FASSADE FAÇADE

SCHWEIZERISCHE
FACHZEITSCHRIFT FÜR
FENSTER- UND FASSADENBAU

JOURNAL SUISSE
DE LA TECHNIQUE POUR
FENÊTRES ET FAÇADES

Ice Q Sölden

Bushofdach Aarau

Löwenbräu-Areal Zürich

Sonnenhof Rapperswil

2/2014

* Reinhard Nietschke et al.

Das neue Bushofdach beim Bahnhof Aarau

AUS STAHL UND LUFT

1

Seit kurzem hat die Schweizer Kantonshauptstadt Aarau eine eigene Wolke: ein organisch geformtes Bushofdach mit einer teildurchsichtigen und reflektierenden Hülle. Das Dach schwebt gleichsam über dem Bahnhofvorplatz. Anders als ihr meteorologischer Namensvetter schützt die Aarauer Wolke jedoch vor Niederschlägen.

* Reinhard Nietschke
Ruch AG
CH-6460 Altdorf

Gerd Schmid
formTL ingenieure für tragwerk und leichtbau GmbH
D-78315 Radolfzell

Im Zuge des Bahnhofneubaus in Aarau von Theo Hotz erhielt der Bahnhofvorplatz samt Bushof ein neues Gesicht: Vorhandene Einbauten wurden entfernt sowie die Tiefgaragenerschliessung verlegt, um die Bushaltestellen auf dem Bahnhofplatz zu konzentrieren. Dazu entwarfen Mateja Vehovar und Stefan Jauslin mit einem visuell federleichten Bushofdach einen Ruhepol zwischen der belebten Bahnhofstrasse und dem neuen Bahnhofgebäude. Entstanden ist ein freundlicher 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 die Leichtigkeit und das Gefühl, unter freiem Himmel und zugleich geschützt zu sein. Unterstützt wird die visuelle Leichtigkeit durch eine Reihe planerischer Weichenstellungen: die Verwendung durchsichtiger Folie in klar und blau mit einer fein austarierten Bedruckung (Stefan Jauslin mit Paolo Monaco); die in einer Achse leicht geneigten Stützen, die in das Kissen eintauchen und die «Wolke» tragen; 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 angeordneten Langfeldleuchten. Die innere Tragkonstruktion ist in der Durchsicht schemenhaft zu erkennen. In der Schrägsicht lösen sich

2

3

4

die Träger auf und das Dach gewinnt an Volumen. Realisiert wurde ein amorphes Dach, das mit seiner leicht wirkenden Stahlstruktur und dem bedruckten Folien-Grosskissen ein hohes Mass an Knowhow, aber auch clevere Lösungen erforderte.

Anspruchsvolle Planungsaufgabe

So leicht und einfach die Wolke auch wirkt – sie erforderte ein fachkundiges und kommunikationsstarkes Planungsteam und eine enge Koordination aller Beteiligten. Vehovar & Jauslin Architektur holten deshalb frühzeitig formTL als Spezialisten für das Tragwerk und die Folienhülle ins Team. Ein besonderes Anliegen von formTL war es, den Entwurf von Vehovar und Jauslin ohne Singularitäten machbar zu machen und die 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. formTL wurde umfassend mit Tragwerksplanung, Integration der TGA, Ausschreibung, Fachbauleitung und Qualitätskontrolle beauftragt. Und in der Arge Foliendach waren engagierte und fachkundige Firmen für die Realisierung gefunden worden.

Indem die jeweils dreiteilige Unter- und Oberfolie separat auf den gebogenen Randrohren befestigt wurde, gelang eine einfache und konstruktiv saubere Detaillierung der Wolke. Mit 1070 m² überdachter Fläche und 1810 m³ ist das Bushofdach zugleich das weltgrösste Einkammer-Folienkissen. Dabei versorgen je vier 120 Meter lange PE-Rohre unter der Fahrbahn das luftgestützte Kissen im Umluftverfahren mit sauberer und trockener Luft; vier weitere Leitungen führen die Kissenluft zurück in die Stützluftzentrale. Abhängig von der Witterung wird das gesamte System aus Stützluftanlage, Rohrleitung und Folienkissen auf 300–850 Pascal über Aussenluftdruck per

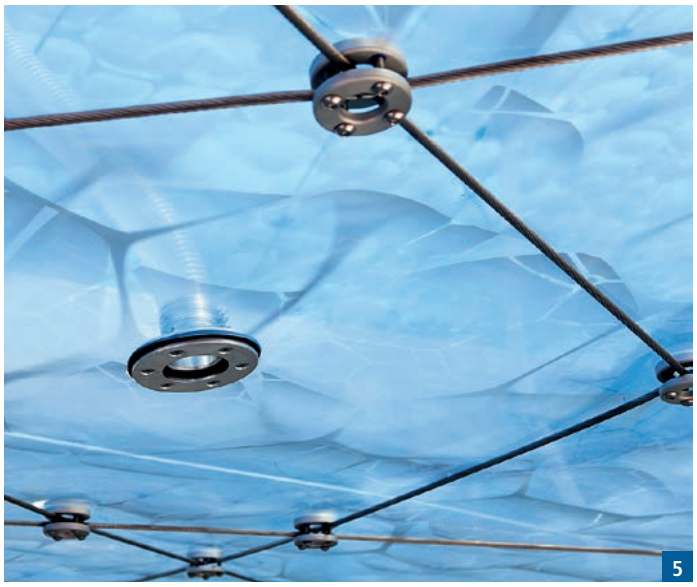
Sensoren eingeregelt. Da nur die über 2140 m² Kissenoberfläche eindiffundierte Feuchte entfernt werden muss und sowohl das Kissen als auch die Leitungen quasi luftdicht ausgeführt sind, ist das Dach sehr sparsam im Betrieb.

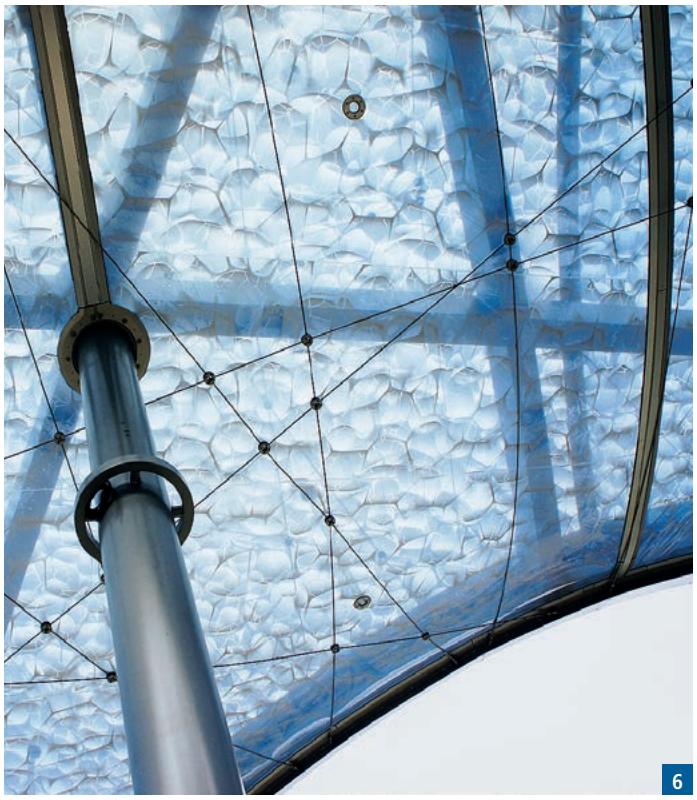
Statische Grundlage

Die Grundlage der Statik des Foliendaches ist unter anderem eine Windkanaluntersuchung mit 12 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 Stützenausfall durch Anprall bemessen.
Das Primärtragwerk besteht aus 11 gelenkig gelagerten Stützen, die am Stützenkopf biegesteif mit der ebenen Tischkonstruktion verbunden sind. Die Träger dieser Konstruktion, Rechteck-Hohlprofile in den Abmessungen 400×200 mm, sind ebenfalls biegesteif miteinander und mit dem Randrohr verbunden. 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 ist dort angeschweisst und letztendlich wird auch noch die Blende daran befestigt. Die Geometrie und Verarbeitung der gebogenen Randrohre sind deshalb von zentraler Bedeutung. Die innere und äussere Randrohrlinie wurde dazu in 26 Rohrschübe 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 Foile exakt übereinstimmen. Die Geometriegleichheit der vor Ort zusammengeschweissten Folienanschlussbleche mit den zweiachsig vorgebogenen Kedernutprofilen der Kissen war ausschlaggebend für die nahezu perfekte Luftdichtigkeit des Luftkissens.
Fa. 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


6

7

1 *Blick vom Hotel Aarauer Hof auf den Bahnhofplatz*

2 *Randrohr mit Regenrinne, Folienanschlüssen und Konsolen zum Anschliessen der Rechteckrohre der Tischkonstruktion.*

3 *Untersicht mit amorphem Seilnetz und multiplen Folienbäuchen*

4 *Richtplatz Kriens.*

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

6 *Semitransparente Untersicht mit Einblick in die tragende Tischkonstruktion.*

7 *Dichtigkeitstestsrahmen.*

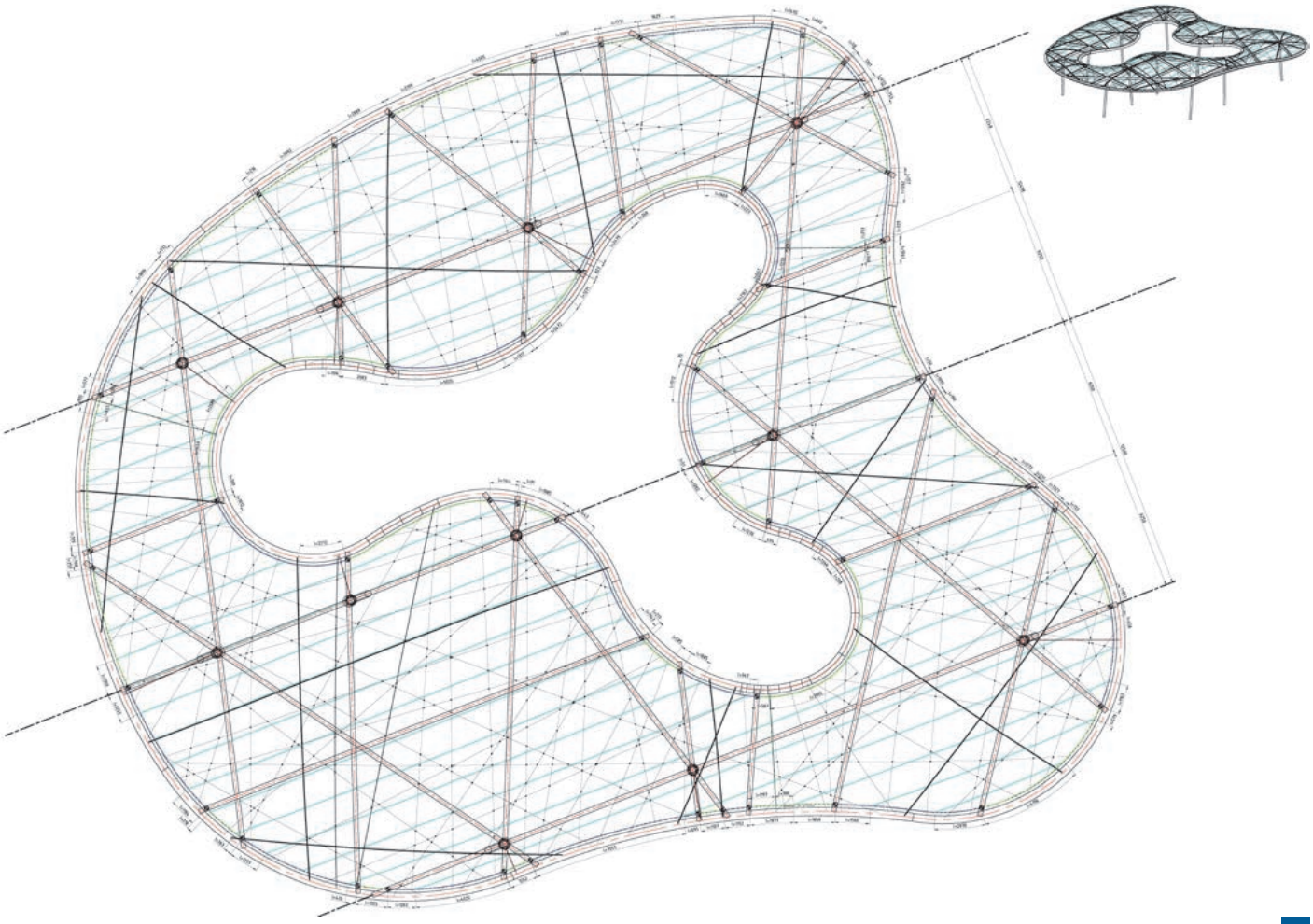
8 *Blick Richtung Aarauer Hof*

9 *Überlagerung aller Ebenen in einer Zeichnung für die Montage. Es zeigt den geometrischen Bezug von Tischtragwerk, Seilen und Folienlayout.*

10 *Blick auf die gläserne Bahnhofshalle mit der grossen Bahnhofsuhr*

Bildnachweis:
1, 3, 5, 8, 10: Niklaus Spoerri, Zürich
2, 4, 6, 7, 9: formTL

8



9

Folie und Seilnetz

Das Kissen besteht aus je einer Lage Ober- und Unterfolie aus ETFE, auf die nach dem Auftuchen passend zum Stahl gebogene und segmentierte Kedernutprofile aufgeschoben wurden, die in einem weiteren Montageschritt luftdicht auf die Randträger aufgeschraubt wurden. Die Dicke der Folie beträgt aus Hagelschutzgründen 250 µm. Die Ober- und Unterfolie 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

10

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 Flächengerüstes, das den ganzen Bereich des Daches, also ca. 1500 qm, abdeckte. Dies erlaubte eine paralleles Arbeiten am Dach, den darunterliegenden Perrons und 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 Hebemitteln. 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 m Höhe nahm Rücksicht auf die Perrons, sodass während der gesamten Dachmontage drei breite Fahrspuren für die anderen Gewerke zur Verfügung standen.

Montage

Der Stahltisch wurde auf die durchgesteckten Stützen 2 m über der Gerüstplattform aufgestellt und biegesteif mit HV-Schraubensätzen verschraubt. Danach wurden die Randrohre an den Tisch geschraubt und nach Masskontrolle und Ausrichten miteinander verschweisst.
Die oberen und unteren Folien wurden in je drei Segmenten angeliefert. Die Montage der bis zu 350 m^2 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, 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 des weiter unten liegenden Seilnetzes die spätere Geometrie des aufgeblasenen Kissens bereits vorwegnahm.
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 Folie mit auf die Folien abgestimmten Kompensationsfaktoren und eine lagerichtige und dehnungslose Montage der Folien. Zwischenzeitlich war die Stützluftanlage installiert worden, die über erdverlegte Leitungen das Dach im Umluftsystem

mit Stützluft versorgen würde und den Druck im Kissen regelt. Im Vorfeld waren mit 1:1-Versuchen an einem Testrahmen die Luftdichtigkeit der Anschlüsse getestet, optimiert und Vorgaben für die Baustellenmontage entwickelt worden. Der Aufblastermin wurde mit Spannung erwartet und von allen Projektbeteiligten begleitet. Da das Kissen mit allen 8 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 m Dichtanschluss von Folie zu Stahl und knapp einem Kilometer erdverlegter Luftleitungen! Erste Betriebsergebnisse zeigen, dass die Stützluftanlage mit nur 15% der installierten Leistung betrieben werden kann.

Ausstellung «Bauen mit Luft»

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

Bautafel

Bauherr:
Stadt Aarau/CH

Generalplaner und Massivbauplaner:
suisseplan Ingenieure AG, Aarau/CH

Architekt:
Vehovar & Jauslin Architektur AG, Zürich/CH

Lichtplanung:
Atelier Derrer, Zürich/CH

Tragwerkplanung, Ausschreibung, Werkstattplanung, Fachbauleitung:
formTL, www.form-TL.de

Ausführende Firmen:
ARGE Foliendach:
Stahlbau und Gesamtkoordination:
Ruch AG, Altdorf/CH
Folie: Vector Foiltec GmbH, Bremen/DE

Technische Daten

Masse
- Traufhöhe: 7 m
- Länge: ca. 42 m
- Breite: ca. 39 m
- Bauhöhe Stahlbau: 0,4 m
- Bauhöhe Kissen: 1,3–3,2 m
- Überdachte Fläche: 1070 m²

Material

- Farbbeschichtetes Stahltragwerk mit einer Farbbeschichtung in C4 lang
- Edelstahl-Spiralseile, Seilknoten aus eloxiertem Aluminium
- ETFE-Folie 250 µm von Nowofol: klar bzw. blau durchgefärbt und von der Firma Reisewitz bedruckt
- Stützluftleitungen unterirdisch: 8 spiegelverschweisste PE-Rohre mit 250 mm Aussendurchmesser in den Stützen: Edelstahlrohre mit 100 mm Innendurchmesser