

Erhalten durch Modernisierung, Membrandächer refreshed

In den 1990er-Jahren wurden in Europa viele Membranprojekte realisiert. Nach teilweise über 30 Jahren Nutzungsdauer stehen bei einer Vielzahl dieser Bauwerke nun Dacherneuerungen an. Ziel ist es, sie langfristig weiterzunutzen, ihre ursprüngliche Attraktivität wiederherzustellen und die Standsicherheit für die nächsten Jahre zu bewahren. Die präsentierten Beispiele zeigen unterschiedliche Gründe für die Sanierung, aber auch unterschiedliche Herangehensweisen an die Modernisierung.

Stichworte Membranbauten; Hüllentausch; Dauerhaftigkeit

1 Einleitung

Viele Membranbauten sind in den 1990er-Jahren entstanden. Nach teilweise über 30 Jahren Nutzung müssen die Membranen nun teilweise erneuert oder saniert werden. Bei einigen dieser Projekte war der Autor bereits in die ursprüngliche Planung involviert. Teilweise auch in die regelmäßigen Baubegehungen, die ein wesentlicher Baustein sind, um Membranbauten dauerhaft zu erhalten. Die persönlichen Erfahrungen bei der ursprünglichen Planung und der Begutachtung im Betrieb fließen jetzt in die aktuelle Planung mit ein.

Das vorhandene Projektarchiv von formTL beinhaltet auch die Projekte von IPL. Das Büro formTL ist im Jahre 2004 aus dem Ingenieurbüro IPL hervorgegangen. Die 1974 gegründete IPL war eines der Ingenieurbüros, die wesentlich bei der Entwicklung und Etablierung der Membranbauweise mitgewirkt hatten. Hier sind also 50 Jahre Erfahrung im Membranbau vereint. Viele dieser Projekte wurden bereits digital geplant. Die Modernisierungsplanung kann somit schnell mit den vorhandenen Daten erfolgen.

Folgende Beispiele zeigen bereits fertiggestellte Erneuerungen der letzten Jahre sowie drei Projekte, die noch in der Planungs- und Umsetzungsphase sind.

2 Freilichtbühne Tecklenburg

Die Freilichtbühne in Tecklenburg bekam 1993 ein fahrbares Witterungsschutzdach. So hat man das Ambiente einer Open-Air-Tribüne und kann auch auf die Witterung reagieren, um Sonnen- und Regenschutz zu erhalten. Die 1200m² große Überdachung schützt 2000 Zu-

Conserved through modernisation, membrane roofs refreshed

Many membrane projects were realised in Europe in the 1990s. After more than 30 years of use in some cases, many of these structures are now due for roof renewal. The aim is to continue using them on a long-term basis, restore their original attractive appearance and preserve their stability for many years to follow. The examples presented show different reasons for renovation, but also different approaches to their modernisation.

Keywords membrane structures; envelope replacement; durability

schauer – Bühne und Akteure wurden nicht überdacht, was bis heute so blieb [1].

Das Tragwerk besteht aus sechs unterschiedlich weit spannenden Seilbindern mit verschiedenen hohen, geneigten und abgespannten Knickstützen. Unter den Seilbindern hängen fünf Längsträger, die zugleich Fahrschienen sind, an denen sich die Membranbogen mithilfe von Laufwagen bewegen. Daran befestigt sind doppelagige Membranen, die zu pneumatischen Kissen aufgeblasen werden und so ihre Windstabilität erhalten.

Nach der Begehung im Jahr 2010 wurde entschieden, die Dachhaut zu erneuern [2]. Sie war durch die vielen Fahr- und Faltvorgänge deutlich angegriffen (Bild 1). Ende 2015 wurde die Dachhaut demontiert, Anfang 2016 wurden neue Zuschnitte geplant, im Sommer konfektioniert und im Herbst montiert (Bild 2). Die Membrankissen wurden erneuert, die Leistung der Stützluftanlagen gesteigert und die Luftversorgung aus Alu-Wickelfalzrohr wurde durch dauerhaft flexible Kunststoffschläuche



Bild 1 Dach vor der Sanierung während einer Aufführung (Quelle: Freilichtbühne Tecklenburg)
Roof before refurbishment during a show



Bild 2 Dach nach der Sanierung im geschlossenen Zustand (Quelle: R. Borgmann)
Roof after refurbishment in closed position

mit eingelegerter Spirale ersetzt. Die Entwässerungspunkte wurden überarbeitet und weitere Kabeltaschen eingebracht. Der Primärstahl und die Seile wurden gereinigt und ausgebessert, der Sekundärstahl aus- und mit neuen Verbindungsmitteln wieder eingebaut.

Membranen altern unterschiedlich schnell: Feste Konstruktionen haben i. d. R. eine Nutzungsdauer von 15 bis 30 Jahren. Bei beweglichen Konstruktionen geht man von etwa zehn bis 15 Jahren aus, da Bewegungsvorgänge die Beschichtung und die Fasern strapazieren und sich die Festigkeit des Gewebes dadurch schneller reduziert. Beim Austausch wurde deshalb auf ein besonders knickstabiles Material geachtet, das nach Herstellerangaben 100.000 Knickvorgängen standhalten soll.

Damit die Zustimmung im Einzelfall der obersten Bauaufsicht ihre Gültigkeit behält, wurde die Verbindung der Membranbahnen wieder mit einer Kombinaht ausgeführt, bei der zunächst genäht und dann mit einer hier 40 mm breiten HF-Naht überschweißt wird. Solch aufwendige Verbindungen werden schon lange nicht mehr serienmäßig gefertigt, da die Nadeln tragende Fasern durchstoßen und das Gewebe schwächen und durch die Nadelstiche Luft entweichen kann. Heute werden die Nähte üblicherweise etwas breiter gewählt und nur HF-verschweißt.

3 Stadion Bari

Das Stadion San Nicola in Bari hat eine Kapazität von 60.000 Plätzen. Über der Tribünenkonstruktion befinden sich im hinteren Bereich schalenförmig anmutende Membranfelder, die vorderen Sitzreihen sind nicht überdacht. Diese in insgesamt 26 radiale Achsen unterteilte Dachkonstruktion besteht aus gebogenen Kragarmen, zwischen denen an einem inneren und äußeren Ringträger unterspannte Stahlbögen die Membraneindeckung stützen. Die bisherige Dacheindeckung bestand aus einem zusammenhängenden Membranfeld zwischen jeweils zwei Kragarmen, das sich auf die drei dazwischenliegen-

den Bögen abstützt. Gegen Windsog lagen Kehlseile auf den Membranen, die sich im unteren Bereich zu den Bogenauflagern hin verzweigten. Die Membrane war ein PTFE-beschichtetes Glasgewebe.

Das Stadion wurde im Juni 1990 eröffnet. Über die Jahre sind immer wieder Schäden an den Membranen entstanden (Bild 3). 2011 war ein Feld vollständig zerstört und wurde ersetzt. Damals wurde für den Austausch ein PVC-beschichtetes Polyestergerewebe verwendet. Im Laufe der weiteren Jahre wurden immer mehr Membranfelder zerstört, sodass zuletzt nur noch zwei der insgesamt 26 Hauptmembranen vorhanden waren (Bild 4). Letztes Jahr wurden alle 26 Hauptmembranen, die sog. Petali, mit verändertem Konzept erneuert, um erneuten Beschädigungen der neuen Membrane dauerhaft und zuverlässig vorzubeugen.

Die noch vorhandenen Membranfelder zeigten an den Detailpunkten der Seilspreizung Spuren von Vorschädigung an dem aufliegenden Ringknotendetail (Bild 5). Um dies als mögliche zukünftige Schadensursache auszuschließen, wurde zuerst eine veränderte Detailausbildung mit einem abgerundeten Knotendetail überlegt.

Schlussendlich wurde aber auf diese Seile vollständig verzichtet, indem die Membrane nur noch zwischen den Bögen spannt, d. h., aus einem Großfeld wurden nun vier schmalere Felder. Die Befestigung ist über Extrusions-



Bild 3 Stadion Bari im Jahr 2011 (Quelle: formTL)
Bari stadium in 2011

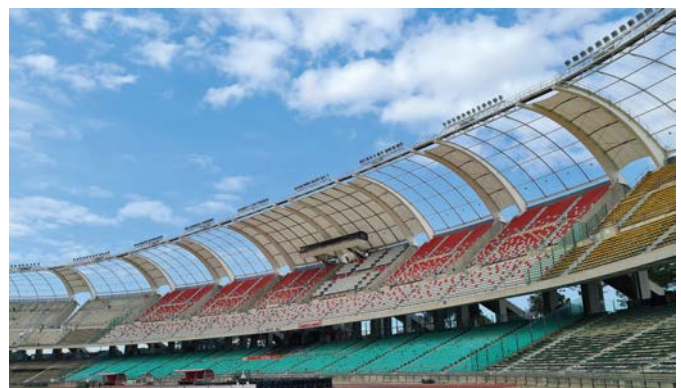


Bild 4 Stadion Bari mit fehlenden Membranfeldern im Jahr 2022 (Quelle: formTL)
Bari stadium with missing membrane panels in 2022



Bild 5 Beschädigte Membrane unter dem Seilknoten (Quelle: formTL)
Damaged membrane under the rope node



Bild 7 Lackierarbeiten Membrane (Quelle: formTL)
Varnishing work membrane

profile erfolgt, die mit auf die Bögen gespannten Aluminiumkonsolen befestigt sind (Bild 6).

Statisch entspricht diese Ausführung sogar der ursprünglichen Planung von Arup, die im Rahmen eines Unternehmensvorschlages aber verändert wurde. Nichtsdestotrotz haben die Behörden hierfür keinen Bestandschutz mehr zugelassen und es musste der vollständige Genehmigungsprozess nach aktueller italienischer Rechtslage durchlaufen werden.

4 Parkbad Velbert

Das Dach der 2003 fertiggestellten Schwimmhalle besteht aus zwei Membranen mit je knapp 1000m² Oberfläche [3]. Die Membranfläche ist durch neun formgebende Hochpunkte nach außen gespannt. Mit Seilen werden diese Hochpunkte im schräg stehenden Pylon verankert, der die Lasten über große Abspannseile nach hinten in die Zugfundamente führt. Die beiden Membranlagen werden mit ca. 80cm Abstand geführt und die Innen-

membrane wird an den neun Hochpunkten mit der Außenmembrane verbunden. Die innere Membranlage ist wärmedämmend mit einem Wärmedurchlass von ca. 0,16W/m²K. Die Wärmedämmung besteht aus zwei Lagen 120mm Polyesterdämmstoff [4]. Die Außenhaut und eine dampfdiffusionsoffene und wasserdichte Unterspansbahn schützen die Wärmedämmung vor äußerem Feuchtigkeitseintrag. Der Membranzwischenraum ist natürlich hinterlüftet.

Dank der regelmäßigen Reinigungs- und Wartungsarbeiten ist die Substanz noch in sehr gutem Zustand. Nach intensiver Bauzustandskontrolle kam daher ein für ein Membrandach recht außergewöhnliches Sanierungskonzept zustande. Statt eines Membranaustauschs der bewitterten Außenhülle wurde diese gereinigt und erhielt einen neuen Decklack, der die Membrane nun über viele weitere Jahre schützt (Bild 7). Pylon, Stützen, Seile und deren Beschläge und Anschlagpunkte samt der jeweiligen Betonkonsolen wurden nachbeschichtet (Bild 8).

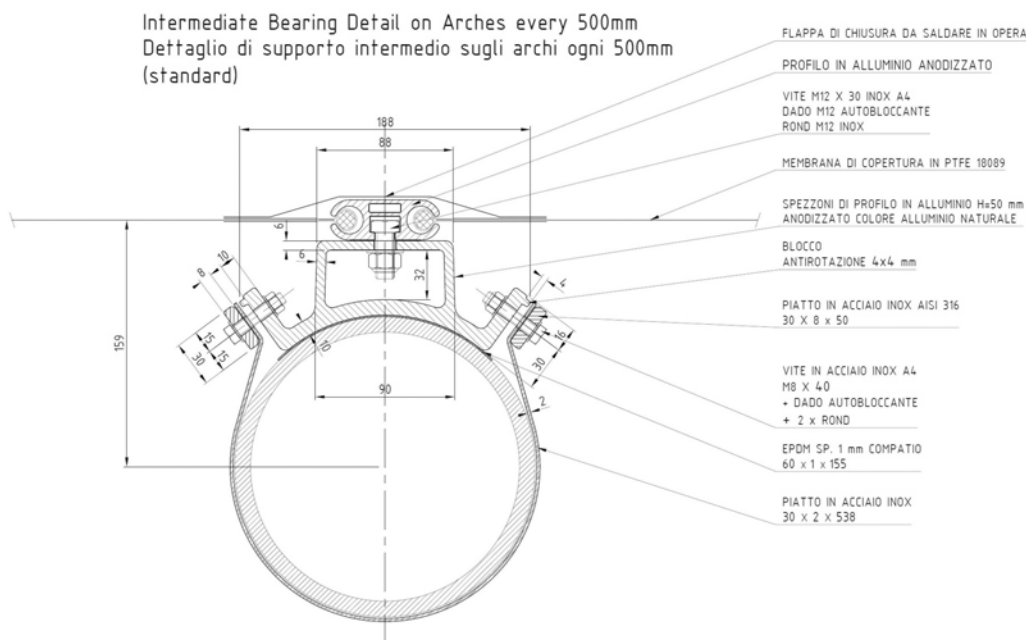


Bild 6 Anschlussdetail auf den Bogen (Quelle: formTL)
Connection detail on the arches



Bild 8 Abschluss der Renovierungsarbeiten (Quelle: formTL)
Completion of the renovation work

5 Gesundheitszentrum Masserberg

Eine ebenfalls zweilagig wärmege­däm­mte Membrankonstruktion ist das 1994 fertig­ge­stellte Membrandach in Masserberg in Thüringen (Bild 9). Es ist das einzige Projekt, das je mit einer PVC-beschichteten Membrane Typ VII gebaut wurde, einem Werkstoff mit einer Zugfestigkeit von 400 kN/m. Heute verfügbare Membranwerkstoff-



Bild 9 Fertig­ge­stelltes Membrandach 1994 (Quelle: formTL)
Completed membrane roof in 1994



Bild 10 Bestandsaufnahme 2020 (Quelle: formTL)
Status review 2020

fe erreichen nur die Hälfte dieser Festigkeit. Das hochfesteste Material hatte außerdem eine sehr dicke Beschichtung, wodurch die Membrane über die inzwischen lange Lebensdauer sehr gut geschützt wurde. Sie ist dementsprechend nur langsam gealtert (Bild 10).

Der Schwimmbad- und der Sportbereich wurden zweischalig ausgeführt, mit auf der Innenmembrane aufliegender Mineralwoll­dämmung, während die Eingangshalle und der Konzertsaal als inneres Dach einen konventionellen Innenausbau mit Gipskarton und darauf aufliegender Wärmedämmung besitzen. Die äußere Membrane besteht aus PVC-beschichtetem Polyester­ge­webe Typ VII und überdacht ca. 3300 m² Grundfläche. Die innere Membrane aus PVC-beschichtetem Polyester­ge­webe Typ III bildet mit Fassade und Gebäudewänden den luft- und wasserdichten Innenraumabschluss. Die Stahlkonstruktion besteht aus sechs Hauptmasten und 33 abge­spannten Randstützen.

Im Zuge der Neuausrichtung des Badehauses und eines zukunftsorientierten Umbaus soll das Membrandach nun eine zeitgemäße Attraktivität erhalten und durch den Einsatz neuer, langlebiger Materialien zu einem nachhaltigen Betrieb beitragen (Bild 11). Der Austausch der Außenmembrane erfolgt mit PVC-beschichtetem Polyester­ge­webe Typ V, das im Gegensatz zum bisherigen Material die Eigenschaft schwer entflammbar erfüllt. Die Membrane wird im Bereich der Hochpunkte entsprechend den auftretenden Lasten verstärkt, sodass zwei- und dreilagige Bereiche entstehen (Bild 12).

Die Innenmembrane ist noch gut erhalten und wird deshalb nicht ausgetauscht. Die darauf aufliegende Wärmedämmung wird durch eine Polyester­vlies­dämmung mit insgesamt 240 mm Dicke ersetzt, die ebenfalls die Eigenschaft schwer entflammbar erfüllt. Der U-Wert der wärmege­däm­mten Membrankonstruktion verbessert sich dadurch von bisher ca. 0,24 W/m²K auf ca. 0,16 W/m²K [4]. Die Hochpunktabdeckungen der Innenmembrane sind bisher wärmege­dämmt und mit Blech gedeckt. Um auch hier Tageslicht in den Innenraum zu bringen, wird diese Hochpunktabdeckung durch eine Isolierverglasung er-

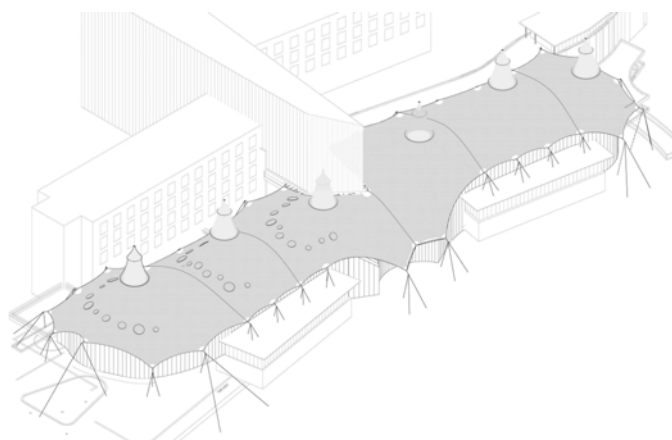


Bild 11 Umplanung Membrandach (Quelle: formTL)
Membrane roof redesign

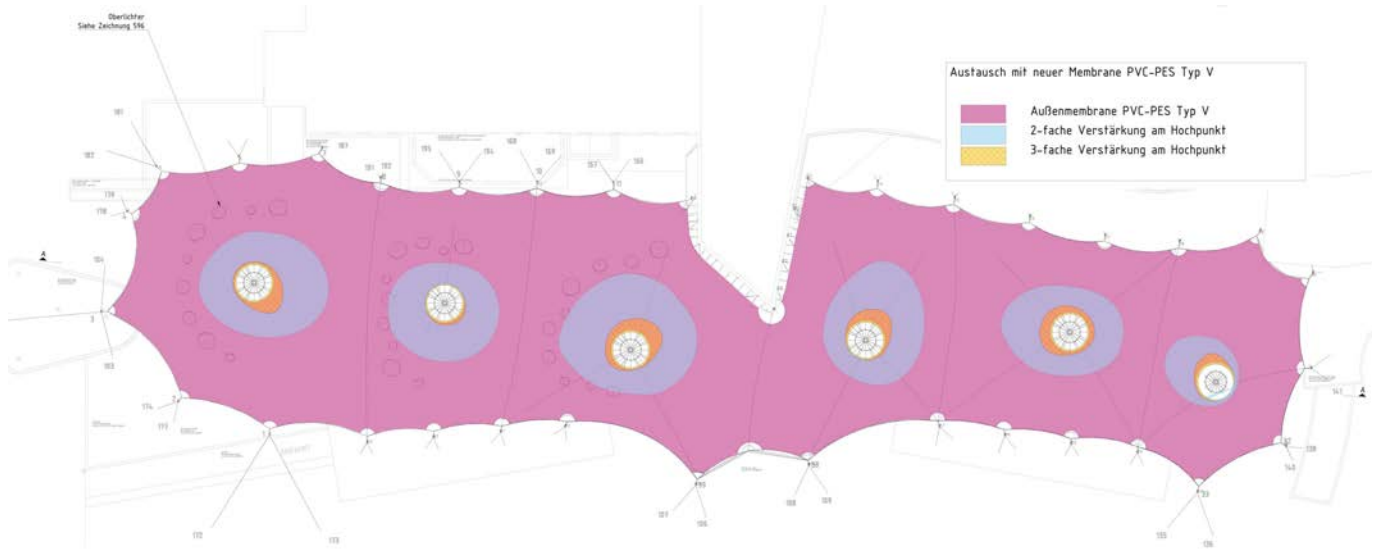


Bild 12 Membranverstärkungen an den Hochpunkten (Quelle: formTL)
Membrane reinforcements at the high points

setzt. Hierfür werden die bisherigen blechgedeckten Hochpunktabdeckungen durch hochtransluzente Membranlösungen ersetzt. Der Korrosionsschutz aller Stahlbauteile sowie aller wiederverwendeten Seile wird wiederhergestellt. Alle Membranseile werden erneuert.

6 Kunstseilbahn Telfs

Das Sportzentrum in Telfs in Österreich ist mit einer kuppelförmigen Holzkonstruktion überdeckt. Die Holzkonstruktion ist mit einer Membrane gedeckt. An allen Innenknoten drücken Stahlstempel die Membrane nach außen, und an den äußeren Knoten sitzen Konsolen zur Aufnahme der Hautspitzenplatten. In der Mitte der Kuppel ist eine kleinere separate Hochpunktmembrane montiert. Der Spalt zwischen Hauptmembrane und dieser kleineren Membrane im Zentrum ermöglicht eine natürliche Entlüftung. Die Kuppelindeckung über der Kunstseilbahn wurde 1999 fertiggestellt (Bild 13).

Die Membrane zeigt heute deutliche Verfärbungen durch Wassereintritt in der Oberfläche, sodass man nur noch von einer begrenzten Lebensdauer ausgehen kann (Bild 14). Deshalb wurde entschieden, die Membrane durch eine neue Membrane zu ersetzen. Die Membranbeschläge sind hingegen in sehr gutem Zustand und zei-



Bild 13 Membrandach kurz nach der Fertigstellung (Quelle: formTL)
Membrane roof shortly after completion



Bild 14 Aktueller Zustand der Membrane (Quelle: formTL)
Current situation of the membrane

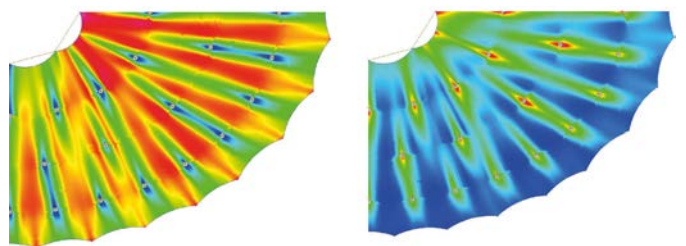


Bild 15 Lastabtrag Wind und Schnee (Quelle: formTL)
Load bearing behaviour wind and snow

gen keine nennenswerte Korrosion. So könnten sie unverändert wiederverwendet werden. Die Erneuerungsplanung erfolgt mit den Wind- und Schneelasten der Bestandskonstruktion (Bild 15).

7 Zusammenfassung

Membranbauten machen es den Betreibern leicht, hoch beanspruchte Bauteile wie die Membrane auszutauschen.

Die im textilen Bauen üblichen Schraubverbindungen sind ideal, wenn ein Austausch schnell und wirtschaftlich sein soll. Mit einem hochwertigen Korrosionsschutz, in vielen Fällen eine Feuerverzinkung, sind die Tragkonstruktionen auch nach vielen Jahren noch intakt und bedürfen nur eines Nachbesserns des Korrosionsschutzes.

Mit vergleichsweise geringem Materialaufwand kann die Lebensdauer von Membrankonstruktionen deutlich verlängert, vielleicht sogar verdoppelt werden. So leisten Membrandächer einen wichtigen Beitrag zu einer guten Klimabilanz.

Literatur

- [1] Dechau, W. (1993) *Das wandelbare Dach des Freilichttheaters in Tecklenburg*. db Deutsche Bauzeitung, H. 9, S. 64–67.
- [2] Schmid, G. (2017) *Festspiele unter neuem Gewand, Sanierung der Freilichtbühne in Tecklenburg*. Umriss, H. 4, S. 23–29.
- [3] Schmid, G. (2004) *Senkrechtstarter, Parkbad Velbert (D)*. Architektur, Februar 2004.
- [4] Schmid, G. (2004) *Bauen mit Membranen, Teil 2: Wärmedämmung von Membranen und Folienkonstruktionen*. Architektur, Mai 2004, S. 62–66.

Autor:in

Dipl.-Ing. Bernd Stimpfle (Korrespondenzautor:in)
bernd.stimpfle@form-tl.de
formTL ingenieure für tragwerk und leichtbau GmbH
Güttinger Straße 37
78315 Radolfzell

Zitieren Sie diesen Beitrag

Stimpfle, B. (2024) *Erhalten durch Modernisierung, Membrandächer refreshed*. Stahlbau 93, H. 8, S. 556–561.
<https://doi.org/10.1002/stab.202400024>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.
Eingereicht: 01. Mai 2024; angenommen: 19. Mai 2024.