: Schematische Darstellung der bauphysikalischen Besonderheiten an Membrankissen-Systemen

Aufgrund der geringen Materialdicken, der großen Zwischenräume und der hohen Lichtdurchlässigkeit z.B. von ETFE-Folien findet im Wesentlichen der Wärmetransport durch die Kissen über Konvektion und Strahlung statt. Wärmeleitung ist allerdings an den Klemmprofilen ausschlaggebend. Im Winter bedeutet dies u. U. hohe Wärmeverluste, die durch entsprechendes Heizen ausgeglichen werden müssen.

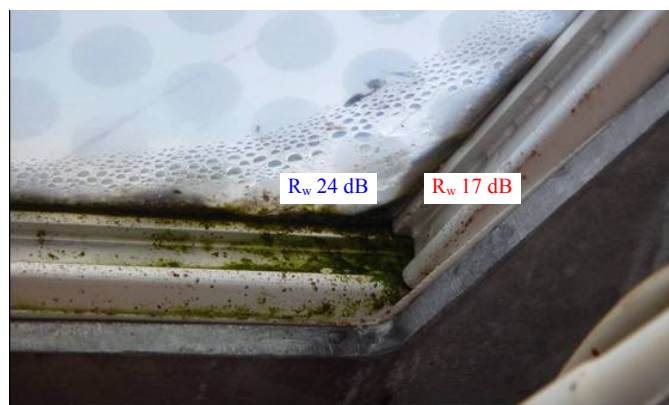


Abbildung 4: Kondensatbildung in und auf dem Folienkissen sowie infolge davon Algenbewuchs an den Randausschlüssen als Beispiel für bauphysikalische Probleme.

Im Sommer hingegen heizt sich dann der Innenraum zusätzlich auf; die unerwünschte Wärme muss abgeführt werden. Begünstigt wird die sommerliche Aufheizung bei transparenten Systemen auch durch die solare Einstrahlung, die außerdem zu Blendung führen kann. Bei großen Temperaturunterschieden unter- und oberhalb einer Membran kann es außerdem zu Tauwasserausfall kommen, der einerseits unansehnlich, andererseits aber auch schädigend für die Konstruktion wirken kann. Die Beschichtungen heutiger High-Tech-Materialien sind zwar kaum anfällig für Bewuchs, wohl aber die Anschlüsse und Trägerkonstruktionen. An diesen Stellen kann sich bedingt durch ausfallendes Tauwasser unansehnlicher Algenbewuchs (Abb. 4) oder teilweise auch die Gesundheit beeinträchtigender Schimmel bilden.

Akustische Besonderheiten

Die spezifischen Eigenschaften der Folienkissen führen an sich nicht zu neuen akustischen Phänomenen, aber einige Aspekte erhalten eine besondere Ausprägung. Dazu zählen die geringe Schalldämmung, die mitunter drastischen Regengeräusche sowie die auffällige Raumakustik. An diesem Beispiel der raumakustischen Verhältnisse in einem Atrium mit einem Dach aus Folienkissen lässt sich dies illustrieren, siehe Abb. 5.

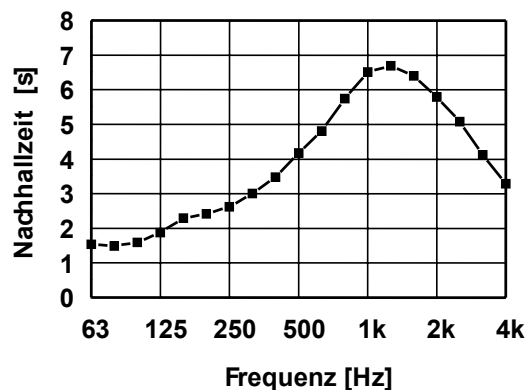


Abbildung 5: Im mit Folienkissen-Dach ausgestatteten Atrium (ca. 15000 m³) gemessene Nachhallzeit.

Der typische Frequenzverlauf der Nachhallzeit lässt sich gut erklären: Die bei tiefen Frequenzen sehr niedrige Nachhallzeit geht maßgeblich auf die hohe Schalldurchlässigkeit des Foliendaches zurück. Resonanzeffekte im tieffrequenten Bereich sind - analog zur Schalldämmung - kaum zu erkennen. Zu hohen Frequenzen wirkt das Foliendach mehr und mehr reflektierend. Als Folge dessen verstärken diese Räume die mittleren Frequenzen überproportional. Gerade im wichtigen Hör- und auch Sprachfrequenzbereich zwischen 500 Hz und 2 kHz stellt sich dann eine besonders lange Nachhallzeit ein. Als Folge dessen sind Nutzungen für Sprache oder sogar Musik schwer zu akzeptieren. Genau dort muss daher die gezielte Bedämpfung ansetzen, z.B. mit einer weiteren Spielart dieses Baustoffes, den mikroperforierten (transparenten, transluzenten) Folien.

Es zeigt sich, dass die bauphysikalischen Herausforderungen bei Membranbauwerken bereits mit kompatiblen Lösungen behandelt werden können. Zugleich werden sie Gegenstand weiterer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bleiben.