

Am Rande der Altstadt von Rapperswil hat sich das historische, etwas verwitterte Gebäude der Orgelbauwerkstatt Späth in ein frisch und einladend wirkendes Geschäftshaus verwandelt und ist heute das Domizil der Mediasign GmbH. Im Zuge der umfangreichen Renovation wurde eine nicht alltägliche Stahltreppe eingebaut.

Text: Artho Marquart, Lenzlinger Söhne AG, Nänikon, Bilder: Artho Marquart / Redaktion

**Ursprünglich wurden in diesem Gebäude**, am Rande der Altstadt von Rapperswil, Orgeln hergestellt. Das Langholz, welches für die Herstellung der Musikgeräte unabdingbar ist, musste mit viel Aufwand durch die engen Gassen transportiert werden. So kam, was früher oder später kommen musste, denn der Zeitgeist hat auch hier angeklopft. Der mittlerweile unattraktive Produktionsstandort musste aufgegeben werden und somit konnte das Gebäude für eine neue Nutzung vorgesehen werden. Es gab mehrere Varianten. Da diese jedoch nicht einfach umzusetzen waren, entschied sich der ehemalige Eigentümer, das Gebäude zu verkaufen. Der neue Besitzer, welcher Inhaber einer Firma im Bereich Medien und Kommunikation ist, konnte die Liegenschaft nach jahrelangen Verhandlungen erwerben. Er verfolgte das Ziel, ein altes Gebäude sanft zu renovieren und mit dem Innenausbau ein modernes Arbeitsumfeld zu schaffen. Dabei war ihm die Treppe von zentraler Bedeutung. Es sollte ein Werk mit

der Ausstrahlung einer «Skulptur» werden und Kunden sowie Mitarbeiter auf gleiche Art und Weise erfreuen.

#### Logistik und statische Aussteifung

Die neue, komplett aus Stahl gefertigte Innentreppe erschliesst zwei Geschosse und weist eine Gesamthöhe von rund 8 m auf. Das in drei Teilen produzierte Gebilde steht auf sechs Auflagepunkten, welche die Lasten auf den Baukörper abgeben. Die grossen Herausforderungen für die ausführende Metallbau-Unternehmung Lenzlinger Söhne AG lagen einerseits im Bereich der Produktions- und Montagelogistik und andererseits in der optimalen Aussteifung, welche durch zielgerichtetes Schweißen erreicht wurde.

#### Statische Berechnungen

Die Dimensionierung der gesamten Konstruktion bezüglich zulässigen Spannungen und Verformung wurde mit einer Software für die «Methode der finiten Elemente» (siehe Kasten) ausgeführt. Die farbige Visualisierung der Ergebnisse diente zudem einer vereinfachten Auswertung. Das Resultat offenbarte Erstaunliches: Der innere Treppenwendel erzeugt am Fusspunkt der Treppe eine Druckkraft von 157 kN nach unten. Der äussere Wendel hingegen eine Zugkraft von 21 kN nach oben. Auf Grund dieses so erzeugten Drehmomentes musste

die darunterliegende Foundation entsprechend angepasst werden. Die Ergebnisse zeigten auch klar auf, wo das Material entsprechend ausgenutzt und wo noch Reserven vorhanden waren. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden beispielsweise die Querschnitte der Schweissnähte auf das notwendige Ausmass reduziert und dadurch eine wirtschaftliche Fertigung angestrebt.

#### Das Berechnungsverfahren

Die Finite-Elemente-Methode (FEM), auch «Methode der finiten Elemente» genannt, ist ein numerisches Verfahren zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen. Sie ist ein weit verbreitetes, modernes Berechnungsverfahren im Ingenieurwesen und ist das Standardwerkzeug bei der Festkörpersimulation. Das Verfahren liefert eine Näherungsfunktion an die exakte Lösung der Differentialgleichung, deren Genauigkeit durch die Erhöhung der Freiheitsgrade und damit des Rechenaufwandes verbessert werden kann.

(Quelle: Wikipedia)

#### 3D-Planung

Im Metallbau sind 2D-CAD-Programme nach wie vor vorherrschend. Bei komplexen geometrischen Formen und im dreidimensionalen Bereich jedoch werden 3D-CAD-Programme erfolgreich eingesetzt. Durch die vielen Rundungen mit den verschiedenen Radien drängte sich der Einsatz eines 3D-Programmes auf. Sämt- >

#### Bautafel

Objekt:	Haldenstrasse 13, 8640 Rapperswil
Bauherrschaft:	Mediasign GmbH, 8640 Rapperswil
Architekt:	BGS Architekten AG, 8640 Rapperswil
Bauleitung:	BGS Architekten AG, 8640 Rapperswil
Metallbauer:	Lenzlinger Söhne AG, 8606 Nänikon

#### CONSTRUCTION D'ESCALIERS

## Sculpture en acier hélicoïdale

En périphérie de la vieille ville de Rapperswil, le bâtiment historique quelque peu effrité du facteur d'orgues Späth a été transformé en un nouvel immeuble commercial séduisant, abritant désormais l'entreprise Mediasign GmbH. Les importants travaux de rénovation prévoyaient la pose d'un escalier en acier hors du commun.

**A l'origine**, ce bâtiment situé en périphérie de la vieille ville de Rapperswil abritait un facteur d'orgues. Les bois longs indispensables à la fabrication des instruments de musique devaient être transportés à travers les ruelles étroites, ce qui demandait beaucoup d'efforts. Les facteurs d'orgue n'échappant pas à la mouvance actuelle, ce qui devait arriver tôt ou tard arriva : ayant

perdu son attrait, le site de production dut être abandonné, laissant le champ libre à une réaffectation du bâtiment. Le propriétaire de l'époque avait plusieurs possibilités. Mais comme celles-ci n'étaient pas simples à mettre en œuvre, il s'est finalement décidé à mettre le bâtiment en vente. Le nouveau propriétaire, qui détient une société dans la communication et les

médias, a pu acheter l'immeuble après plusieurs années de négociations. Son but était de rénover paisiblement un ancien bâtiment et de créer un environnement de travail moderne en réaménageant l'intérieur. L'escalier revêtait une importance capitale à ses yeux. Il souhaitait en faire une œuvre au rayonnement semblable à celui d'une « sculpture » et susciter

l'enthousiasme tant des clients que des collaborateurs.

#### Logistique et renforcement statique

Le nouvel escalier intérieur entièrement en acier débouche sur deux étages et présente une hauteur totale d'environ 8 m. L'ouvrage réalisé en trois parties repose sur six points d'appui qui transfèrent >



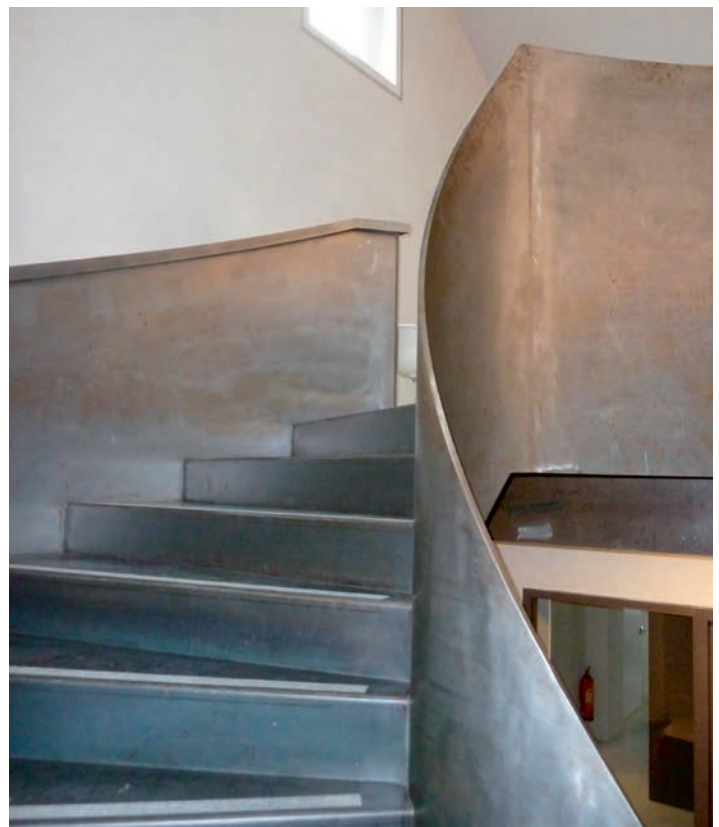
Die neue, komplett aus Stahl gefertigte Innentreppe erschliesst zwei Geschosse und weist eine Gesamthöhe von rund 8 m auf.  
Le nouvel escalier intérieur entièrement en acier débouche sur deux étages et présente une hauteur totale d'environ 8 m.



Der innere Treppenwendel (Stahlblech 15 mm) erzeugt am Fusspunkt der Treppe eine Druckkraft von 157 kN nach unten. Der äussere Wendel (Stahlblech 10 mm) hingegen, eine Zugkraft von 21 kN nach oben.  
Le limon hélicoïdal intérieur de l'escalier (tôle d'acier de 15 mm) génère au pied de l'escalier une force de compression de 157 kN vers le bas, contre 21 kN vers le haut pour le limon hélicoïdal extérieur (tôle d'acier de 10 mm).



Der innere Wendel aus Stahlblech 15 mm weist naturgemäss eine hohe Eigensteifigkeit aus. Hier wurde bei der schweisstechnischen Fertigung besonders darauf geachtet, die Eigenspannungen möglichst tief zu halten und diese über den gesamten Querschnitt gleichmässig zu verteilen.  
Le limon hélicoïdal intérieur en tôle d'acier de 15 mm présente naturellement une rigidité intrinsèque élevée. Sur le plan de la technique de soudage, les concepteurs ont veillé à limiter le plus possible les contraintes résiduelles et à les répartir uniformément sur toute la section.



Der Bauherr wollte die Oberfläche seiner «Skulptur» möglichst im Urzustand belassen. Die Treppe wurde mit einem leicht eingeschwärzten Öl behandelt.  
Le maître d'ouvrage souhaitait conserver au mieux l'état d'origine de sa « sculpture ». L'escalier a été traité avec une huile légèrement noircie.

## TREPPENBAU

> liche Planungsarbeiten bis hin zur Abwicklung wurden damit ausgeführt.

**Fertigungstechnik und Schweißen**  
Eigenspannungen und Verzug – eine Wechselbeziehung der Gegensätze! Die Herstellung geschweisster Konstruktionen stellt die Produzenten immer wieder vor grosse Herausforderungen. Eines der grössten Probleme bildet dabei eine möglichst verzugsfreie, geschweisste Konstruktion mit tiefen Eigenspannungen herzustellen. Eigenspannungen und Verzug stehen dabei immer in einer Wechselbeziehung zueinander. Es gilt der Grundsatz: Je grösser die Eigensteifigkeit des Bauteils, desto grösser die Eigenspannungen, umso kleiner die Verformung und umgekehrt. Bei der Herstellung dieser Treppe zeigte sich dieser Unterschied beispielsweise in den Fertigungsunterschieden der beiden «Blechwendel». Der innere Wendel aus Stahlblech hatte mit einer Stärke von 15 mm naturgemäss eine hohe Eigensteifigkeit. Hier wurde bei der schweisstechnischen Fertigung besonders darauf geachtet, die Eigenspannungen möglichst tief zu halten und über den gesamten Querschnitt gleichmässig zu verteilen. Beim äusseren Wendel, mit einer Blechstärke von lediglich 10 mm, waren die Anforderungen entgegengesetzt. Hier musste darauf geachtet werden, ungewollte Verformungen mit diversen Massnahmen zu verhindern.

### Schweisplan und Schweissfolgeplan

Zur Lösung der oben beschriebenen Probleme mussten entsprechende Fertigungspläne erstellt werden. Dazu gehören unter anderem die Zusammenbau- sowie die Schweiss- und die Schweissfolgepläne. Das Erstellen dieser Pläne erfordert das kombinierte Fachwissen von Entwicklung, Konstruktion, Schweissaufsicht und Schweissfacharbeitern.

### Der Schweissplan

Hier werden sämtliche Details zur Herstellung einer bestimmten



**Der Austritt im Obergeschoss: Der Handlauf besteht aus einem Flachstahl 50 x 10 mm.**

La sortie à l'étage : la main-courante est réalisée dans un acier plat de 50 x 10 mm.

## CONSTRUCTION D'ESCALIERS

> les charges au corps du bâtiment. Les grands défis pour l'entreprise de construction métallique Lenzlinger Fils SA en charge des travaux concernaient, d'une part, la logistique de la production et du montage et, d'autre part, le renforcement optimal, qui a été rendu possible par des soudages ciblés.

### Calculs statiques

Le dimensionnement de toute la construction du point de vue des contraintes et de la déformation autorisées a été réalisé avec un logiciel selon la « méthode des éléments finis » (voir encadré). La visualisation en couleurs des résultats a en outre permis une analyse simplifiée. Les résultats ont révélé quelque chose d'étonnant : le limon hélicoïdal intérieur de l'escalier génère au pied de l'escalier

une force de compression de 157 kN vers le bas, contre 21 kN vers le haut pour le limon extérieur. Vu le couple généré, les fondations ont dû être adaptées. Les résultats ont aussi clairement montré où et dans quelle mesure le matériau était sollicité et où il existait encore des réserves. Les résultats ont par ex. permis de réduire les sections des soudures au strict minimum et, par conséquent, de réaliser une fabrication économique.

**La méthode des éléments finis (MEF)** est un procédé utilisé pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles. C'est une procédure de calcul moderne très répandue en ingénierie et l'outil standard pour effectuer des simulations sur des corps solides. Cette méthode permet une approche de la solution



**Harmonische Wirkung im frisch renovierten, historischen Gebäude.**  
 Le résultat est très harmonieux dans le bâtiment historique rénové.

Schweisnaht festgehalten. Dazu gehören: Schweissverfahren, Nahtform mit entsprechender Nahtvorbereitung, Zusatzwerkstoffe, Schweissgeschwindigkeit, Lagenanzahl, Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen, Spannung, Polung etc. Weitere Hinweise sind den Schweissanweisungen WPS (Welding Procedure Specification) und Verfahrensprüfungen zu entnehmen.

#### *Der Schweissfolgeplan*

Hier wird die Grundlage für den Ablauf der Fertigung vorgegeben. Dabei ist vorgängig immer zu prüfen, ob Verzug oder Eigenspannungen vorrangig zu vermeiden sind. Im Schweissfolgeplan wird die Schweissfolge einzelner Nähte, der Zusammenbau von Gruppen und Untergruppen sowie von Sektionen und Untersektionen festgelegt. Die Aufteilung der Konstruktion in verschiedene Fertigungseinheiten für Werkstatt und Montage sowie das Festlegen der Montagestösse erfolgt unter der Berücksichtigung verschiedenster Aspekte. Dies sind unter anderem die Wirtschaftlichkeit, die internen Platzverhältnisse, die Tragfähigkeit der Krane, die Transportmöglichkeiten, die Einbausituation und die Zugänglichkeit am Bau etc. >

*exacte offerte par l'équation aux dérivées partielles, dont la précision peut être améliorée en augmentant les degrés de liberté, et donc la complexité des calculs. (Source : Wikipédia)*

#### **Planification 3D**

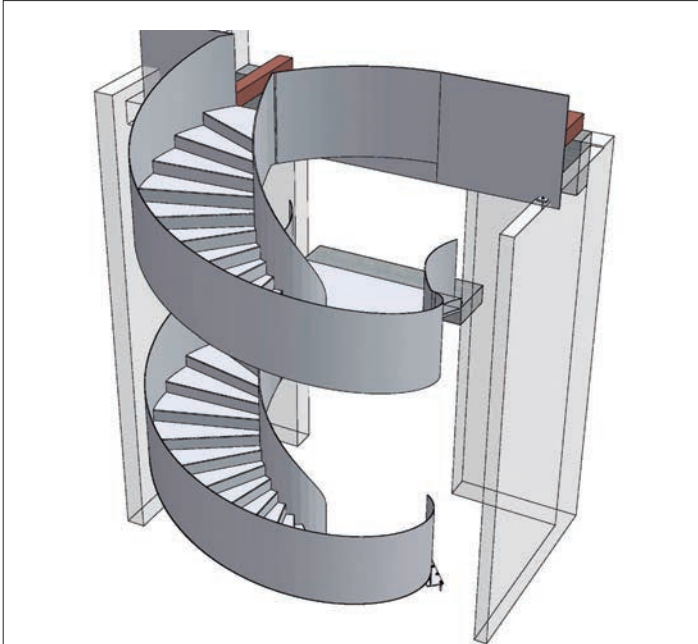
Dans la construction métallique, les programmes de CAO en 2D continuent de prédominer. Mais les programmes de CAO 3D s'avèrent efficaces pour des formes géométriques complexes et pour les projets tridimensionnels. Vu les nombreux arrondis et les différents rayons, l'utilisation d'un programme 3D s'imposait. Il a été utilisé pour réaliser tous les travaux de planification jusqu'à leur exécution.

#### **Technique de fabrication et soudage**

Contraintes résiduelles et distorsion :

deux antagonismes étroitement liés ! La réalisation de structures soudées met les fabricants face à des défis sans cesse plus complexes, l'un des principaux étant de réaliser une construction soudée présentant le moins de distorsions possible et des contraintes résiduelles faibles. Les contraintes résiduelles et la distorsion sont toujours étroitement liées. Le principe est le suivant : plus la rigidité intrinsèque de l'élément est importante, plus ses contraintes résiduelles sont élevées et moins il se déforme, et inversement. Pour la fabrication de cet escalier, cette différence s'est par exemple révélée dans les différences de fabrication des deux « limons hélicoïdaux en tôle ». Le limon hélicoïdal intérieur en tôle d'acier de 15 mm d'épaisseur présentait naturellement une rigidité intrinsèque élevée. Pour la >

## TREPPENBAU



Die 2-geschossige Treppe steht auf total sechs Auflagepunkten. Durch die vielen Rundungen mit den verschiedenen Radien drängte sich eine 3D-Planung auf.

L'escalier, qui dessert deux étages, repose en tout sur six points d'appui. Pour gérer les nombreux arrondis et les différents rayons de courbure, un programme 3D s'imposait.

>

### Fertigung in der Werkstatt

Die Fertigung in der Werkstatt erfolgte nach den bekannten Vorgehensmodellen, welche im Wendeltreppenbau angewendet werden. Zuerst wurde die Geometrie des Grundrisses «aufgerissen» und basierend auf diesen Vorgaben, die Treppe nach oben gebaut. Die Aufteilung der Treppe erfolgte in drei verschiedene Bauteilgruppen. Die beiden «Wendel» sowie die «Brücke» wurden somit als Einzelteile in der Werkstatt gefertigt. Das Ziel war, die Montagezeiten am Bau auf ein Minimum zu reduzieren. Dies erforderte den vollständigen Zusammenbau der Treppe in der Werkstatt. Kein leichtes Unterfangen bei einem Treppengewicht von 6550 kg, einem Durchmesser von 4000 mm und einer Einbauhöhe von 8 m. >

## CONSTRUCTION D'ESCALIERS

> fabrication, les concepteurs ont délibérément opté pour une technique de soudage qui limite le plus possible les contraintes résiduelles et qui les répartit uniformément sur toute la section. Pour le limon hélicoïdal extérieur, d'une épaisseur de tôle de seulement 10 mm, les exigences étaient inverses. Il convenait de prendre des mesures appropriées pour empêcher les déformations non désirées.

### Plan de soudage et plan de la séquence de soudage

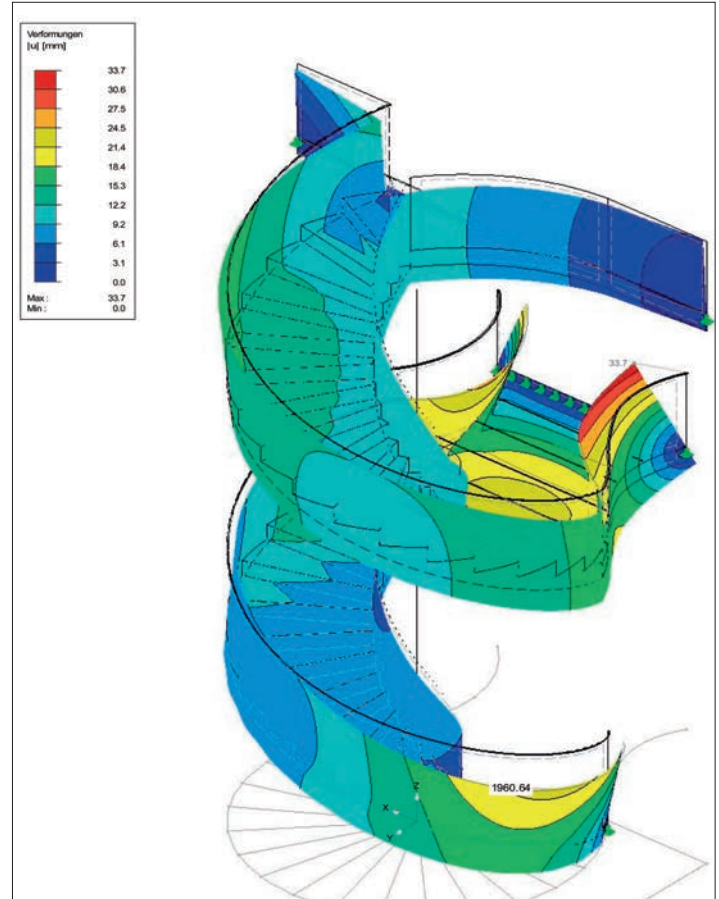
Pour résoudre les problèmes décrits ci-dessus, des plans de fabrication correspondants ont dû être réalisés, et notamment des plans d'assemblage, de soudage et de la séquence de soudage. La création de ces plans exige des connaissances combinées en développement, en construction, en coordination en soudage ainsi que le recours à des soudeurs spécialisés.

### Le plan de soudage

Le plan reprend tous les détails de réalisation d'une soudure déterminée, et notamment le procédé de soudage, la forme de la soudure et la préparation correspondante, les matériaux d'apport, la vitesse de soudage, le nombre de couches, les températures de préchauffage et des couches intermédiaires, la tension, la polarité, etc. D'autres indications sont consultables dans les instructions de soudage WPS (Welding Procedure Specification) et dans les qualifications du mode opératoire.

### Le plan de la séquence de soudage

Ce plan pose les bases du déroulement de la fabrication. Il convient au préalable de vérifier s'il faut éviter en priorité une distorsion ou des contraintes résiduelles. Le plan de la séquence de soudage définit la séquence de soudage des différentes soudures, la composition de groupes et



Grafik, Treppe unter Vollbelastung: Die Grafik, entstanden durch die «Methode der finiten Elemente», zeigt klar auf, wo welche Spannungen, resp. Verformungen entstehen. Lediglich eine kleine Zone (rot) im Handlaufbereich zeigte bei der ersten Berechnung Verformungen von 33 mm. Diese konnten jedoch mit wenigen Versteifungen im Bodenauflagebereich auf einfache Weise eliminiert werden.

Graphique, escalier sous charge complète : Le graphique, généré par la « méthode des éléments finis » a clairement révélé où se trouvent les contraintes et les déformations. Seule une petite zone (rouge) au niveau de la main-courante montrait des déformations de 33 mm au premier calcul. Celles-ci ont toutefois pu être éliminées aisément par quelques renforts au niveau du support de sol.

de sous-groupes ainsi que de sections et de sous-sections. La répartition de la structure en différents modules pour le travail en atelier et l'assemblage ainsi que la détermination des structures porteuses se font en tenant compte de très nombreux paramètres, tels que la rentabilité, la place disponible à l'intérieur, la capacité de charge des grues, les possibilités de transport, la configuration du lieu de pose, l'accessibilité au chantier, etc.

### Fabrication dans l'atelier

La fabrication dans l'atelier a été réalisée selon des modèles connus de construction d'escaliers en colimaçon. La forme du plan a tout d'abord été « esquissée » et, sur la base de ces spécifications, l'escalier a été construit, de bas en haut. L'escalier a été réparti en trois modules différents. Les deux « limons hélicoïdaux » ainsi que la « passerelle » ont été fabriqués séparément dans l'atelier. L'objectif

était de limiter le plus possible les temps de montage sur le chantier. Cela nécessitait l'assemblage complet de l'escalier dans l'atelier. Une entreprise périlleuse avec un escalier pesant 6550 kg, d'un diamètre de 4000 mm et d'une hauteur de 8 m. Les structures porteuses ont été exécutées jusque dans les moindres détails, y compris la préparation des soudures.

### Transport

Le transport a pu être effectué au moyen d'une remorque surbaissée. Le poids ne constituait pas un problème. Au regard de la loi sur la circulation routière, un tel volume et un diamètre de 4000 mm sont excédentaires et imposent de respecter des prescriptions clairement définies. Le transport n'a pu se faire que pendant la nuit et sous escorte policière. L'accès au chantier, dans les ruelles étroites de Rapperswil, fut tout sauf simple. >

## TREPPENBAU

> Die Vorbereitung der Montagestösse wurde bis ins letzte Detail, inkl. Schweissnahtvorbereitung, ausgeführt.

### Transport

Der Transport konnte mittels Tieflader ausgeführt werden. Das Gewicht war kein Problem. Das Volumen mit den vorgegebenen Massen, mit einem Durchmesser von 4000 mm, ist gemäss Definition des Strassenverkehrsgesetzes eine Übergrosse, welche bedingt, dass klar bestimmte Vorgaben einzuhalten sind. Der Transport durfte nur unter Polizeibegleitung und während der Nacht ausgeführt werden. Die Zufahrt an das Bauprojekt, in den engen Gassen von Rapperswil, war alles andere als einfach.

### Montage

Am Montageort herrschten beschränkte Platzver-



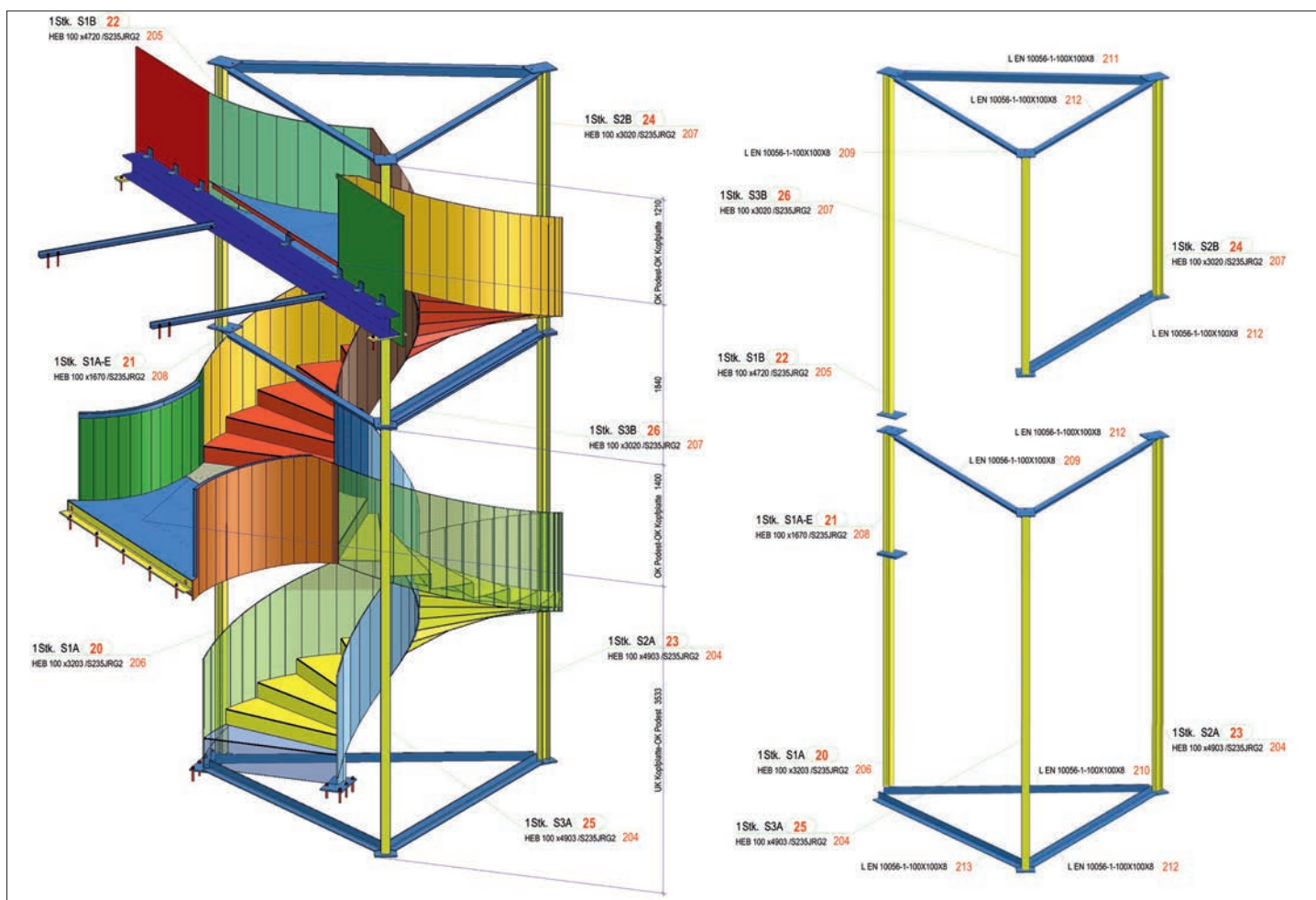
Die Schweissarbeiten im Werk der Lenzlinger Söhne AG erfolgten nach genauem Schweissfolgeplan.

Les travaux de soudure dans l'atelier de Lenzlinger Fils SA ont été effectués selon un plan de soudage précis.

hältnisse. Der wirklich erleichternde Umstand war, dass der Bauherr im Zuge der Renovation gleichzeitig ein neues Dach einbaute. Somit war der Zugang von oben offen. Die drei vorgefertigten Treppenteile wurden mittels Hilfskonstruktion positioniert, an Ort und Stelle verschraubt und die Montagestösse fertig geschweisst.

### Oberfläche

Dem Bauherrn war es enorm wichtig, die «Kraft des Stahls» auch weiterhin zu spüren und nicht mit üblichen Beschichtungen zu überdecken. Er wollte die Oberfläche seiner «Skulptur», wie er diese Treppe liebevoll nennt, möglichst im Urzustand belassen. Die Oberfläche wurde mittels eines leicht eingeschwärzten Öles beschichtet. Dadurch wurde der Korrosionsprozess gestoppt und zukünftigen Verschmutzungen vorgebeugt.



Die Montageverhältnisse in der Rapperswiler Altstadt waren sehr eng. Die drei vorgefertigten Treppenteile wurden mittels Hilfskonstruktion positioniert, an Ort und Stelle verschraubt und die Montagestösse fertig geschweisst.

Les conditions de montage au beau milieu de la vieille ville de Rapperswil étaient très serrées. Les trois parties de l'escalier préfabriquées ont été positionnées au moyen d'une structure auxiliaire, vissées sur place et soudées aux structures porteuses.

## CONSTRUCTION D'ESCALIERS

> **Montage**  
La place disponible sur le lieu de montage était limitée. La circonstance qui a facilité les choses est que le maître d'ouvrage a également construit un nou-

veau toit dans le cadre des rénovations, ce qui a permis un accès par le haut. Les trois parties de l'escalier préfabriquées ont été positionnées au moyen d'une structure auxiliaire, vissées sur place et soudées aux structures porteuses.

**Surface**  
Le maître d'ouvrage voulait à tout prix ressentir la « force de l'acier » et ne pas le recouvrir d'un revêtement classique. Il souhaitait conserver au mieux l'état d'origine de sa « sculpture », comme il

aime à appeler cet escalier. La surface a été revêtue d'une huile légèrement noircie pour arrêter le processus de corrosion et prévenir les futures salissures.