

Stählerne Wendeltreppe im Kloster

Das ehemalige Benediktinerkloster auf der Insel Rheinau ist umfangreich saniert worden und das neue Zentrum steht seit diesem Jahr u. a. Laienensembles für die Durchführung von Probenwochen, Musiklagern oder Kursen zur Verfügung. Im Zuge der Erneuerung wurde eine beeindruckende – aus Stahl geformte – Wendeltreppe eingebaut. Details zur Ausführung erfahren Sie im Beitrag. Text: Artho Marquart, Lenzlinger Söhne AG, Bilder: Stefan Küng, Uster

Vor mehr als tausend Jahren ist die Insel aufgrund ihrer geografisch und strategisch vorteilhaften Lage als Klosterstandort für den Aufbau einer Benediktinerabtei ausgewählt worden. Die ursprüngliche Anlage wurde ab dem 12. Jahrhundert schrittweise aus- und umgebaut. 1710 erhielt das Kloster zusätzlich einen Glockenturm und auch die ursprünglichen Gebäude mussten im Laufe der Zeit üppigen Bauten aus der Zeit der Renaissance und des Barocks weichen. Bevor das Kloster 1862 geschlossen wurde, verlor es bereits 1803 seine Souveränität und ist eine Landgemeinde des Kantons Zürich geworden. Aber auch nach der Schliessung wurde die ruhige, idyllische Lage der Anlage weiterhin geschätzt. Bis zum Jahr 2000 ist die Insel Rheinau fortan von der kantonalen Psychiatrischen Klinik als Standort genutzt worden. Nach deren Wegzug konnte kein Nachfolgemietler mehr gefunden werden und die Räumlichkeiten blieben leer.

Umfassende Sanierung

Die Basis für die Rettung der Klosterinsel konnte 2009 mit der Gründung der Stiftung Schweizer Musikinsel Rheinau gelegt werden. Unter der Führung und mit Hilfe der finanziellen Mittel von Alt-Bundesrat Christoph Blocher gelang es, auch auf politischer Ebene eine Mehrheit für den Klostererhalt zu erreichen. In der Folge



Klosterinsel Rheinau – ein besinnlicher Ort in der Schweiz mitten im Rhein.

L'île de Rheinau au milieu du Rhin et son monastère constituent un haut-lieu de méditation en Suisse.

verabschiedete der Kantonsrat 2012 einen Kredit von 28,5 Millionen Franken, sodass der Weg für eine umfassende Sanierung der Gebäude und die Einrichtung eines Zentrums für Musik frei war. 2014 konnte das Zentrum eingeweiht werden und steht seither Laienensembles für die Durchführung von Probenwochen, Musiklagern oder Kursen zur Verfügung. Neben einer Vielzahl von Probenräumen bietet das Musikzentrum auch Übernachtungsmöglichkeiten an. Im Zuge der Neuausrichtung wollte man auch die oberen Räume besser erschliessen. Zu diesem Zweck planten die Architekten eine schlanke, stählerne,

wie aus einem Guss wirkende Wendeltreppe. Für die Planung, Herstellung und Montage ist die Firma Lenzlinger Söhne AG, Metallbau, beauftragt worden.

Statische Berechnungen

Als Besonderheit in statischer Hinsicht erwies sich die Tatsache, dass die Kräfte dieser Treppe nur im Erdgeschoss in das Gebäude, beziehungsweise in das Fundament, eingeleitet werden konnten. Die vorhandene Bodenkonstruktion im 1. Obergeschoss mit der gewölbeförmig vergipsten Untersicht liess keine zusätzlichen Belastungen zu. Der Ausschnitt in der Decke, der für die Treppendurchdringung gemacht werden musste, schwächte diese zusätzlich. Die Dimensionierung der gesamten Konstruktion bezüglich Verformung und zulässigen Spannungen wurde mittels eines Programms, auf der Basis der «Finite-Elemente-Methode (FEM)», ausgeführt. Die Berechnungen zeigten, dass die Fundamentplatte entsprechend zu verstärken war. Zur fachgerechten Montage der Treppe war zudem der Einbau von zwei Stahlträgern im Fundament notwendig. Das Resultat der statischen Berechnungen diente auch als Grundlage zur Dimensionierung der Schweissnähte. Diese konnten, je nach Lage und Beanspruchung, auf das notwendige Mass reduziert werden. >

CONSTRUCTION D'ESCALIERS / TECHNIQUE DE TÔLERIE

Escalier en colimaçon en acier dans un monastère

L'ancien monastère bénédictin de l'île de Rheinau a été entièrement rénové et accueille depuis cette année des ensembles amateurs pour des semaines de répétition, des camps musicaux ou des cours. Dans le cadre des travaux de rénovation, un impressionnant escalier en colimaçon en acier y a été construit. Cet article présente en détail sa réalisation.

Le site de ce monastère a été choisi il y a plus de 1000 ans pour accueillir une abbaye bénédictine en raison de sa situation géographique et stratégique avantageuse. A partir du XIIe siècle, l'emplacement originel est progressivement étendu et trans-

formé. En 1710, le monastère est doté d'un clocher et le bâtiment originel cède progressivement la place à des constructions fastueuses de style Renaissance et baroque. Le monastère commence à perdre de sa souveraineté dès 1803 et devient une commune

rurale du canton de Zurich. Il ferma finalement ses portes en 1862. Mais le calme et la situation idyllique de l'endroit ont continué d'être appréciés après la fermeture du site. L'île de Rheinau accueillera la clinique psychiatrique cantonale jusqu'en l'an

2000. Ensuite, les locaux resteront désespérément vides, aucun occupant n'ayant pu être trouvé.

Rénovation complète

Les bases du sauvetage de l'île et de son monastère ont été jetées en >



Die Schweissarbeiten am Montageort sind im MAG-Verfahren 135 durch geprüfte Schweisser ausgeführt worden.

Vue plongeante depuis le haut de l'escalier
Les travaux de soudure sur le lieu de montage ont été réalisés par un procédé MAG 135 par des soudeurs certifiés.

Bautafel

Bauherrschaft: Baudirektion Kanton Zürich
Hochbauamt, 8090 Zürich

Architekt: Bembé Dellinger Architekten
D-86926 Greifenberg

Bauleitung: Caretta + Weidmann, 8047 Zürich

**Metallbau-
unternehmer:** Lenzlinger Söhne AG, 8606 Nänikon



Die stählerne Treppe wendet sich um mehr als 360° nach oben. Die Massaufnahme erfolgte mit einem 3D-Laserscanner.

L'escalier métallique effectue une rotation de plus de 360° vers le haut. La prise de mesures a été effectuée avec un scanner laser en 3D



Elegant wirkt der Austritt im Obergeschoss.

Palier de dégagement supérieur

La sortie à l'étage séduit par son élégance.



Die Aussenwange ist aus gewalztem, 12 mm starkem Stahlblech gefertigt. Für die Innenwange kam 30 mm-Stahlblech zur Anwendung.

L'ensemble de l'escalier vu sous un autre angle
Le limon extérieur a été réalisé dans une tôle d'acier roulée d'une épaisseur de 12 mm. L'épaisseur de la tôle d'acier du limon intérieur est de 30 mm.

TREPPENBAU / BLECHTECHNIK

> Dieses Vorgehen gewährleistete nicht nur den wirtschaftlichen Einsatz der Fertigungsverfahren, sondern es reduzierte auch die Kosten.

3D-Planung erforderlich

Im Metallbau sind mehrheitlich noch 2D-CAD-Programme im Einsatz. In Ausnahmefällen und bei komplexen geometrischen Formen im dreidimensionalen Bereich werden aber auch 3D-CAD-Programme eingesetzt. Die Geometrie des vorliegenden Bauteils verlangte die Erfüllung hoher Anforderungen, so dass der Einsatz eines 3D-CAD-Programms gerechtfertigt erschien. Zusätzlich schränkten die komplexe Form der Treppenkonstruktion und das bestehende Deckengewölbe die konstruktiven Handlungsalternativen zusätzlich ein, so dass Messgeräte und Planungsprogramme im 3D-Bereich eingesetzt werden mussten. Die Datenerfassung am Objekt erfolgte mittels 3D-Laserscanner. Die Daten wurden zur weiteren Bearbeitung vom 3D-Zeichnungsprogramm übernommen.

3D-Laserscanning in der Architektur- und Baubranche

In der Planungsphase von Metallbauteilen sind verlässliche Messdaten besonders wichtig, und die fehlerfreie Erfassung des Aufmasses am bestehenden Objekt bildet bei Umbauten die



Beeindruckend:
Die Geometrie erinnert an eine Nautilus-Schnecke.
La forme saisissante ressemble à un coquillage de nautilus.

Grundlage einer soliden Planung. Dies trifft sowohl bei Innenräumen als auch bei Aussenanlagen zu. Eine reine Bearbeitung im 2D-CAD-Bereich reicht dabei vielfach nicht mehr aus. Mit dem 3D-Laserscanner wird ein Objekt auf strukturierte Weise abgetastet und vermessen. Die so gescannten Daten werden von den 3D-CAD-Programmen übernommen und erscheinen dort als Punktwolke, welche als Grundlage für die weitere Bearbeitung der Daten dient und vielfältige Auswertungen ermöglicht. Mit der vollautomatisierten Übernahme der Daten vom Scanner in die Zeichnungsprogramme können Planungsfehler weitgehend vermieden werden.

Nur wenig Werkstattarbeit erforderlich

Der Fertigungsanteil in der Werkstatt war verhältnismässig gering, da auch kleinere Elemente nicht

vorgängig zusammengebaut werden konnten. Für die Herstellung der benötigten Formen und die Einhaltung der geometrischen Masse der Bleche wurden qualitativ hochstehende Maschinen eingesetzt. Zusätzlich wurden die Bleche vor dem Walzen markiert, um die hohen Anforderungen, welche beim Walzen von 30 mm dicken Stahlblechen mit einem Radius von 275 mm erfüllt werden müssen, erreichen zu können. Zu beachten war natürlich auch, dass ein zum Walzen geeignetes Blech gewählt wurde, das nach dem Walzen auf die Einbaugrösse zugeschnitten und an welchem die notwendigen Schweissnahtvorbereitungen getroffen werden konnten.

Anspruchsvolle Montage

Die Montage vor Ort erfolgte unter erschwerten Bedingungen. Aufgrund der engen Platzverhält- >

CONSTRUCTION D'ESCALIERS / TECHNIQUE DE TÔLERIE

> 2009 avec la création de la fondation «Schweizer Musikinsel Rheinau». Des moyens financiers sont trouvés et, sous la houlette de l'ancien Conseiller fédéral Christoph Blocher, une majorité politique se dégage pour la sauvegarde du monastère. En 2012, le Grand Conseil vote un crédit de 28,5 millions de francs et ouvre ainsi la voie à une rénovation complète du bâtiment et à l'aménagement d'un centre consacré à la musique. Le centre est finalement inauguré en 2014 et accueille depuis lors des ensembles amateurs pour des semaines de répétition, des camps musicaux ou des cours. En plus des nombreuses salles de répétition, le centre musical propose aussi des possibilités d'hébergement. Pour ce changement de cap, les responsables ont souhaité mieux aménager les locaux supérieurs. Dans cette optique, les architectes ont imaginé un escalier en colimaçon en acier, élané et à l'aspect monobloc. C'est l'entreprise de construction métallique Lenzlinger Fils SA qui a été mandatée pour en réaliser la planification, la fabrication et le montage.

Calculs statiques

Il est rapidement apparu que, pour des raisons statiques, les forces de cet

escalier ne pouvaient être déviées que vers le rez-de-chaussée du bâtiment, et plus précisément dans les fondations. La structure du sol existante du premier étage, caractérisée par sa sous-face voûtée enduite, n'autorisait aucune contrainte supplémentaire, d'autant plus que le plafond avait encore été un peu plus affaibli par la découpe qui y avait été opérée afin d'y faire passer l'escalier. Le dimensionnement de l'ensemble de la construction en termes de déformation et de contraintes admissibles a été réalisé au moyen d'un programme basé sur la « méthode des éléments finis (FEM) ». Les calculs ont mis en évidence la nécessité de renforcer la dalle de fondation. Le montage correct de l'escalier a en outre nécessité la pose de deux poutres métalliques dans les fondations. Les calculs statiques ont également servi de base pour dimensionner les soudures, lesquelles ont pu être réduites au minimum nécessaire selon la situation et les sollicitations. Cette étape a non seulement permis d'utiliser les procédés de fabrication de manière économique, mais aussi de réduire les coûts.

Nécessité d'une planification en 3D

Dans la construction métallique, l'on

utilise encore majoritairement des programmes de CAO en 2D. Pour des formes tridimensionnelles complexes, les concepteurs ont aussi recours à des programmes de CAO en 3D, mais c'est plutôt exceptionnel. La géométrie du présent élément de construction imposait le respect d'exigences strictes, ce qui a justifié l'utilisation d'un programme de CAO en 3D. De plus, la forme complexe de l'escalier et la voûte du plafond existante réduisaient encore un peu plus les possibilités de construction, de sorte que des appareils de mesure et des programmes de planification en 3D ont dû être utilisés. La saisie des données sur place a été effectuée au moyen de scanners laser en 3D. Les données ont ensuite été introduites dans le programme de dessin en 3D pour y être éditées.

La numérisation laser en 3D dans la branche de l'architecture et de la construction

Pendant la phase de planification des composants métalliques, il importe de pouvoir compter sur des données de mesure fiables. Dans le cadre de travaux de transformation, un relevé de cotes sans erreur au niveau de l'objet existant constitue la base d'une planification solide. Cela est

vrai tant pour les locaux intérieurs que pour les aménagements extérieurs. Il est fréquent qu'un simple traitement CAO en 2D ne suffise pas. Avec le scanner laser en 3D, l'objet est numérisé et mesuré de manière structurée. Les données ainsi collectées sont reprises par les programmes de CAO en 3D et y apparaissent sous forme d'un nuage de points qui sert de base pour le traitement ultérieur et permet de nombreuses évaluations. La prise en charge entièrement automatisée des données du scanner dans les programmes de dessin permet d'éviter pratiquement toutes les erreurs de planification.

Travail en atelier limité

La proportion de fabrication en atelier était relativement faible, étant donné que même les éléments plus petits ne pouvaient pas être assemblés préalablement. Pour réaliser les formes nécessaires et respecter les dimensions géométriques des tôles, des machines de très grande qualité ont été utilisées. Les tôles ont en outre été marquées avant le roulage afin de répondre aux exigences strictes en termes de roulage de tôles d'acier de 30 mm d'épaisseur et d'un rayon de 275 mm. Il va de soi que les concepteurs avaient opté pour une >

TREPPENBAU / BLECHTECHNIK

> nisse musste die Treppe weitgehend zerlegt und stückweise in das Gebäude eingebracht werden. Zusätzlich musste für die Positionierung der einzelnen Teile im 1. Obergeschoss eine spezielle Vorrichtung mit Hebegevätern eingebaut werden, da die einzelnen Teile bis zu 200 kg schwer und zudem unförmig in der Handhabung waren.

Bei der Montage ist zuerst der innere vierteilige Wendel positioniert, geheftet, verschweisst und am Schluss in die richtige Position gedreht worden. Anschliessend wurde die obere Podestkonstruktion mit Geländer eingebaut. Der weitere Einbau erfolgte nach den bekannten Vorgehensmodellen, die im Wendeltreppenbau angewendet werden: Von oben nach unten sind die einzelnen Tritte und die aussenliegenden Wendelbleche laufend eingebaut worden.

In einem nächsten Schritt wurde die gesamte Konstruktion auf die vorgängig eingebauten und nachträglich einbetonierten Stahlträger gestellt und biegesteif verschweisst. Da die Treppe nur im unteren Bereich die statisch auftretenden Kräfte aufnehmen konnte, musste der unteren Einspannung ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Die Kräfte, welche in das Fundament eingeleitet wurden, waren erheblich. Dies wiederum setzte bauseits besondere Vorkehrungen voraus. Die Bodenplatte musste an Ort und Stelle mit einer Sonderarmierung und zwei Stahlträgern, die mit Verbundbolzen versehen waren, ausgebildet werden. Während des gesamten Einbaus war die Treppe durch eine genau positionierte Hilfskonstruktion, die als Einbaulehre diente, abgestützt. Dadurch konnten die einzelnen Elemente in der richtigen Position verschweisst werden.

Schweissen auf der Baustelle

Die Schweissarbeiten am Objekt sind im MAG-Verfahren 135 durch geprüfte Schweisser, ausgeführt worden. Als Grundlage diente die Schweissanweisung (Welding Procedure Specification) sowie die vorhandene Verfahrens->



Im unteren Teil ist die Treppenkonstruktion noch unverkleidet. Die einzelnen Stufen sind gut sichtbar. Die eingebauten Stahlträger dienen der Aufnahme der Kräfte in das Fundament.

La partie inférieure de la structure de l'escalier n'est pas encore habillée. Les différentes marches sont bien visibles. Les poutres métalliques enfouies servent à absorber les forces dans les fondations.



Gut sichtbar ist das vertikale Stützrohr, welches als «Gerüst» für den Zusammenbau der Wendeltreppe dient.

Le support tubulaire vertical ayant servi d'« échafaudage » pour l'assemblage de l'escalier en colimaçon est bien visible.



Der Ausbildung des Fusspunktes musste bei der Herstellung besondere Beachtung geschenkt werden. Die statischen Berechnungen zeigten, dass enorm hohe Kräfte auf einem möglichst kleinen Raum eingeleitet werden müssen. Der innere Treppenwendel aus 30 mm dicken Stahlblechen erzeugt unter voller Belastung eine Druckkraft von 143 kN nach unten sowie eine seitliche Verschiebekraft von 50 kN. Der äussere Wendel aus 12 mm dicken Stahlblechen hingegen eine Zugkraft von 35 kN nach oben. Die horizontale Verschiebekraft der Treppe beträgt 50 kN. Der gesamte untere Anschlussbereich musste biegesteif ausgeführt werden.

Une attention particulière a dû être portée au pied de l'escalier, les calculs statiques ayant révélé que des forces énormes devaient être introduites sur un espace extrêmement restreint. A pleine charge, le limon intérieur de l'escalier en tôles d'acier de 30 mm d'épaisseur génère une force de compression de 143 kN vers le bas ainsi qu'une force de déplacement latérale de 50 kN. En revanche, le limon extérieur en tôles d'acier de 12 mm d'épaisseur génère une force de traction de 35 kN vers le haut. La force de déplacement horizontale de l'escalier s'élève à 50 kN. L'ensemble de la zone de raccord inférieure a dû être réalisé de manière rigide en flexion.

CONSTRUCTION D'ESCALIERS / TECHNIQUE DE TÔLERIE

> tôle pouvant être roulée, puis découpée à dimension et qui permettait de réaliser les travaux de soudure préparatoires nécessaires.

Montage exigeant

Le montage sur place s'est avéré particulièrement complexe. Vu le peu de place disponible, l'escalier a dû en majeure partie être introduit dans le bâtiment en pièces détachées et pièce par pièce. Il a en outre fallu installer un dispositif spécial et des appareils de levage pour le positionnement des nombreuses parties au premier étage, étant donné que les différents éléments pesaient jusqu'à 200 kg

et que leurs formes rendaient leur maniement compliqué. Les monteurs ont commencé par positionner, fixer et souder le limon intérieur composé de quatre morceaux pour ensuite l'orienter dans la bonne position. Le montage s'est poursuivi par la pose du palier supérieur et de sa balustrade. La suite du montage a été réalisée selon des modèles connus de construction d'escaliers en colimaçon : montage des différentes marches en partant du haut et mise en place progressive des tôles du limon extérieur. L'étape suivante fut le soudage rigide en flexion de l'ensemble de la structure sur les poutres en acier préalablement

posées, poutres qui seront ultérieurement enfouies dans le béton. Comme l'escalier ne pouvait absorber les forces statiques que dans la zone inférieure, une attention particulière a dû être portée à la fixation inférieure. Les forces introduites dans les fondations étaient considérables, ce qui a de nouveau exigé des mesures particulières sur le chantier. La dalle a dû être équipée sur place d'une armature spéciale et de deux poutres métalliques pourvues de boulons composites. Pendant toute la pose, l'escalier a reposé sur une structure auxiliaire positionnée précisément et qui a servi de gabarit de pose. Cela

a permis de souder les différents éléments dans la bonne position.

Travaux de soudure sur le chantier

Les travaux de soudure sur place ont été exécutés par des soudeurs certifiés avec un procédé MAG 135 conformément aux instructions de soudage (Welding Procedure Specification) ainsi qu'au contrôle de procédure existant. Ainsi, les soudures verticales montantes (PF) ont été réalisées avec un arc court, c'est-à-dire avec une faible tension d'arc et une intensité de courant basse. Le gaz utilisé était du CO₂, comme souvent pour les soudages en position, afin



Von oben nach unten laufend erfolgt der Einbau der einzelnen Tritte gleichzeitig mit der äusseren Treppenwange.

La pose des différents marches se fait de haut en bas en même temps que la pose du limon extérieur.



Die Untersicht wird aus fünf Stück «schraubenförmig» gewalzten Blechstreifen zusammengebaut und verschweisst. Der Einbau erfordert einen hohen Grad an handwerklichem Wissen und Können.

La sousface se compose de cinq bandes « hélicoïdales » en tôle roulées et soudées. Leur pose exige un grand savoir-faire artisanal.

>prüfung. So wurden beispielsweise die Steignähte PF mit kurzem Lichtbogen KLB, d.h. mit niedriger Lichtbogenspannung und Stromstärke im unteren Bereich geschweisst. Als Gas wurde, wie oftmals in Zwangslagen, CO₂ eingesetzt, um ein kleines Schweißbad und einen tiefen Einbrand zu erreichen. Gut eingestellte Schweißgeräte erzeugen einen fast spritzerfreien Werkstoffübergang und die laufende Sichtkontrolle (VT) der Schweißnähte während der Ausführung diente als zusätzliche Massnahme zur Sicherstellung einer hohen Qualität. Innerhalb eines Schweißfolgeplans sind die Schweißfolge der einzelnen Nähte und der Ablauf des Zusammenbaus eindeutig festgelegt worden. Und auch hier kam eine zusätzliche Qualitätskontrolle zum Einsatz, indem jeweils vorgängig geprüft wurde, ob Verzug oder Eigenspannungen vorrangig zu vermeiden waren. Beim Schweißen von Dickblechen im Bereich von 30 mm stehen die Eigenspannungen im Vordergrund. Der Verzug kann, sofern die richtige Schweißnahtfolge beachtet wird, weitgehend vermieden werden.

Oberfläche

Der Einbau der Treppe erfolgte in rohem Zustand. Nach dem Verschweißen wurde die Oberfläche gespachtelt, grundiert und mit Farbe beschichtet. Einer möglichst glatten Oberfläche ist dabei besondere Beachtung geschenkt worden. ■

Informieren Sie sich im Fachregelwerk. Das Fachregelwerk Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik enthält im Kapitel 2.35 wichtige Informationen zum Thema «Gebäudetreppen».



Verhindern Sie Schadenfälle mit Hilfe des Fachregelwerks. Das Fachregelwerk ist unter www.metallbaupraxis.ch erhältlich.

d'obtenir un petit bain de soudage et une pénétration en profondeur. Des postes de soudage correctement réglés génèrent un transfert de matière pratiquement sans projections. Le contrôle par examen visuel (VT) permanent des soudures pendant le travail a également contribué à garantir un niveau élevé de qualité. La réalisation des différentes soudures et le déroulement de l'assemblage ont été définis clairement dans un plan de la séquence de soudage. Un contrôle qualité supplémentaire a aussi été réalisé à ce niveau. Il consistait à vérifier préalablement si une distorsion ou des contraintes

résiduelles devaient être évitées en priorité. Pour le soudage de tôles épaisses dans la plage de 30 mm, les contraintes résiduelles sont au premier plan. La distorsion peut être évitée dans la plupart des cas pour autant que la bonne séquence de soudage soit respectée.

Surface

Les éléments de l'escalier ont été assemblés à l'état brut. Après le soudage, la surface a été enduite, recouverte d'une couche de fond, puis peinte en couleur. Pour garantir un bon résultat, la surface devait être aussi lisse que possible. ■