

INGENIEURBAUKUNST 2015

MADE IN GERMANY

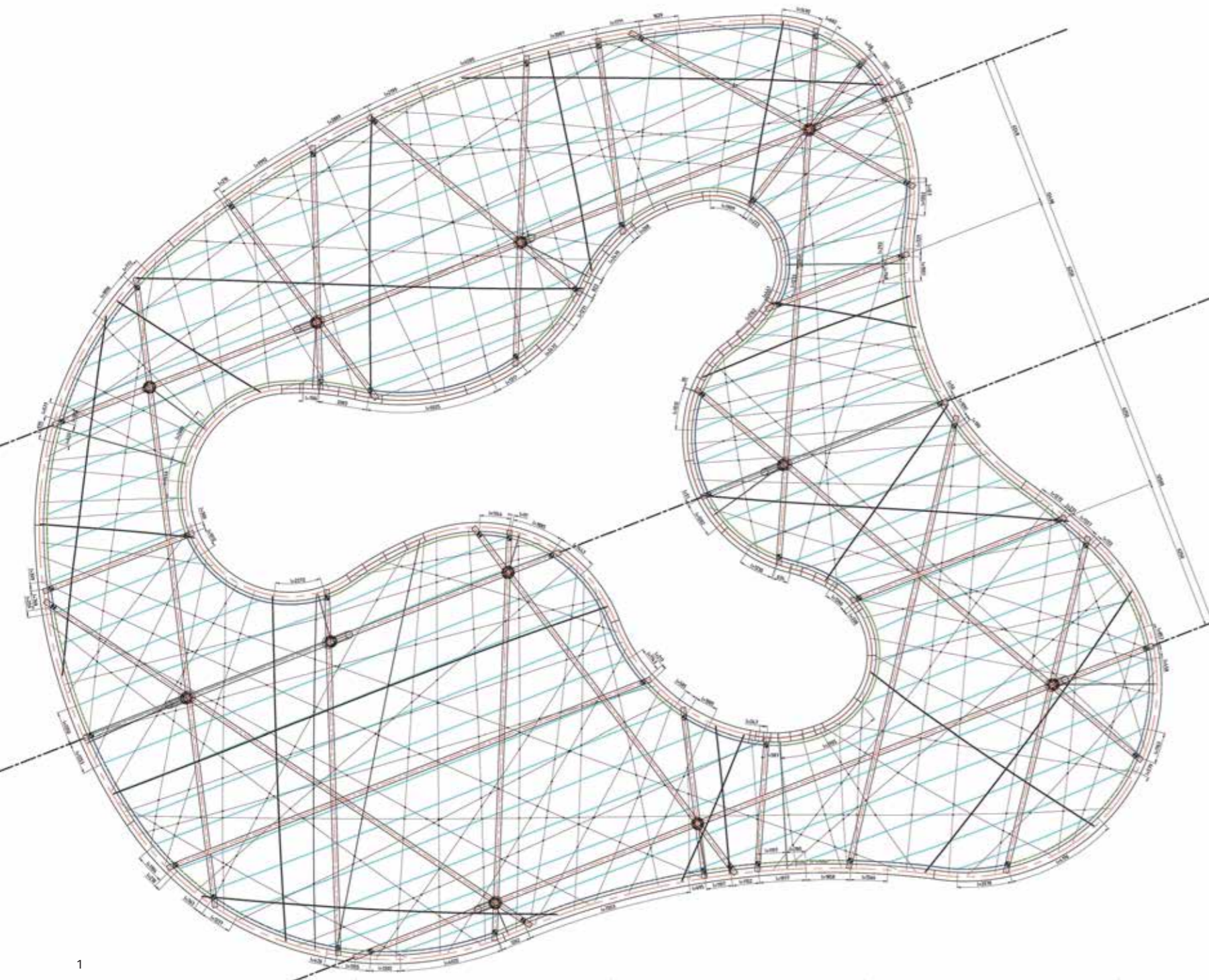


 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer

EINE WOLKE AUS STAHL,
FOLIE UND LUFT –
DAS BUSHOFDACH AARAU





1



2

Seit Kurzem hat die Schweizer Kantonshauptstadt Aarau eine eigene Wolke: ein organisch geformtes Bushofdach mit einer teildurchsichtigen Hülle. Das Dach mit seiner mittigen Öffnung schwebt gleichsam über dem Bahnhofsvorplatz. Es ist zugleich funktionale wie skulpturale Stadtbaukunst.

Im Zuge des Bahnhofneubaus in Aarau (2008–2010) von Theo Hotz erhielt der Bahnhofsvorplatz samt Busbahnhof sein neues urbanes Gesicht durch ein visuell federleichtes Bushofdach. Der Entwurf von Mateja Vehovar und Stefan Jauslin schafft einen Ruhepol zwischen der belebten Bahnhofstraße und dem neuen Bahnhofsgebäude. Möglich wurde dies, weil die Zufahrt zur Bahnhofsgarage in eine Seitenstraße verlegt wurde und dadurch die um den Platz verstreut liegenden Bushaltestellen vor dem Bahnhof konzentriert werden konnten. Entstanden ist ein angenehmer Ort für die Pendler, die von der Bahn auf die Busse umsteigen – sowie ein Ort für die Nachtschwärmer, der großstädtisches Flair ausstrahlt.

Amorphes Dach – leicht und schützend

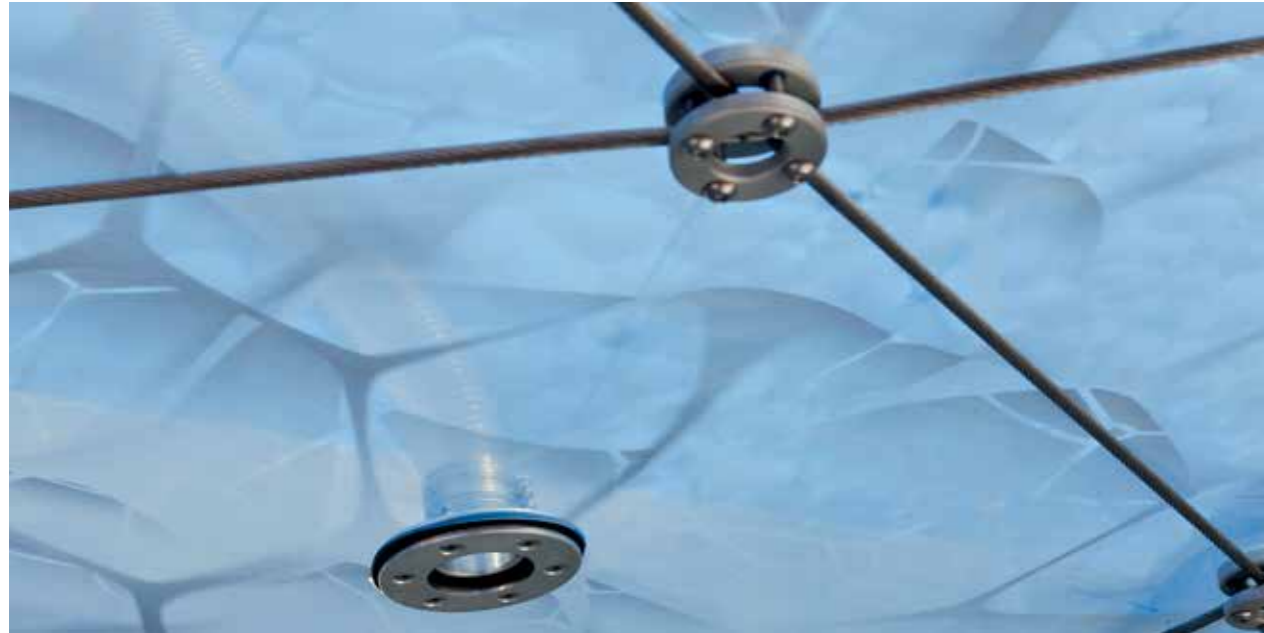
Das Folienkissendach hat in der Mitte eine organisch geformte Öffnung. Der Wechsel von halbtransparenter und freier Fläche verstärkt das Gefühl, unter freiem Himmel und zugleich geschützt zu sein. Unterstützt wird die visuelle Leichtigkeit durch eine Reihe planeri-

scher Weichenstellungen: die Verwendung durchsichtiger Folie in klar und blau mit einer fein austarierten Bedruckung; die in Bussteigrichtung leicht geneigten Stützen, die in das Kissen eintauchen und biegesteif in das innenliegende „Tischtragwerk“ eingebunden sind; der ungleiche Abstand der Folien zur innenliegenden Tragstruktur; eine in die Stahlkonstruktion vollständig integrierte technische Infrastruktur für Wasser, Luft, Elektro und Sensorik sowie das über und unter dem Kissen liegende unregelmäßige Netz aus Edelstahlseilen, das den Folien die benötigte Spannweite gibt. Die multiplen amorphen Folienbäuche lösen die Großform auf. Sie sind die Träger der vielen Spiegelungen und Lichtreflexe auf der Folienhülle. Auslöser sind die in Stützenrichtung stehend angeordneten Langfeldleuchten. Die innere Tragkonstruktion ist in der Durchsicht schemenhaft zu erkennen. In der Schrägsicht lösen sich die Träger auf und das Dach gewinnt an Volumen.

Konzentration der Planung

So einfach ablesbar das Bushofdach in seiner Schichtung wirkt, es war komplex in der Planung und in der Ausführung. Es erforderte ein gleichermaßen fachkundiges wie kommunikationsstarkes Planungsteam und eine enge Abstimmung mit den Ausführenden. Vehovar & Jauslin Architektur holten deshalb frühzeitig formTL als Spezialisten für Tragwerke mit formweichen Hüllen ins Team. Die große Herausforderung war, den Entwurf

1 Überlagerung aller Ebenen in einer Zeichnung für die Montage. Es zeigt den geometrischen Bezug von Tischtragwerk, Seilen und Folienlayout. **2** Untersicht mit amorphem Seilnetz und multiplen Folienbäuchen.



3

von Vehovar und Jauslin ohne Singularitäten ausführbar zu machen und dabei eine besondere Leichtigkeit und Filigranität herauszuarbeiten. Dies gelang, da die Planung und Realisierung auf drei Säulen ruhte: Das Planerteam unter Führung von suisseplan verfolgte konsequent das Ziel, das luftdichteste und im Betrieb sparsamste Luftkissen zu bauen. Es gab keine Verluste durch die sonst üblichen Knowhow-Transfers, da formTL umfassend mit der Tragwerksplanung, Integration der TGA, Ausschreibung, Fachbauleitung sowie Qualitätskontrolle durch den Generalplaner und für die Werkstattplanungen durch die „Arge Foliendach“ beauftragt worden war.

Vergabe

Das vorgeschaltete Präqualifizierungsverfahren reduzierte den Kreis der elf Bewerber aus der Schweiz und aus Deutschland auf sechs. Die Arge Foliendach unter Führung von Stahlbauer Ruch mit Vector Foiltec setzte sich nach Preis (Gewichtung 70 %) und projektspezifischer Kompetenz (30 %) durch. Das Projekt profitierte von der Kompetenz, Zuverlässigkeit und dem Engagement der Arge.

Optimieren heißt reduzieren

Speziell bei formweichen Hüllen gilt, dass die einfachste Ausformung die beste ist. Sie ist in der Regel form-

schön, tragfähig, haltbar, preiswert, maßgenau zu fertigen und einfach zu montieren. Reduktion ist also das Ergebnis von Denkarbeit und die Voraussetzung für ein erfolgreiches Projekt.

Ein Beispiel: Nachdem wir (formTL) aus Gründen der Austauschbarkeit der Folien zunächst drei Luftkammern geplant hatten, die zu schwierigen Anschlüssen der Kissen untereinander im Bereich der Randträger führten, entfernten wir im Rahmen der Werkstattplanung die senkrechten Kissentrennwände, behielten aber die drei Ober- und drei Unterfolien bei und reduzierten so die Komplexität der Anschlüsse als Voraussetzung für eine saubere, einfache und luftdichte Detailausbildung. Nebenbei entstand so, mit 1.070 Quadratmeter überdachter Fläche und 1.810 Kubikmeter Luftvolumen, das derzeit weltgrößte Einkammer-Folienkissen.

Nachhaltige Stützluftversorgung

Der Bauherr ist der formTL-Empfehlung gefolgt und hat eine etwas aufwendigere, aber im Betrieb sparsame Umluft-Stützluftversorgung eingebaut. In Aarau befindet sich die Stützluftzentrale etwa 100 Meter entfernt im alten Posttunnel. Je vier druckfeste PE-Rohre unter der Fahrbahn führen Luft über die Stützen in das Kissen ein, vier weitere Leitungen führen die Kissenluft zurück in die Zentrale. Dort entfernt ein Trockner die über 2.140 Quadratmeter Kissenoberfläche eindiffundierte Feuch-

3 Der Seilknoten aus zwei Alu-Halbschalen fasst zwei 8 mm dicke Edelstahl-Spiralseile. Die großformatigen Bubble-Bedruckungen der Unter- und Oberfolie überlagern sich.

4 Semitransparente Untersicht mit Einblick in die tragende Tischkonstruktion



4

te und setzt das Gesamtsystem aus Stützluftanlage, Rohrleitung und Folienkissen in Abhängigkeit von der Witterung auf 300 bis 850 Pascal über Außenluftdruck. Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb ist eine quasi luftdichte Ausbildung des Daches. Im Vorfeld waren dazu mit 1:1-Versuchen an einem Testrahmen die Luftdichtigkeit der Anschlüsse getestet, optimiert und Vorgaben für die Baustellenmontage entwickelt worden.

Statik

Die Grundlage der Statik des Foliendaches ist unter anderem eine Windkanaluntersuchung mit zwölf Windrichtungen und der Schneelast von 85 kg/m². Die Kissen werden mit 300 Pascal aufgeblasen, im Lastfall Schnee erhöht sich der Innendruck automatisch auf 850 Pascal. Die Seile tragen kurzzeitig bis zu 1200 Pascal. Die Stahlkonstruktion ist vor allem für die Verformungen und den Stützensausfall durch Anprall bemessen.

Das Primärtragwerk besteht aus elf gelenkig gelagerten Stützen, die am Stützenkopf biegesteif mit der ebenen Tischkonstruktion verbunden sind. Die Träger dieser Konstruktion, Rechteck-Hohlprofile in den Abmessungen 400×200 Millimeter sind ebenfalls biegesteif miteinander und mit dem Randrohr verschraubt. Das Randrohr bildet den äußeren und inneren Abschluss der Tischkonstruktion und hat neben der Statik noch weitere Aufgaben: Die obere und untere Folie sind

hier angeschlossen, die Seile werden hier verankert, die Entwässerungsrinne und der Schneefang sind dort angeschweißt und letztendlich wird auch die umlaufende V-Blende daran befestigt. Die Geometrie und Verarbeitung der gebogenen Randrohre sind deshalb von zentraler Bedeutung. Das innere und äußere Randrohr wurde dazu in 26 Teilstücke mit individuellen Radien aufgelöst, gebogen und später überhöht eingebaut und vor Ort verschweißt.

Herstellung und Vormontage

Die Herstellung verlangte großes handwerkliches Geschick, mussten doch z.B. die Bleche der Folienanschlüsse mit den Bohrungen der separat gefertigten Klemmleisten der Folie exakt übereinstimmen. Die Geometriegleichheit der vor Ort zusammenschweißten Folienanschlussbleche mit den zweiachsig vorgebogenen Kedernutprofilen der Kissen war ausschlaggebend für die nahezu perfekte Luftdichtigkeit.

Die Firma Ruch montierte deshalb die Tischkonstruktion komplett auf einem Richtplatz vor. Der Stahltisch wurde so geometerunterstützt geheftet und bis auf die Baustellenstöße der Randrohre final geschweißt.

Die Stützen wurden anschließend im Werk mit den konischen Stützenköpfen verschweißt.



5

Folie, Seilnetz, Bedruckung

Das Kissen besteht aus je einer Lage Ober- und Unterfolie aus ETFE (Ethylen-Tetrafluorethylen), auf die nach dem Auftuchen passend zum Stahl gebogene und segmentierte Kedernutprofile aufgeschoben wurden, die anschließend luftdicht auf die Randträger aufgeschraubt wurden. Die Dicke der Folie beträgt aus Hagelschutzgründen 250 Mikrometer. Die Ober- und Unterfolien bestehen aus je drei Segmenten, die vor Ort miteinander verbunden wurden. Die Entwicklung und technologische Umsetzung der Bedruckung war kreative und harte Designarbeit. Das ausgeführte rapportlose Seifenblasenmuster ist so fein austariert, dass selbst an den Längsnähten das Muster durchzulaufen scheint. Das Seilnetz wurde von formTL von anfänglich radial ausgerichteten Seilen auf eine „zufällige“ Anordnung der Seile geändert – was dem Gesamteindruck mit der abstrakten Bedruckung zum Vorteil gereicht. Jedes Seil hat eine andere Länge und der Seilanschluss am Randrohr einen anderen Startwinkel, was über 500 verschiedene Laschengeometrien erzeugte, die lagerichtig auf das Randrohr aufgeschweißt werden mussten. Zur Längenbestimmung der Seile wurde die exakte pneumatische Kissenform mit allen Folienbäuchen nachgebildet. Die Fertigungszeichnungen definieren nicht nur die Länge, sondern auch die Position der Knoten auf den Seilen, damit ein Seilnetz entsteht, dessen Seile ohne Knicke von Randrohr zu Randrohr spannen.

Gerüst und Kran

Besonderes Augenmerk wurde schon in der Ausschreibung auf das Montagekonzept gelegt. Die Arge Foliendach entschied sich bereits in der Angebotsphase für den Einsatz eines Flächengerüsts, das den ganzen Bereich des Daches, also ca. 1500 Quadratmeter, abdeckte. Dies erlaubte ein paralleles Arbeiten am und unter dem Dach bei laufendem Verkehr, da ein Teil des Daches über der vielbefahrenen provisorischen Spur der Bahnhofstraße montiert wurde. Als Herausforderung erwies sich bei dieser Variante der Einsatz von Hebe-mitteln. Eine besondere Lösung auch hier. Die Öffnung des Daches in der Mitte wurde für einen mobilen Baukran genutzt. Dieser wurde so genau platziert, dass er nach Abschluss der Montage gefaltet und durch das fertige Dach herausgefädelt werden konnte. Die Gerüstplattform in 5 Meter Höhe nahm Rücksicht auf die Fahrspuren zwischen den Bussteigen, sodass während der gesamten Dachmontage 3 Meter breite Fahrspuren für die anderen Gewerke zur Verfügung standen.

Montage und Bestätigung der Luftdichtigkeit

Der Stahltisch wurde auf die durch die Plattform durchgesteckten Stützen 2 Meter über dem Gerüst montiert und biegesteif mit HV-Schraubensätzen verschraubt. Danach wurden die Randrohre an den Tisch geschraubt und nach Maßkontrolle und Ausrichten miteinander ver-

5 Gesamtansicht

schweißt. Die oberen und unteren Folien wurden in je drei Segmenten angeliefert. Die Montage der bis zu 350 Quadratmeter großen Einzelfolien war für die mit Membranen erfahrene Montagecrew neu, aber dank der speziellen Faltpläne beherrschbar. Diese verhinderten, dass sich bei Transport, Lagerung und Einheben Knicke in die Folie einprägten und ermöglichten so, dass die Folien lagerichtig eingehoben und aufgefaltet werden konnten. Nach der Montage der Oberfolie wurden die oberen Seile einzeln eingehoben, montiert und miteinander verbunden. Schön zu sehen war, dass bei den danach montierten unteren Folien und Seilen die Hängeform der Folie und das weiter unten liegende Seilnetz die spätere Geometrie des aufgeblasenen Kissens bereits vorwegnahmen.

Die wichtigste Aufgabe der Folienmonteure war die faltenfreie und luftdichte Montage der Folie. Das setzte voraus, dass viele Faktoren stimmten: eine fehlerfreie Werkstattplanung, eine korrekte Stahlgeometrie mit den dazu passenden Randprofilen, eine verkleinerte Herstellung der Foliensegmente mit auf die Materialcharge abgestimmten Kompensationsfaktoren und eine lagerichtige und dehnungslose Montage der Folien.

Der Aufblastertermin wurde mit Spannung erwartet und von allen Projektbeteiligten begleitet. Da das Kissen mit allen acht Luftleitungen zugleich mit Luft befüllt wurde, dauerte das Aufblasen bis zum Betriebsdruck nur eine

Stunde. Die anschließenden Tests belegten die Luftdichtigkeit bei allen Betriebsdrücken. Und das bei knapp 500 Meter Dichtanschluss von Folie zu Stahl und 500 Meter erdverlegten Luftleitungen! Das erste Betriebsjahr bestätigt die Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen. Das Dach benötigte lediglich Strom im Wert von 1 EUR/m² überdachter Fläche.

Ausstellung „Bauen mit Luft“

Bereits unmittelbar nach seiner Inbetriebnahme wurde das Bushofdach als Exponat in die Werkschau „architektur 0.13“ in Zürich aufgenommen. Vom 26. April bis 27. Juli 2014 war das Bushofdach in der Ausstellung „Bauen mit Luft“ in Verbindung mit einer Retrospektive „10 Jahre formTL im Luftmuseum Amberg“ zu sehen.

Gerd Schmid, Reinhard Nietschke

OBJEKT
Bushofdach Aarau
STANDORT
Aarau, Schweiz
BAUZEIT
03–07/2013
BAUHERR
Stadt Aarau Stadtbauamt (CH)
INGENIEURE + ARCHITEKTEN
Generalplaner und Massivbau-planer: suisseplan Ingenieure AG, Aarau (CH)
Architekt: Vehovar & Jauslin Architektur AG, Zürich (CH)
Tragwerkplanung, Aus-schreibung, Werkstattplanung, Fachbauleitung: formTL, Radolfzell
Lichtplanung: Atelier Derrer, Zürich (CH)
Bedruckungsdesign: Stefan Jauslin mit Paolo Monaco, Zürich (CH)
Windkanal: Wacker Ingenieure, Birkenfeld
BAUAUSFÜHRUNG
Arge Foliendach mit Ruch AG Altdorf (CH) und Vector Foiltec GmbH, Bremen (DE)
Stützluftanlage: Elnic GmbH, Rosenheim
Seile+Knoten: Top-Line Seilbau-werke GmbH & Co.KG Heibronn

