

Schützende Wolke über dem Bahnhof

Aus einem frei geformten Stahltisch und dem weltgrössten Folienkissen mit beidseitig chaotischer Seilumspannung entstand über dem Bahnhofplatz Aarau eine imposante, nahezu 1100 m² grosse Überdachung.

Text: Reinhard Nietschke und Redaktion, Bilder: Niklaus Spoerri, Bilder Werkstatt: Ruch AG

Mit dem **Neubau des Bahnhofs Aarau**, einem Projekt von Theo Hotz, stellte sich schon 1991 die Aufgabe der Neugestaltung des Bahnhofsvorplatzes mit der Integration des Bushofs. Mateja Vehovar und Stefan Jauslin von vja architekten in Zürich erstellten gemeinsam mit den Tragwerksplanern von form TL und suisseplan sowie Rolf Derrer ein Vorprojekt für den neuen Bushof, das mit einem filigranen Dach als zentrales Element die Anbindung des Bahnhofs an die Stadt erreichen sollte. Die Vision der

Planer verkörperte eine Überdachung, die einen luftigen und freien Charakter ausstrahlt.

2009 stimmen rund 84% der Aarauer Wahlbürger dem Projekt zu. Für die Realisierung wurde 2011 ein Präqualifikationsverfahren durchgeführt, nach dem letztlich noch sechs Arbeitsgemeinschaften zur Angebotserstellung eingeladen waren. Den Zuschlag erhielt 2012 die ARGE Foliendach, bestehend aus dem federführenden Stahl- und Metallbauer RUCH AG, Altdorf, und dem deutschen Spezialisten für

Folienkonstruktionen, VectorFoiltec, Bremen.

Delikater Auftrag – grosse Herausforderung

Auf die Frage nach den Hintergründen, warum sich die Ruch AG um diesen – doch sehr speziellen – Auftrag bemühte und wie sie es geschafft hatte, diesen doch sehr ambitionierten Wettbewerb für sich zu entscheiden, erklärte Andreas Ruch, Inhaber und Geschäftsführer der Ruch AG gegenüber der «metall»: «Es gehört seit Jahren zu unserer Strategie und unseren Stärken, ambitionöse und technisch anspruchsvollste Stahl-Metall- und Glasbauprojekte funktional, ästhetisch und kommerziell erfolgreich umzusetzen. Solche Projekte fordern die ausführenden Unternehmen weit über die spezifischen Metallbau-Kompetenzen hinaus. Und gerade diese flankierenden Anforderungen, wie beispielsweise ein ausgeklügeltes Montagekonzept oder eine enge Zusammenarbeit auch mit branchenfremden Partnern, ist etwas, was mich persönlich als Unternehmer reizt und unsere Mitarbeitenden auch weiterbringt. Als ich dannzumal – so Ruch weiter – die mir vorliegende Offertanfrage genauer prüfte, war mir bald klar, dass der Bau dieses Daches zu einer speziellen Mission für unsere Firma werden könnte. Im Zuge der ersten Aktivitäten knüpfte ich Verbindungen zu kompetenten Partnerunternehmen, insbesondere zu Membranbauern. Diese Kontakte fruchteten >

Bautafel

Objekt:	Bushofdach, Bahnhofplatz Aarau
Bauherrschaft:	Stadt Aarau, vertreten durch Stadtbauamt Aarau
Architekt:	«vja» Vehovar und Jauslin Architektur AG, Zürich Mateja Vehovar, Stefan Jauslin
Tragwerksplanung:	formTL ingenieure für tragwerk und leichtbau gmbh, Radolfzell (D) mit Gerd Schmid, Manuel Neidhart, Vitali Melzer, Sven Haag
Lichtdesign:	Atelier Derrer GmbH, Zürich
Gestaltung / Bedruckung:	Vehovar und Jauslin Architektur AG, Zürich, in Zusammenarbeit mit Paolo Monaco, Visueller Gestalter FH, Zürich
Gesamtausführung Dach:	ARGE Foliendach (Ruch AG, Altdorf, und Vector Foiltec GmbH, D-Bremen)
Federführung ARGE und Stahlbau:	Ruch AG, Stahl- und Metallbau, Altdorf

Un nuage protecteur sur la gare

L'imposant toit de près de 1100 m² qui surplombe la place de la gare d'Aarau a été créé à partir d'une structure métallique de forme libre qui supporte le plus grand coussin en feuilles d'ETFE au monde, lequel est haubané de manière désordonnée des deux côtés.

La construction de la nouvelle gare d'Aarau, un projet de Theo Hotz, prévoyait depuis 1991 le réaménagement de l'esplanade de la gare, intégrant la gare routière. C'est en collaboration avec les ingénieurs en structures de form TL, suisseplan et Rolf Derrer que Mateja Vehovar et Stefan Jauslin, du

bureau zurichois vja architekten, ont réalisé un avant-projet de nouvelle gare routière, dont l'élément principal est un toit filigrané visant à relier la gare à la ville. Pour matérialiser leur vision, les planificateurs ont créé un toit au style libre et aéré. En 2009, le projet avait été approuvé par quelque

84 % des citoyens-électeurs d'Aarau. La réalisation a fait l'objet d'une procédure de préqualification en 2011, à l'issue de laquelle six communautés de travail ont été invitées à remettre une offre. Le marché a été attribué en 2012 à ARGE Foliendach, composée du constructeur métallique RUCH AG,

d'Altdorf, et du spécialiste allemand de structures enveloppées VectorFoiltec, de Brême.

Une mission délicate, un défi important Quand metall l'interroge sur le contexte qui a amené Ruch AG à se lancer dans cette mission très spéciale



Ein höchst anspruchsvoller Stahlbau und das weltgrösste Folienkissen prägen das neue Wahrzeichen von Aarau.

Une construction métallique extrêmement exigeante et le plus grand coussin en feuilles ETFE au monde caractérisent le nouvel emblème d'Aarau.

Wie eine schützende Wolke schwebt das Dach über dem Bahnhofplatz.

Tel un nuage protecteur, le toit flotte au-dessus de la place de la gare.



et dans ce concours très ambitieux, Andreas Ruch, le propriétaire et gérant de Ruch AG, déclare : « Depuis des années, notre stratégie et nos atouts sont la réalisation fonctionnelle, esthétique et réussie sur le plan commercial de projets de construction en métal et en verre ambitieux et techniquement très exigeants. De tels projets exigent des entreprises qui les exécutent des qualités qui vont bien au-delà des compétences spécifiques à la construction métallique. Et ce sont justement ces exigences supplémentaires, telles que l'élaboration d'un concept de montage intelligent ou

la collaboration étroite avec des partenaires étrangers à la branche, qui m'attirent personnellement en tant qu'entrepreneur et qui permettent à nos collaborateurs de progresser. Il m'a suffi, poursuit-il, d'examiner de près la demande d'offre qui m'a été soumise pour rapidement comprendre que la construction de ce toit pouvait être une mission spéciale pour notre entreprise. Je me suis rapidement mis en contact avec des partenaires compétents, notamment avec des fabricants de membranes. Ces contacts se sont avérés fructueux et c'est au sein de la communauté de

travail ARGE que nous avons proposé notre concept ingénieux qui nous a finalement permis de remporter le concours ».

Une œuvre fonctionnelle dans l'espace urbain

L'ouvrage impressionnant inauguré à l'automne 2013 n'est pas seulement une gare routière : c'est aussi une œuvre fonctionnelle intégrée à l'espace urbain. Les architectes ont imaginé un toit informel, dont la structure métallique d'apparence légère et le grand coussin constitué de feuilles imprimées ont exigé un haut niveau

de savoir-faire ainsi que des solutions intelligentes. L'un des objectifs était de montrer la construction métallique sous forme de composants purement statiques. Toutes les canalisations d'évacuation, d'aération, les conduites électriques et de commande ont été intégrées de manière invisible à l'ossature métallique. Le toit fini présente ainsi une structure multicouche, mais claire, depuis les poteaux ancrés sur le quai jusqu'à la feuille et le réseau de câbles supérieurs en passant par la feuille transparente inférieure et la structure métallique située derrière. La feuille (ou membrane) d'éthy- >



Die anspruchsvolle Geometrie forderte Spitzenleistungen von allen Beteiligten.
Sa forme exigeante a nécessité des prestations de pointe de la part de tous les acteurs.

> und als ARGE haben wir unsere Offerte – zusammen mit einem ausgeklügelten Ausführungskonzept – eingereicht und konnten so schliesslich den Wettbewerb für uns entscheiden.»

Funktionale Kunst im Stadtraum

Mit dem beeindruckenden Werk, welches im Herbst 2013 eingeweiht wurde, entstand nicht nur ein Busbahnhof, sondern vielmehr funktionale Kunst im Stadtraum. Realisiert wurde ein

amorphes Dach, das mit seiner leicht wirkenden Stahlstruktur und dem bedruckten Folien-Grosskissen ein hohes Mass an Know-how, aber auch cleveren Lösungen erforderte. Ein Ziel war es, die Stahlkonstruktion als rein statische Komponente zu zeigen. Sämtliche Entwässerungsleitungen, Zuluft-, Elektro- und Steuerleitungen wurden in das Stahltragwerk unsichtbar integriert. So präsentiert sich das fertige Dach mit einer vielschichtigen, aber klaren Struktur,

von den Stützen auf dem Perron über die Seilnetze, die transparente Folie mit der dahinterliegenden Stahlstruktur bis zur oberen Folie und dem oberen Seilnetz. Die oberseitig blaue und unterseitig klare Ethylen-Tetrafluorethylen-Folie (ETFE-Folie) ist randlos und ohne sichtbaren Rapport mit grossen Luftblasen bedruckt und in der Fläche mit Stumpfnähten verschweisst. Es gelang, das weltgrösste Folienkissen so luftdicht und energiesparend auszubilden, dass nur 15%

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

> lène tétrafluoroéthylène (ETFE), bleue au-dessus et transparente en dessous, n'a pas de bord. Elle est décorée de grandes bulles imprimées sans rapport visible et soudée bout à bout. Le coussin de feuilles le plus grand au monde est à ce point étanche à l'air et économe en énergie que seuls 15 % de la puissance de soufflage prévue sont nécessaires.

Statique du toit en feuilles d'ETFE
L'évaluation statique du toit repose entre autres sur un essai en soufflerie, qui a simulé 12 sens du vent et des charges de neige de 85 kg/m². Les

coussins d'air utilisés sont gonflés à 300 pascals. En cas de charge de neige, la pression interne augmente automatiquement à 850 pascals. Les câbles peuvent temporairement supporter jusqu'à 1200 pascals. La structure métallique est d'abord calculée pour des déformations et des chutes de supports dues à des chocs.

Planification

La planification de l'exécution de la construction métallique ainsi que de la feuille et du réseau de câbles sont le fruit du travail de formTL Ingenieure für Tragwerke und Leicht-

bau GmbH, à Radolfzell, sur la base de l'appel d'offres. La planification de l'exécution a été réalisée à l'aide du programme de planification en 3D Autodesk Inventor. Le fait que la planification de l'exécution n'ait pas été confiée par tranches aux différents entrepreneurs, mais en un seul bloc, a permis d'éviter de nombreux tracas et problèmes d'interactions, ce qui a permis une réalisation rapide et rationnelle.

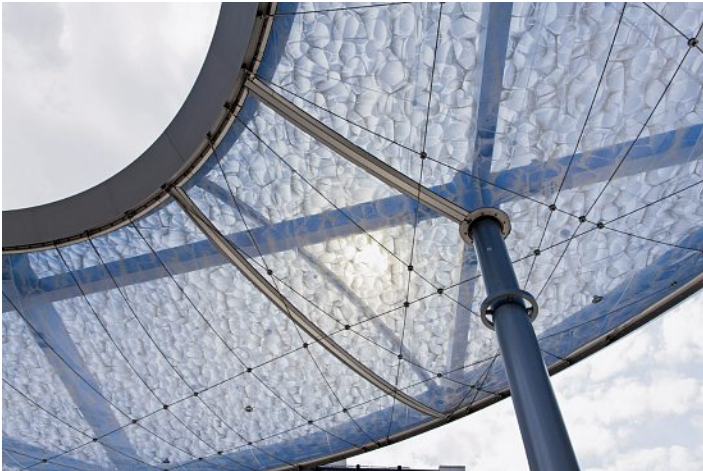
Une structure sophistiquée

La structure primaire se compose de onze supports articulés reliés à la

structure plate de manière rigide en flexion au niveau de la tête de support. Les supports de cette construction, des profilés creux rectangulaires de 400 x 200 x 9 mm sont également soudés entre eux de manière rigide en flexion. Les terminaisons des cadres tubulaires extérieurs et intérieurs stabilisent la structure. Ces cadres tubulaires courbés répondent à des exigences strictes. Ils relient les feuilles supérieure et inférieure, fixent les câbles avec des pattes et des fourches. La rigole de drainage et le pare-neige y sont fixés avant de recevoir le bandeau circulaire extérieur.



Die Planer entschieden sich für eine «chaotische» Seilführung.
 Les planificateurs ont opté pour un tracé de câbles désordonné.



Die leichte Konstruktion und die Bedruckung der Membran erzeugen im Gegenlicht eine räumliche Wirkung.

La construction légère et la membrane imprimée créent un effet spatial à contre-jour

der installierten Stützluftleistung benötigt werden.

Statik des Foliendachs

Die Grundlage für die statische Beurteilung des Foliendaches bildeten unter anderem eine Windkanaluntersuchung, welche 12 Windrichtungen und Schneelasten von 85 kg/m³ simulierte. Die verwendeten

Luftkissen werden mit 300 Pascal aufgeblasen, im Belastungsfall durch Schnee erhöht sich der Innendruck automatisch auf 850 Pascal. Die Seile tragen kurzzeitig bis zu 1200 Pascal. Die Stahlkonstruktion ist prioritär für Verformungen und Stützenausfälle durch Anprall bemessen.

>

Sur le plan de la technique d'exécution, ces deux cadres en tubes étaient soumis à des exigences très strictes. Le tracé tridimensionnel et courbé des imposants tubes ainsi que leurs équipements ont fait l'objet d'exigences particulières, les deux cadres étant assemblés et soudés à partir de pièces uniques présentant 26 rayons différents. Pour évacuer l'eau, les tubes de bord ont en outre été rehaussés jusqu'à 150 mm.

Une précision géométrique extrême

Comme les feuilles sont décollées de la structure métallique et ont été

fabriquées selon des mesures théoriques, la compatibilité dimensionnelle entre les différents composants, impérative de tous les côtés, fut un défi central. Tous les acteurs du projet ont dû scrupuleusement respecter ces points dimensionnels fixes prescrits, inhérents à la construction. Pour la structure métallique, cela signifiait, d'une part, que les écarts dimensionnels de 20 mm ne pouvaient pas être dépassés sur l'ensemble du toit, tant au niveau de la forme que de la position. D'autre part, il fallait respecter très précisément les centaines de points dimensionnels fixes cor->

ARCHITEKTUR UND TECHNIK

> Planung

Die Ausführungsplanung für die Stahlkonstruktion sowie für die Folie und das Seilnetz erfolgte durch formTL ingenieure für tragwerke und leichtbau gmbH, Radolfzell, auf Grundlage der Ausschreibung. Für die Ausführungsplanung kam das 3D-Planungsprogramm Autodesk Inventor zur Anwendung. Dadurch, dass die Ausführungsplanung nicht tranchenweise den einzelnen Unternehmen übertragen wurde, sondern für das ganze Objekt aus einem Guss entstand, konnten viele Schnittstellenklärungen und Umtriebe verhindert werden. Dies trug nicht zuletzt zu einer speditiven und rationellen Umsetzung bei.

Ein Tragwerk mit Finessen

Das Primärtragwerk besteht aus elf gelenkig gelagerten Stützen, welche am Stützenkopf biegesteif mit der ebenen Tischkonstruktion verbunden sind. Die Träger dieser Konstruktion, Rechteck-Hohlprofile 400 × 200 × 9 mm, sind ebenfalls biegesteif miteinander verschweisst. Der innere sowie der äussere Rohrrahmen bilden die stabilisierenden Abschlüsse der Tischkonstruktion. Grosse Ansprüche wurden an die erwähnten geschwungenen Rohrrahmen gestellt. Hier sind die obere und die untere Folie angeschlossen, die Seile mit Laschen und Gabeln befestigt, die Entwässerungsrinne und der Schneefang sind daran angeschweisst und letztendlich ist auch noch die aussen umlaufende Blendenkonstruktion daran befestigt. Ausführungstechnisch stellten diese beiden Rohrrahmen höchste Anforderungen. Speziell forderten der geschwungene, dreidimensionale Verlauf der wuchtigen Rohre und deren Bestückung, denn schliesslich sind die beiden Rahmen aus Einzelteilen, welche 26 verschiedene Radien aufweisen, zusammengebaut und verschweisst. Zudem wurden die Randrohre zu Entwässerungszwecken mit Überhöhungen von bis zu 150 mm hergestellt.



Geprüfte Schweisssnähte die höchsten Ansprüchen genügen.

Les soudures sont contrôlées et répondent aux exigences les plus strictes.



Vorfertigung, Zusammenbau und Ausrichtung in der Miethalle.

Préfabrication, assemblage et ajustage dans la halle louée.

Höchste geometrische Präzision gefordert

Da die Folien losgelöst von der Stahlkonstruktion, ebenfalls nach theoretischen Massen gefertigt wurden, stand eine allseitig verbindliche, massliche Abstimmung zwischen den einzelnen Fertigungskomponenten im Zentrum des Geschehens. An diese vorgegebenen konstruktionsinternen masslichen Fixpunkte hatten sich alle Beteiligten genauestens zu halten. Für die Stahlkonstruktion bedeutete dies, dass einerseits die masslichen Abweichungen von 20 mm - über die ganze Dachkonstruktion - in Form und Lage nicht überschritten werden durften.

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

> répondant explicitement à ceux du schéma des feuilles et aux coutures de celles-ci. C'était la seule manière de garantir la correspondance parfaite entre les tôles perforées des raccords des feuilles et les trous des barres de serrage des feuilles fabriquées séparément.

Assurer une précision extrême

Ruch AG a mis en pratique en temps voulu ce qu'elle avait prévu dans son offre. Dans une halle louée pour une courte durée,

Ruch AG a fabriqué les éléments de la structure métallique, puis les a assemblés. Au préalable, un géomètre avait précisément reporté les points géométriques fixes et de contrôle mentionnés sur le sol de la halle. Ces cotes ont permis d'assembler les éléments métalliques préfabriqués dans l'usine d'Altdorf, de les orienter précisément et de les souder aux endroits prévus en vue de pouvoir les transporter. C'est également à ce moment que les supports ont été soudés

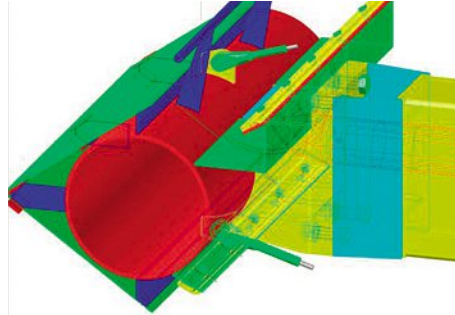
aux structures de tête qui se sont avérées complexes et toutes différentes les unes des autres. Le recours à un gabarit correspondant a garanti le respect précis des angles. Les éléments ont ensuite été transportés pour subir un traitement de surface (zingage et thermolaquage) avant d'être amenés sur le lieu de montage.

Un filet de câbles désordonné

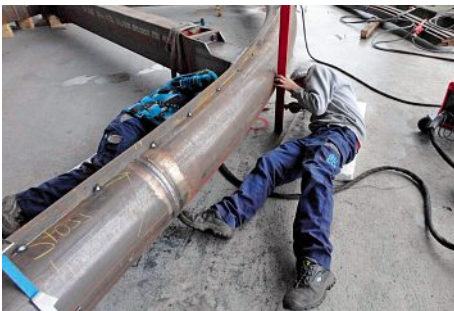
L'énorme coussin d'air d'une seule pièce est supporté et



Kreuzpunkt mit Nabe für den Stützenkopf.
Point de croisement avec moyeu pour la tête de support.



Querschnitt durch den Randträger.
Coupe de la poutre de rive.



Genaue Ausrichtung entsprechend den Markierungen des Geometers.
Orientation précise conformément aux marquages du géomètre.

Andererseits waren hunderte von masslichen Fixpunkten, welche explizit dem Folienraster, resp. den Membrannähten entsprachen, genauestens einzuhalten. Nur so liess sich gewährleisten, dass die gebohrten Bleche der Folienanschlüsse mit den Bohrungen der separat gefertigten Klemmleisten für die Folie exakt übereinstimmen.

Der Weg, der die Präzision gewährleistet

Was die Ruch AG bereits in der Offertphase vorsah, setzte sie zum gegebenen Zeitpunkt um. In einer auf Zeit gemieteten Halle fertigte die

Ruch AG die Stahlkonstruktion in Teilsegmenten und baute diese zusammen. Vorher liess sie die erwähnten geometrischen Fix- und Kontrollpunkte durch einen Geometer genauestens auf den Hallenboden übertragen. Aufgrund dieser Masspunkte liessen sich die im Werk Altdorf vorgefertigten Stahlbauteile zusammenstellen, präzise ausrichten und schlussendlich an den vorgesehenen Stellen zu transportfähigen Elementen verschweissen. Auch die Stützen wurden zu diesem Zeitpunkt mit den komplexen, sich alle unterscheidenden Kopfkonstruktionen verschweisst. Die Hilfe einer entsprechenden Masslehre gewährleistete die präzise Einhaltung der entsprechenden Winkel. Schliesslich folgte der Transport zur Oberflächenbehandlung (verzinkt und einbrennlackiert) und anschliessend zum Montageort.

Chaotisches Seilnetz

Getragen und gehalten wird das riesige einteilige Luftkissen von einem unten und einem oben angeordneten Seilnetz. Die beiden Netze wiederum sind am inneren und äusseren Dachrahmen befestigt. Dass die Anordnung und der Verlauf der einzelnen Spannseile ein brisantes Thema bilden können, dies erklärten die Ausführungsplaner wie folgt: «Wir waren schon recht weit in der Planung, als wir die radial gerichtete Seilverstärkung gegen eine zufällige änderten.»

maintenu par deux réseaux de câbles : un supérieur et un inférieur. Ils sont à leur tour fixés au cadre de toit intérieur et extérieur.

La disposition et le tracé des différents câbles de tension peuvent susciter le débat. Les planificateurs de l'exécution ont expliqué leur choix comme suit : Nous étions déjà très loin dans la planification lorsque nous avons modifié le renforcement radial par câbles par un système aléatoire. Non pas

que la solution radiale eût été mauvaise, mais, associée à une impression abstraite, qui, à l'époque, n'en était encore qu'au stade de l'ébauche, la solution des câbles non orientés était meilleure. Nous avons bien fait, car le motif des bulles de savon choisi ultérieurement n'est envisageable qu'avec une disposition désordonnée des câbles ». La conséquence de cette orientation désordonnée fut la longueur différente pour chaque câble et la forme diffé-

rente de chacune des 500 pattes soudées au tube de bord pour attacher les câbles. Pour déterminer la longueur des différents câbles, la forme pneumatique exacte du coussin a été reproduite visuellement. Les dessins de fabrication qui en ont résulté ont non seulement déterminé la longueur des câbles, mais également les positions correctes des jonctions afin de pouvoir monter le filet de câbles conformément aux prescriptions. Le coussin d'air se compose >

ARCHITEKTUR UND TECHNIK



Das horizontale Montagegerüst ermöglichte eine problemlose Montage.

L'échafaudage horizontal a permis un montage aisé.



Vorgefertigte Elemente beim Zusammenbau.
Assemblage des éléments préfabriqués.



Aufbau der Randleche.
Structure de la tôle de rive.



Präzise Zusammenführung der Randleche vor dem Schweißen.

Assemblage précis des tubes de bord avant le soudage.

> Nicht dass die gerichtete falsch gewesen wäre, aber in Verbindung mit der damals noch angedachten abstrakten Bedruckung waren ungerichtete Seile richtiger. Das war gut so, denn die später in Seifenblasen geänderte Bedruckung ist mit einer anderen als einer «chaotischen» Seilanordnung kaum vorstellbar». Konsequenz aus dieser «chaotischen» Ausrichtung war, dass so jedes Seil eine andere Länge und jede der 500 angeschweißten Laschen als Seilanschluss am Randrohr eine andere Form aufwies. Zur Längenbestimmung der einzelnen Seile wurde die exakte pneumatische Form des Kissens visuell nachgebildet. Die daraus generierten Fertigungszeichnungen benennen nicht nur die Seillängen, sondern auch die genauen Positionen der Verbindungen, um das Seilnetz überhaupt vorgabeentsprechend montieren zu können. Das Luftkissen besteht aus einer Ober- und einer Unterfolie aus ETFE, die mittels Profilschienen luftdicht an die Randrohre geklemmt und verschraubt sind. Die Dicke der Folien beträgt aus Hagelschutzgründen 250 µm. Beide Folien sind in je drei Teilsegmenten vorgefertigt und schlussendlich am Objekt miteinander verbunden worden. Die vorgängige Bedruckung erfolgte im Anschluss an verschiedenste Beurteilungen und Prüfungen mit einem Seifenbla-

senmuster. Die unsichtbaren Übergänge der Druckmuster an den einzelnen verschweißten Folienbahnen sind das erfreuliche Resultat einer konstruktiven und intensiven Zusammenarbeit zwischen Designer und Planer.

Montagelogistik

Bereits im Montagekonzept der Offerte zeigte die ARGE Foliendach den Werdegang der Montage auf. Der Bau eines rund 1500 m² grossen Flächengerüsts gewährte einen - in Anbetracht der örtlichen Verkehrssituation - optimalen Montageablauf. Das Gerüst ermöglichte eine ungestörte Montage des Stahlbaus sowie der Folie zu Zeiten an welchen parallel an den Perrons gearbeitet wurde oder die direkt darunter verlaufende Fahrspur maximal frequentiert war. Um die einzelnen Bauteile ungestört an ihren Zielort hieven zu können, stellte die ARGE im offenen Zentrum des Daches einen mobilen Baukran. Die genaue Platzierung des Krans war so auszumitteln, dass nach Vollendung eine problemlose Demontage erfolgen konnte. So konnte die schwere Stahlkonstruktion segmentweise aufgerichtet, biegesteif verschraubt und nach erfolgter Masskontrolle an den Übergängen der Dachrandrohre verschweisst werden. Die obere und die untere Folie sind in je drei Teil->

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

> d'une feuille supérieure et d'une feuille inférieure en ETFE coincées et vissées aux tubes de bord au moyen de rails profilés pour garantir l'étanchéité à l'air. Pour des raisons de protection contre la grêle, l'épaisseur des feuilles est de 250 µm. Chaque feuille a été préfabriquée en trois segments qui ont ensuite été reliés entre eux à-même l'ouvrage. L'impression préalable des bulles de savon a été effectuée à l'issue de nombreuses évaluations et analyses. Les transitions invisibles entre les motifs imprimés sur les différents

lés assemblés sont le résultat d'une collaboration intense et constructive entre designers et planificateurs.

Logistique de montage

Déjà dans l'offre, le toit en feuilles d'ARGE montrait l'évolution du montage. La construction d'un échafaudage de quelque 1500 m² permettait un montage optimal au vu de la situation locale du trafic. L'échafaudage autorisait un montage aisé de la structure métallique et de la feuille tout en permettant de travailler simultanément au niveau des quais et de

préservé au mieux la fréquentation de la voie de circulation située en contrebas. Pour pouvoir aisément amener les différents composants à destination, ARGE a installé une grue de chantier mobile au centre du toit, lequel est ouvert. Le positionnement de la grue a dû être déterminé précisément pour permettre un démontage aisé après les travaux. La lourde structure métallique a ainsi pu être montée par segments, vissée de manière rigide en flexion et, après un contrôle dimensionnel réussi, soudée au niveau des transitions des tubes

du bord du toit. Les feuilles supérieures et inférieures ont chacune été livrées en trois parties. La pose et le montage des différentes feuilles mesurant jusqu'à 350 m² furent un défi supplémentaire pour les équipes de montage. On ne dénombre que quelques rares expériences concrètes avec des membranes aussi grandes. Le plan de pliage des feuilles spécial a évité de les endommager pendant le transport et l'entreposage. Ce fut également un outil précieux pour la pose. Une fois le montage de la feuille supérieure terminé, les câbles >

ARCHITEKTUR UND TECHNIK



Die nach Plan gefaltete Folie (Membrane) wird ebenfalls nach Plan entfaltet und ausgebreitet. La feuille (membrane) pliée selon un plan est également dépliée et déployée selon un plan.

> segmenten angeliefert worden. Die Verlegung und Montage der bis zu 350 m² grossen Einzelfolien stellte die Montagecrew vor die nächste Herausforderung. Auf konkrete Erfahrungen mit so grossen Einzelfolien konnte nur bedingt zurückgegriffen werden. Ein spezieller Folien-Faltplan verhinderte einerseits Beschädigungen während Transport und Zwischenlagerung und diente als wichtiges Hilfsmittel bei der Verlegung. Nach erfolgter Montage der Oberfolie sind die Seile einzeln angebracht und miteinander verbunden worden. Das erstellte Seilnetz wies bereits im unaufgeblasenen Zustand die Konturen des Kissens auf. Zu den delikaten Tätigkeiten zählten die lagerichtige und faltenfreie Spannung der Folie. Diese Faktoren konnten nur aufgrund fehlerfreien Werkstattplänen, korrekter Stahlgeometrie, sorgfältiger Ausführung und durchdachtem Realisationskonzept erfüllt werden.

Luftkissen unter Druck

Nach der Kissenmontage erfolgte die Installation



Die Klemmschienen werden angebracht. Sie gewährleisten die Luftdichtigkeit. Pose des rails de serrage pour assurer l'étanchéité à l'air.

Technische Daten

Dachfläche:	1070 m ²
Luftvolumen:	1810 m ³
Randlängen geklemmt:	500 m
Stützluft:	Energiesparende Umlufttechnik mit Kondensationstrocknung, Sommerbetrieb mit 300 Pa, Winterbetrieb mit bis zu 850 Pa.
Kissen:	Nowoflon ET 6235z, Stärke 250 µm
Seilnetze:	3,76 km (282 Stück) Drahtseil 8-12 mm
Gewicht Stahl:	87 t
Farbe:	RAL 9006

der Stützluftanlage, welche das Luftkissen über erdverlegte Zuleitungen im Umluftsystem mit Stützluft versorgt. Zu erwähnen ist, dass die Luftdichtigkeit der Anschlüsse bereits im Vorfeld an einem Modell getestet wurde. Das Highlight, das Aufblasen des 1810 m³ fassenden Kissens, wurde dann auch mit grosser Spannung erwartet und von allen Projektbeteiligten begleitet. Das kom-

plette Dach konnte in weniger als einer Stunde auf den vorgegebenen Betriebsdruck gebracht werden. Die anschliessenden Tests belegten die Dichtigkeit der rund 500 m Anschlussfolie an den Stahl. Die Stützluftanlage, welche über entsprechende Sensoren im Kissen geregelt wird, kann so im Normalbetrieb mit ca. 15% der installierten Leistung betrieben werden. ■

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

Données techniques

Surface de toiture :	1070 m ²
Volume d'air :	1810 m ³
Longueur du bord coincé :	500 m
Soufflage :	technique d'air pulsé peu énergivore avec séchage à condensation, exploitation estivale à 300 Pa, exploitation hivernale jusqu'à 850 Pa
Coussin :	Nowoflon ET 6235z, épaisseur de 250 µm
Réseaux de câbles :	3,76 km (282 pièces), câbles de 8 à 12 mm
Poids de l'acier :	87 t
Couleur :	RAL 9006

> ont été posés un à un et reliés entre eux. Le réseau de câbles créé figurait déjà les contours du coussin à l'état non gonflé. La mise en place du coussin en bonne position et sans plis ainsi que le montage totalement étanche à l'air de la feuille furent des étapes délicates. Ces exigences n'ont pu être satisfaites qu'au moyen de plans d'atelier parfaits, d'une géométrie métallique correcte, d'une réalisation minutieuse et d'un concept de réalisation bien pensé.

Coussin d'air sous pression

Après le montage du coussin, l'on a procédé à l'installation du dispositif de soufflage, qui alimente le coussin

en air via des conduites enterrées. Précisons que l'étanchéité à l'air des raccords avait été testée au préalable sur un modèle. Le moment du gonflage du coussin de 1810 m³ était attendu avec impatience et a été suivi par tous les acteurs du projet. En moins d'une heure, l'ensemble du toit a pu être amené à la pression d'exploitation prescrite. Des tests menés ultérieurement ont démontré l'étanchéité de la feuille de raccordement de quelque 500 m au niveau de l'acier. En fonctionnement normal, le dispositif de soufflage, régulé par des capteurs intégrés au coussin, ne doit fournir qu'environ 15% de la puissance prévue. ■