

Lamellenfassade auf geometrischen Abwegen

Der Bau der Lamellenverkleidung zur Rückkühlanlage an der ETH-Zürich-Versuchsstation in Lindau ZH stellte aufgrund der unkonventionellen Geometrie höchste Anforderungen auf allen Ebenen. Engagierte Architekten, Unternehmer, Planer, Hersteller und Monteure formten das Bauvorhaben zum erfolgreichen Werk. Text: René Pellaton, Fotos: O. Hadorn AG

Die ETH-Zürich-Versuchsstation Eschikon in Lindau ZH unterhält verschiedenste Gewächshäuser, welche im Zuge der Erweiterung an ein zentrales Rückkühlsystem angeschlossen worden sind. Die Analyse des Standortes hat – bedingt durch Leitungsführungen, minimale Distanzen zu Kühlmaschinen und möglichst grosser Distanz zum Administrationsgebäude – ergeben, die Rückkühlanlage neben den Haupteingang der Anlage zu stellen. Bedingt durch die relative Grösse der Rückkühler inkl. Wartungsdistanzen entstand eine Einhausung von über 20 x 5 x 4 Metern (L x B x H). Die Rückkühlanlage wurde somit zu einem zusätzlichen Gebäude der gesamten Forschungsanlage an sehr prominenter Lage. Durch diese Positionierung erhält das Bauwerk repräsentativen Charakter und die Funktion der Visitenkarte. Die funktionellen Anforderungen an die Einhausung waren somit definiert: In erster Linie Lärmeindämmung und Sichtschutz – aber auch Projektionsfläche und Landmark.

Verdrehter – geknickter Kubus

Die Geometrie entspricht einem rechteckigen Kubus, der durch seine leichte Verdrehung aus dem rechtwinkligen Gewächshausraster eine minimale Deformation erfährt. Diese widerspiegelt den



Komplexe Geometrien – auch im Bodenbereich – prägen das Werk.

L'œuvre se caractérise par des géométries complexes, dès le niveau du sol.

Bautafel

Objekt	ETH-Zürich-Versuchsstation Eschikon FEL, 3815 Lindau
Bauherrschaft	ETH Zürich Immobilien AG, 8092 Zürich
Architekt	Burkhard & Lüthi Architektur GmbH, 8008 Zürich
Metallbauer	O. Hadorn AG, 8405 Winterthur
Ausführungsplanung	psMetalltechnik, 8463 Benken

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

Une façade à lamelles sortant de l'ordinaire géométrique

La réalisation de l'habillage en lamelles de l'installation de la station expérimentale de l'EPF Zurich à Lindau ZH a dû relever bon nombre de défis de tous ordres du fait de sa géométrie non conventionnelle. Des architectes, entrepreneurs, concepteurs, fabricants et monteurs motivés ont transformé ce projet de construction en un ouvrage remarquable.

La station expérimentale Eschikon de l'EPF Zurich à Lindau ZH entretient des serres des types les plus divers qui ont été raccordées à un système de refroidissement central lors d'une extension. L'étude de l'implantation, conditionnée par les conduites à poser, les courtes distances à respecter par rapport aux machines frigorifiques et l'éloignement souhaité du bâ-

timent d'administration, ont amené à disposer l'installation de refroidissement à côté de l'entrée principale du complexe. Compte tenu de la taille relativement importante des refroidisseurs, volume d'accès de maintenance compris, l'étude a abouti à un dispositif de confinement de plus de 20 x 5 x 4 mètres (Lo x La x H). Cette installation de refroidissement repré-

sentant donc un bâtiment supplémentaire ajouté à l'ensemble des installations de recherche, dans une situation très exposée aux regards. Du fait de ce positionnement, l'ouvrage revêt un caractère représentatif et la fonction d'une carte de visite. Les exigences fonctionnelles requises pour ce dispositif de confinement étaient donc ainsi définies : en premier lieu

isolation acoustique et masquage optique, mais aussi surface de projection et point de repère.

Parallélépipède tordu et plié

La géométrie correspond à un parallélépipède ayant subi une déformation minimale par légère torsion par rapport à la trame orthogonale de la serre. Ceci symbolise la résistance du terrain

Widerstand des gewachsenen Terrains, was ein Aufbeugen, Knicken und Entgegenstemmen in der Geometrie bewirkt. Somit wird dieses «Gebäude» zu einem identitätsstiftenden Element, das die Dynamik und Komplexität, aber auch die Widerstände und Zwänge der Forschung repräsentiert. Zu Zwecken der Einbindung in die bestehende Anlage ist die Material- und Farbwahl gleich der Lamellenstruktur des Administrationsgebäudes in Aluminium, natur-eloxiert, gewählt worden.

Frühzeitig die Weichen gestellt

«Dass wir uns für die Realisation eines geometrisch derart anspruchsvollen Bauwerks ein bewährtes 3-D-CAD-Programm sowie die CNC-gesteuerte Blechbearbeitung zu Nutzen machen wollten, war mir bereits zum Zeitpunkt der Offertstellung klar», erklärte Othmar Hadorn, Inhaber und Geschäftsleiter der ausführenden Metallbauunternehmung O. Hadorn AG aus Winterthur. «Im Zuge der Preisbildung eruierte ich

bereits meine allfälligen Partner (Subunternehmer) im Falle einer Auftragserteilung und stellte somit die wesentlichen Weichen. Zusammen mit dem Planungsbüro psMetalltechnik in Benken und dem Blechbearbeitungsunternehmen R. Schmid AG in Winterthur habe ich das Ausführungskonzept und natürlich die Kalkulation erstellt. Unmittelbar nach Auftragserteilung lud ich meine Partner zur Eröffnungsbesprechung ein», fügte Hadorn an.

Die Planung – das tragende Element

Die Geometrie des verzogenen, geknickten Kubus war nicht ganz ohne und forderte seine Macher auf allen Ebenen. Als Planungsgrundlage diente das 3-D-Achsen-system des Architekten, welches der Ausführungsplanung als Grundlage diente. Parallel erfolgte die Masskontrolle der Betonplatte am Objekt. Bereits die Maurer legten mit ihrer absoluten massgenauen Betonierung der Bodenplatte >>

naturel qui impose à la géométrie une diffraction, une pliure et une contre-taille. Ce «bâtiment» devient donc un élément forgeant une identité, représentative de la dynamique, de la complexité mais aussi des résistances et des contraintes de la recherche. Afin de réaliser l'harmonie avec les installations existantes, le choix du matériau et de la couleur devait correspondre à la structure lamellaire du bâtiment d'administration, avec recours à de l'aluminium anodisé naturel.

Des jalons posés très tôt

«Il était clair pour moi, dès l'élaboration de l'offre, que la réalisation d'un ouvrage si ambitieux du point de

vue géométrique nous imposait l'utilisation d'un programme de CAO éprouvé ainsi que de l'usinage numérique des tôles», déclarait Othmar Hadorn, propriétaire et dirigeant de l'entreprise de constructions métalliques O. Hadorn AG de Winterthur, titulaire du contrat.

«Dans le cadre du calcul du prix, j'avais déjà pris contact avec les éventuels partenaires (sous-traitants) au cas où la réalisation nous serait confiée, ceci afin de poser les principaux jalons. J'ai donc élaboré le concept d'exécution et bien entendu le montant du devis en coopération avec le bureau d'études PS Metalltechnik à Benken et l'entreprise de travail du métal R. Schmid AG à >>

ARCHITEKTUR UND TECHNIK

> einen wertvollen Grundstein zur erfolgreichen Umsetzung. Die Betonkoordinaten, inklusive dem zur Ecke ansteigenden Boden, bewegten sich im Toleranzbereich von wenigen - vernachlässigbaren - Millimetern.

Als Erstes erfolgte mit dem 3-D-Programm die planerische Modellierung des Stahlbaus. Das feuerverzinkte, stählerne Gerippe weist 20 verschiedene Stützen aus HEA 100 auf. Diese unterscheiden sich nicht nur in der Länge, sondern auch in der Ausrichtung, und dies jeweils immer auf der X- und Y-Achse. Somit waren sämtliche Stützen beidseitig, mit sich unterscheidenden,

3-dimensionalen Schifterschnitten zu planen und entsprechend zu schneiden. Diese 3-D Schnitte sind im Werk - auch unter Mithilfe der Trennscheibe - vollzogen worden. Oben wird der Stahlbau mit sechs in Länge und Ausführung verschiedenen, Rahmenträgern abgegrenzt. Zur räumlichen Stabilisation dienen elf Zug- und Druckstangen aus Rundrohr von 100 mm Durchmesser. Die Verbindungen zum Rahmenträger sind einschnittig und gelenkig ausgeführt.

Lamellen, Winkel, Ecken, Abwicklungen

Wie bereits erwähnt, wird das Bauwerk von ei-

ner in sich ausgesteiften Stahlkonstruktion gehalten. Die Dimensionierung der Stahlkonstruktion liess sich auf herkömmliche Art und Weise berechnen. Für die statische Dimensionierung der Blechlamellen musste auf tabellarische Annäherungsmethoden und auch auf Teilversuche zurückgegriffen werden, da für diese Art von Blechausbildungen kaum verwendbare Daten zur Verfügung stehen. Die rund 400 Lamellen aus farblos eloxiertem - 3 mm starkem - Aluminiumblech sind jeweils umlaufend aneinandergereiht. Die Lamellenquerschnitte sind alle identisch. Die Zusammenführungswinkel >>



1



3



2



4

1 20 differierende und unterschiedlich ausgerichtete Stützen, verschiedene Rahmenträger und Zug-Druckstangen in allen Ausbildungen prägen die Tragkonstruktion.

20 poteaux distincts et orientés différemment, diverses poutres en caisson et des tiges de traction-compression en toutes exécutions caractérisent la structure porteuse.

2 Nach der Aufrichtung sind die einzelnen Haltekonsolen befestigt worden.

Les différentes consoles supports ont été montées après la réalisation de la structure.

3 Innenansicht an den verwundenen und geknickten Kubus.

Vue intérieure du parallélépipède tordu et plié.

4 Sämtliche Stützen unterscheiden sich in der Höhe, was den Verlauf der Lamellen beeinflusst.

Tous les poteaux sont de hauteur différente, ce qui influence la disposition des lamelles.

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

> Winterthour. Dès que la commande nous a été passée, j'ai invité mes partenaires à une réunion d'ouverture», ajoute Hadorn.

La planification - l'élément porteur

La géométrie du bloc tordu et plié n'était pas tout à fait exempte de soucis et a lancé des défis de tous ordres à ses concepteurs. L'étude d'exécution a été réalisée à l'aide du système de CAO en 3D de l'architecte. En parallèle, la dalle de béton a fait l'objet d'un contrôle précis des cotes sur place. Les maçons ont déjà apporté une précieuse contribution à la réalisation avaient en bétonnant dans le respect absolu des cotes fixées. Les référentiels béton, y compris pour le sol qui

s'élevait vers le coin, se situaient dans une fourchette de tolérances de quelques négligeables millimètres. Conformément à la planification, le travail d'exécution a débuté par la modélisation de la structure en acier à l'aide du programme 3D.

L'ossature en acier galvanisé à chaud présente 20 poteaux différents en HEA 100. Ces éléments ne se différencient pas seulement de par leur longueur, mais également de par leur alignement et ce, toujours sur les axes X et Y. Tous les poteaux ont donc dû être conçus de chaque côté selon des coupes de linsoirs tridimensionnelles sécantes et coupés en conséquence. Ces coupes en 3D ont été réalisées en atelier, également à l'aide de disques

à tronçonner. La structure est délimitée sur le dessus par un cadre réalisé avec six poutres en caisson de longueurs et d'exécutions différentes. La stabilité spatiale de l'ensemble est assurée par 11 barres de traction et de compression en tube rond de 100 mm de diamètre. Les liaisons avec les poutres en caisson sont réalisées par joints articulés à section simple.

Lamelles, angles, coins et développements

Comme déjà évoqué, l'ouvrage est supporté par une structure en acier raidie. Le dimensionnement de cette structure acier a été effectué selon les méthodes traditionnelles. Pour ce qui est du dimensionnement sta-

tique des lamelles de tôle, il a été nécessaire de recourir à des méthodes par approximation à partir de tables ainsi que partiellement à des essais, car il n'existait pratiquement aucune donnée exploitable pour ce type de formes de tôles. Les quelque 400 lamelles en tôle d'aluminium anodisé incolore de 3 mm d'épaisseur sont alignées les unes sur les autres en un mouvement enveloppant. Les sections de lamelles sont toutes identiques. Les angles d'assemblage sont toutefois tous différents du fait des alignements en torsion et remontants. Les angles de transition biseautés des lamelles sont soudés par-dessous afin de rendre invisible toute altération de teinte de la couche d'anodi- >>

ARCHITEKTUR UND TECHNIK

> jedoch sind auf Grund der sich verwindenden und ansteigenden Fluchten alle unterschiedlich. Die Eckübergänge der Lamellen sind von unten geschweisst, so dass eine allfällige Verfärbung der Eloxalschicht nicht sichtbar wird. Die Stossausbildungen der Lamellen befinden sich jeweils ca. 0,5 m neben der Richtungsänderung. Auf der Unterseite der Blechlamellen sind an den Enden einzelne Halteschwerter angeschweisst. Die Stahlstützen sind mit aufsteigend angeordneten Langlochreihen versehen, welche eine massgenaue Verschraubung der Haltekonsolen gewährleisten. Die Lochenteilung entspricht einer tabellarischen Teilung der Stützenlänge, dividiert durch die Anzahl der Lamellen. Die rund 400 Haltekonsolen sind winkelförmig abgekantet. Alle weisen unterschiedliche Winkel und somit Ausbildungen auf. Die seitlichen Langlöcher ermöglichen ein genaues Ausrichten der Lamellen am Bau. Nach der Ausrichtung erfolgte eine zusätzliche Fixierung durch eine Stellschraube.



Verschiedenste Winkel und Fluchten - eine Herausforderung der besonderen Klasse.
Différents angles et alignements - un défi d'une classe particulière.

Planungsvorgang

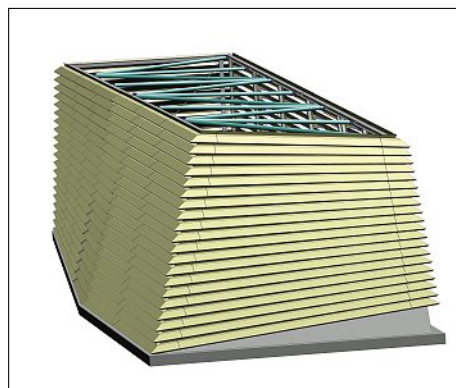
Aufgrund des im 3-D-System modellierten Stahlgerippes ist im Plan der Lamellenmantel angebaut worden. Nach Festlegung des Lamellenquerschnittes und der vertikalen Einteilung im Bereich der Eckstützen konnten die einzelnen Lamellenreihen Schritt für Schritt zu einem komplexen Lamellenmodell geformt werden. Aus dem Lamellenmodell generierte der Planer schlussendlich die einzelnen sich immer unterscheidenden Abwicklungspläne für Lamellen und Konsolen. Diese, als dxf-Daten abgespeicherten Grundlagen sind dem Blechbearbeitungscenter zur Herstellung übertragen worden. Die Bleche sind den Blechtafeln entsprechend optimiert, mit dem Laser zugeschnitten und anschliessend mit einer CNC-gesteuerten Abkantmaschine gebogen worden.

Montage von höchster Präzision

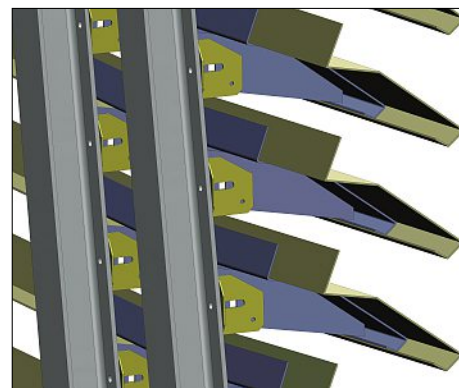
Als Erstes erfolgte die Montage der Stahlkon-

struktion, abgestellt auf die vorbetonierte Bodenplatte. Hier war die Montageequipe der O. Hadorn AG gefordert, präziseste Arbeit zu leisten, denn bereits Abweichungen von wenigen Millimetern hätten für die anschliessenden Arbeiten grosse Schwierigkeiten bedeuten können. Um die komplexe Massgeometrie genau überprüfen zu können, standen aus den Plangrundlagen die entsprechenden Kernmasse zur Verfügung.

Nach der Aufrichtung des Stahlbaus sind die Lamellenkonsolen angebracht, ausgerichtet und provisorisch fixiert worden. Die jeweilige Einteilung resultiert, wie bereits erwähnt, aus der Division «Stützenlänge durch Anzahl Lamellen». Anschliessend wurden die Lamellenbänder aneinandergereiht. Die Montage erfolgte immer horizontal umlaufend. Die genaue Ausrichtung ist von Auge und allenfalls mit Hilfe von Richtschnüren vollzogen worden. ■



Ansicht 3-D-Modell
Vue du modèle 3D



Die Lamellenkonsolen sind in alle Richtungen justierbar.
Les consoles porte-lamelles sont réglables dans tous les sens.

ARCHITECTURE ET TECHNIQUE

> sation. Les développements des abouts de lamelles se situent respectivement à environ 0,5 m de l'axe non aligné. Des linguets supports individuels sont soudés à chaque extrémité, sur la face inférieure des lamelles de tôle. Les poteaux en acier sont pourvus de séries de trous oblongs verticaux permettant le vissage à la cote précise des consoles supports. La répartition de ces trous correspond au pas tabulaire de la longueur des poteaux, divisé par le nombre de lamelles. Les quelque 400 consoles supports sont pliées sous un certain angle. Toutes présentent des angles et donc des configurations distinctes. Les trous oblongs transversaux permettent l'alignement précis des lamelles à la pose. Une fois ces dernières alignées correctement, une vis de blocage assure une fixation supplémentaire.

Processus d'étude

Le plan de pose du manteau en lamelles a été élaboré sur la base de la structure acier modélisée sur le système 3D. Après détermination de la section des lamelles et la répartition verticale dans la zone des poteaux d'angle, les différentes rangées de lamelles ont pu être façonnées, pas après pas, en un modèle de lamelles complexe.

À partir de ce modèle de lamelles, le concepteur a finalement généré les plans de déroulement évolutifs pour les lamelles et les consoles. Ces bases mémorisées sous forme de documents dxf ont été transmises au centre d'usinage de tôle pour réalisation. Le positionnement des lamelles a été optimisé sur les grandes tôles avant leur découpage au laser et leur pliage sur une machine à plier à commande numérique.

Montage de la plus haute précision

Le montage a commencé par la structure d'acier reposant sur la dalle de béton préalablement réalisée. Pour ce faire, l'équipe de montage de O. Hadorn AG s'est vu imposer un travail de très grande précision, car tout écart de quelques millimètres aurait entraîné de très grosses difficultés pour la suite des opérations. Pour pouvoir vérifier la géométrie de masse complexe, les monteurs disposaient des cotes fondamentales issues des documents d'étude. Les consoles portant

les lamelles ont été montées après réalisation de la structure acier, alignées et fixées provisoirement. La répartition correspondante résulte, comme déjà indiqué, de la division «de la longueur de poteau par le nombre de lamelles». Puis les bandes de lamelles ont été alignées les unes sur les autres. Le montage a toujours été effectué à l'horizontale par enveloppement. L'alignement correct a été effectué à l'œil nu et le cas échéant, à l'aide de cordeaux d'alignement. ■

Panneau de chantier

Objet	Station expérimentale EPF Zurich Eschikon FEL 3815 Lindau
Maître d'ouvrage	ETH Zurich Immobilien AG, 8092 Zurich
Architecte	Burkhard & Lüthi Architektur GmbH, 8008 Zurich
Constructions métalliques	O. Hadorn AG, 8405 Winterthur
Étude d'exécution	psMetalltechnik, 8463 Benken

Fünf Fragen an den Metallbauunternehmer Othmar Hadorn

Herr Hadorn, die Realisation eines solchen Objekts birgt doch einige Risiken. Was hat Sie motiviert, eine entsprechende Offerte einzureichen?

Abgesehen vom doch relativ hohen Wertschöpfungsanteil reizte mich die Herausforderung, etwas nicht Alltägliches zu bauen. Mit meinen kompetenten 18 Mitarbeitenden (wovon fünf Lehrlingen) und den frühzeitig involvierten Subunternehmern wusste ich, dass mein Angebot auf einem seriösen und immer nachvollziehbaren Fundament steht.

Der Bau ist fertiggestellt. Sind Sie zufrieden mit dem Geleisteten?

Ja, auf jeden Fall: Es ist ein gutes Gefühl, wenn man als Unternehmer nach der Bauvollendung sagen darf, dass im Grundsatz alles richtig gemacht worden ist und die Abwicklung in technischer wie finanzieller Hinsicht erfolgreich war.

Wie stellten sich Ihre Mitarbeitenden zu diesem verrückten Werk?

Ich habe ausschliesslich erfreute Gesichter gesehen. Schlussendlich ist es ja auch für die Mitarbeitenden eine Motivation, etwas Aussergewöhnliches zu bauen, denn ein solches Projekt lässt die Involvierten in kurzer Zeit sehr viele Erfahrungswerte sammeln.

3600 kg Aluminiumblech, resp. 400 Stück unterschiedlich ausgeführte Lamellen bilden den Mantel dieser Anlage. Konnte der Materialausschuss in Grenzen gehalten werden?



Ja, absolut. Ich darf mit Stolz betonen, dass jede einzelne Lamelle und jede Konsole genauestens gepasst haben und wir keine Teile ersetzen mussten. Dies ist unbestritten auf die exakte und fortschrittliche 3-D-Planung zurückzuführen.

Wo liegen die Gründe für diese erfolgreiche Abwicklung?

Es sind sicher mehrere Faktoren, die ein solches

Projekt beeinflussen. Bestimmt bildete das im Offerstadium erarbeitete Ausführungskonzept den Grundstein. Als sehr wichtig und den Erfolg beeinflussend erwies sich unsere glückliche Teambildung. Alle beteiligten Personen - vom Architekten über den Planer, den Blechbearbeiter bis zum Lehrling, der noch die letzte Schraube angezogen hat - haben auf allen Ebenen immer im Interesse des Projekterfolges gearbeitet. ■

Cinq questions à l'entreprise de constructions métalliques Othmar Hadorn

Monsieur Hadorn, la réalisation d'un tel objet comporte tout de même quelques risques. Qu'est-ce qui vous a motivé à déposer une offre ?

En dehors de la part relativement importante de valeur ajoutée, j'ai été attiré par le défi de réaliser quelque chose sortant de l'ordinaire. Grâce à mes 18 collaborateurs hautement qualifiés (dont 5 apprentis) et à l'implication précoce de sous-traitants, je savais que mon offre reposait sur des bases sérieuses et toujours vérifiables.

3600 kg d'aluminium sous la forme de 400 lamelles de forme

différentes constitue le manteau de cette installation. Avez-vous pu limiter la quantité de chutes ?

Oui, absolument : je suis en mesure de vous annoncer avec fierté que chaque lamelle et chaque console est venue s'insérer exactement à sa place et que nous n'avons dû remplacer aucune pièce. Ceci, nous le devons incontestablement à la préparation moderne et précise sur modèle 3D.

La construction est achevée.

Êtes-vous satisfait de la tâche accomplie ?

Oui, en tout état de cause : c'est très valorisant lorsqu'en tant qu'entre-

preneur, on peut dire après achèvement, qu'en principe, tout a été effectué correctement et que le déroulement du chantier peut être qualifié de réussi, tant du point de vue technique que financier.

Quelles sont les raisons du succès de cette réalisation ?

Un tel projet est influencé à coup sûr par plusieurs facteurs. Déjà le concept d'exécution élaboré au stade de l'offre a constitué la pierre angulaire. Ensuite, l'équipe motivée que nous avons a aussi été un des éléments majeurs ayant influé le succès. Toutes les personnes concernées, à quelque niveau d'interven-

tion que ce soit, ont toujours travaillé pour que le projet soit un succès : de l'architecte en passant par le bureau d'étude, du ferblantier à l'apprenti qui a serré la dernière vis.

Quelle a été l'attitude de vos collaborateurs face à ce projet dingue ?

Je n'ai vu que des visages réjouis. Finalement, c'est aussi une motivation pour les collaborateurs de réaliser quelque chose sortant de l'ordinaire, car un tel projet permet aux participants d'acquérir en peu de temps une riche expérience. ■