

# Rope Stair

## «Treppe mit Drahtseilwange»

Eine Laborarbeit von Christian Burri und Thomas von Niederhäusern, Studenten der SMT Basel. Moderne Treppen faszinieren immer wieder aufs Neue. Dessen waren sich die beiden Studenten der SMT Basel, Christian Burri und Thomas von Niederhäusern, bewusst, als sie sich entschieden, im Zuge ihrer Laborarbeit eine aussergewöhnliche, von Seilen und Stahlbogen getragene, Treppe zu bauen und diese in statischer Hinsicht zu überprüfen. So entstand das beinahe marktaugliche Produkt Rope Stair.

Text und Bilder: Redaktion

**Die Gestaltungsmöglichkeiten im Metallbau** sind riesig. Seien es Wolkenkratzer, die immer grössere Höhen erklimmen, Brücken die gewaltige Wassermassen scheinbar problemlos überwinden, oder Glasdächer, die jedes Haus mit Licht durchfluten. All diese Bauwerke lassen sich in jeglicher erdenklichen Form verwirklichen. Sie bringen die Betrachter immer wieder zum Staunen. Allerdings müssen nicht immer riesige Bauwerke erstellt werden, um diesen Effekt zu erreichen. Auch eine moderne Treppe kann faszinieren, vorausgesetzt, ihr liegt eine innovative Idee zugrunde.

### Visionäre Konstruktion trotz begrenzten Ressourcen

Da die beiden Studenten seit längerem schon eine klare Vorstellung hatten, wie eine visionäre Treppe aussehen könnte und sie trotz intensiven Recherchen keine bereits realisierte Treppe fanden, entschieden sie sich, eine solche zu bauen.

Festzuhalten ist, dass es sich bei dieser Arbeit um eine versuchstechnische Angelegenheit handelte und somit die örtlichen Verhältnisse sowie die finanziellen Ressourcen eingeschränkt



Sie setzten eine visionäre Idee um und entwickelten die Rope Stair, links Christian Burri und Thomas von Niederhäusern rechts.

Christian Burri (à gauche) et Thomas von Niederhäusern ont mis en œuvre un concept visionnaire baptisé « Rope Stair ».

waren. Deshalb sind beispielsweise nur einfache Holzstufen verwendet worden und auch auf die Oberflächenbehandlung der Stahlkonstruktion wurde verzichtet.

### Klare Zielsetzung

Das Duo setzte sich bei der Laborarbeit zum Ziel, eine neuartige Treppe zu entwickeln, bei welcher anstelle herkömmlicher Flachstahlwangen elegante CNS-Seile als führendes und mittragendes Element eingesetzt werden. Zur Aufnahme der anfallenden Vertikalkräfte müsste ein tragender Handlauf dienen. Zudem sollte die Treppe bequem und sicher begehbar sein und den geltenden SIA-Normen entsprechen. Diese Zielsetzung wollten die beiden ohne zusätzliche Abspannungen oder Abstützungen zu Boden, Decke oder Wänden erreichen. Schlussendlich sollte dabei ein innovatives, marktaugliches und ästhetisch ansprechendes Produkt entstehen.

### Durchdachte Konstruktion

Die Konstruktion der entworfenen Treppe basiert auf folgendem Konzept: Ein Seil wird zwischen ein nach oben gebogenes Rechteckrohr gespannt und die Stufen werden mit dem Seil sowie mit dem Rohr verbunden. Die beiden seit-

## TECHNIQUE À DES CÂBLES

# Rope Stair : un escalier avec limon en câble d'acier

Un travail signé Christian Burri et Thomas von Niederhäusern, étudiants à la SMT de Bâle. Les escaliers modernes ne cessent de fasciner. Tel était le constat lorsqu'ils ont décidé, dans le cadre de leurs travaux pratiques, de construire un escalier hors du commun soutenu par des câbles et des arches en acier, et de le contrôler du point de vue statique. C'est ainsi qu'est né un produit presque commercialisable baptisé « Rope Stair ».

**Les possibilités de conception en construction métallique** sont énormes, qu'il s'agisse de gratte-ciel de plus en plus hauts, de ponts surmontant apparemment sans le moindre problème d'impressionnantes masses d'eau, ou encore de

toits vitrés inondant les maisons de lumière. Ces réalisations, qui peuvent prendre toutes les formes imaginables, laissent toujours l'observateur bouche bée. Cependant, une construction n'a pas forcément besoin d'être gigantesque pour pro-

duire cet effet. Un escalier moderne peut également fasciner, à condition qu'il repose sur une idée novatrice.

**Une construction visionnaire malgré des ressources limitées**

Ayant depuis longtemps une idée claire de ce à quoi pouvait ressembler un escalier visionnaire et n'en trouvant aucun existant malgré des recherches approfondies, les deux étudiants ont décidé d'en construire un.



Die Treppe überwindet rund 2,5 m in der Höhe.  
L'escalier atteint environ 2,5 m de hauteur.

lich angeordneten, gebogenen Tragrohre, welche gleichzeitig auch als Handlauf dienen, bestehen aus einem Hohlprofil 100/50/5 mm und entsprechen einer Stahlqualität S355J2H. Aus den vorgängig erstellten statischen Berechnungen geht

hervor, dass die Rohre mit 2,9 kN vorzuspannen sind. Das heisst, dass die Rohrbogen mit dem Drahtseil um 30 mm zusammenzuziehen sind. Die zwischen die beiden Rohrenden eingespannten Seile sind vorgereckte Litzenseile >

Ce travail ayant été réalisé avec une technique expérimentale, les conditions locales ainsi que les ressources financières étaient limitées. Ainsi, de simples marches en bois ont été utilisées et la structure en acier n'a subi aucun traitement de surface.

#### Un objectif clair

Le tandem s'est fixé comme objectif de réaliser un nouveau type d'escalier avec comme élément directeur et porteur non pas des limons en acier plat traditionnels mais d'élé-

gants câbles en acier chrome-nickel. Une main courante porteuse a été prévue pour absorber les forces verticales. Par ailleurs, l'escalier devait être commode et praticable, et conforme aux normes SIA en vigueur. Le binôme voulait respecter cet objectif sans habanage ni supports supplémentaires au niveau du sol, du plafond ou des murs. Enfin, le produit devait être novateur, commercialisable et esthétique.

#### Une construction bien conçue

La construction de l'escalier re-

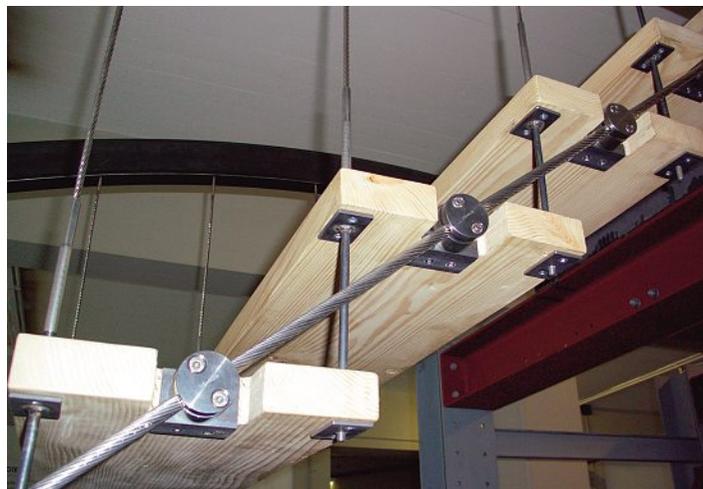
pose sur le concept suivant : un câble est tendu entre un tube rectangulaire incurvé vers le haut et les marches sont reliées au câble et au tube.

Les deux tubes porteurs incurvés latéraux, qui servent en même temps de main courante, se composent d'un profilé creux de 100/50/5 mm et sont conformes à la qualité d'acier S355J2H. Les calculs statiques effectués au préalable démontrent qu'une précontrainte de 2,9 kN doit être appliquée aux tubes. >



Detailansicht im Bereich des Antrittes. Das Spannseil zieht den Rohrbogen zusammen.

Vue détaillée au niveau du pilastre. Le câble tendeur resserre le tube incurvé.



Als Treppenwange dient ein 12 mm starkes Drahtseil. Aus Kostengründen sind einfache Holzstufen verwendet worden.

Le limon est constitué d'un câble d'acier de 12 mm. Pour des raisons financières, de simples marches en bois ont été utilisées.

> mit einem Durchmesser von 12 mm. Litzenseile sind steifer als Drahtseile und für diese Anwendung optimal. Diese Spannseile weisen beidseitig ein angespresstes Gewinde auf. Diese sind durch das Hohlprofil gesteckt und von aussen mit einer Mutter gespannt. Damit sich die Mutter auf dem gebogenen Rohr nicht verkatet, wurde aussen auf das Rohr ein ausgebohrter Rundstahl aufgeschweisst. Nach dem Auf-

richten der Rohrbögen mussten die Litzen bis zu einer Zuglast von 22 kN nachgespannt werden.

Zur Aufnahme der Seilhalter - an welchen ein Auflegewinkel angeschraubt ist - sind die einzelnen Holzstufen beidseitig ausgeschnitten worden. Diese Seilhalter gewährleisten die Stufenbefestigung an das gespannte Drahtseil und der erwähnte Auflage-Stahlwinkel gewährt die optimale Verbindung mit der Holzstufe.

Die Stufen sind untereinander durch einen Rundstahl von 8 mm Durchmesser verbunden. Dieser Rundstahl läuft durch beide Holzstufen hindurch. Die satte Bohrung in der Stufe einerseits und das am Rundstahl angeschweisste Flachprofil mit den Verschraubungen andererseits, gewährt eine sehr starre Verbindung zwischen den einzelnen Stufen. Diese Verbindung stabilisiert auch zusätzlich gegen seitliches



An den eleganten Seilhaltern sind stählerne Auflegewinkel angeschraubt. Der Rundstahl mit unterer Auflageplatte stabilisiert und nimmt die vertikalen Spannseile des Geländers auf.

Des cornières d'appui en acier sont vissées au niveau des élégants supports de marches. L'acier rond avec platine inférieure stabilise et accueille les câbles tendeurs verticaux de la balustrade.

Schwingen. Bei der untersten Stufe ist das Flachprofil am Rundstahl nicht verschweisst, sondern mit einem Gewinde versehen. Durch dieses Gewinde kann das Flachprofil in der Höhe beliebig verstellt werden und somit lässt sich diese Stufe genau auf die gewünschte Höhe ausrichten.

Zur Aufnahme der Geländerdrahtseile ragen die trittverbindenden Rundstähle oben 25 mm aus den Holzstufen heraus. Das 6 mm Drahtseil weist auf der Handlaufseite ein linksgängiges Ausengewinde und auf der Stufenseite ein rechtsgängiges, angespresstes Innengewinde auf. Um die seitliche Absturzsicherheit über die ganze Treppenlänge zu gewährleisten, müsste das Geländer oben im Bereich des abflachenden Handlaufs ergänzt werden. Dies könnte beispielsweise mit einem an drei Punkten gehaltenen, teilvorgespannten Glas realisiert werden.

#### Kreuzverband vorgesehen und wieder verworfen

Um seitliche Schwingungen zu vermeiden, hatten Burri und von Niederhäusern ursprünglich einen Zugverband, bestehend aus vier paarweise

gekreuzten Drahtseilen mit Gabeln und Spannschlössern, im Bereich der mittleren Stufen vorgesehen. Da sich aber bei der Treppensmontage in der Werkstatt der SMT Basel zeigte, dass die Treppe auch so genügend stabil ist, verzichteten sie auf diesen.

#### Durchgeführte Tests

Um das Verhalten der Treppe zu ermitteln, hatten die beiden Studenten eine ganze Reihe von Verhaltensproben durchgeführt. Dabei handelte es sich um Messungen allfälliger Verformungen des Rohrbogens und der CNS-Seile, unter Belastung. Im Weiteren testeten sie die Schwingungen, welche durch das Begehen der Treppe entstanden sind. Dabei wollten sie auch herausfinden, wie sich die einzelne Person während der Begehung der Treppe fühlt.

#### Die gemessenen Verformungen

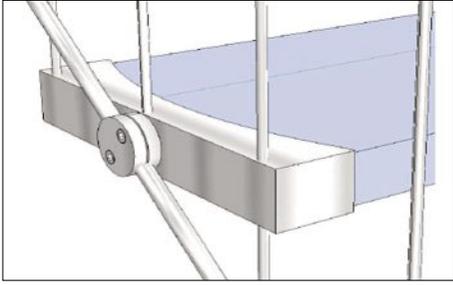
Um zu überprüfen, wie sich die Treppe unter der nach SIA geforderten Belastung von 4 kN/m<sup>2</sup> verhält, wurde folgender Belastungstest durchgeführt: Sie legten an der Treppe acht Messpunkte fest. Danach belasteten sie jede >

### TECHNIQUE À DES CÂBLES

> Autrement dit, l'incurvation des tubes doit être resserrée de 30 mm avec le câble d'acier. Les câbles tendus entre les deux extrémités des tubes sont des câbles toronnés prétendus d'un diamètre de 12 mm. Les câbles toronnés, plus rigides que les câbles métalliques, conviennent parfaitement pour cette utilisation. Ces câbles tendeurs, qui présentent un filetage pressé de chaque côté, sont enfilés à travers le profi-

lé creux et serrés de l'extérieur à l'aide d'un écrou. Afin que l'écrou ne se coince pas sur le tube incurvé, un acier rond alésé a été soudé à l'extérieur du tube. Une fois la courbure des tubes redressée, les torons ont dû être resserrés jusqu'à une charge de traction de 22 kN. Les différentes marches en bois ont été découpées de chaque côté pour accueillir les supports de câbles, auxquels est vissée une cornière

d'appui. Ces supports de câbles assurent la fixation des marches au câble tendu et la cornière d'appui en acier assure un raccord optimal avec la marche en bois. Les marches sont reliées entre elles par un acier rond de 8 mm de diamètre, qui traverse les deux marches en bois. L'alésage à fleur au niveau de la marche ainsi que le profilé plat soudé à l'acier rond avec les boulonnages >



Mögliche Stufenvariante in Glas mit Edelstahlkonsole.

Variantes possibles de marches en verre avec console en acier inoxydable.

> einzelne Stufe mit 87,6 kg, was einer Gesamtlast von 1139 kg entspricht. Unter dieser Belastung wurde eine maximale Abweichung zur unbelasteten Treppe von lediglich 2 mm gemessen, was ein sehr gutes Ergebnis darstellt.

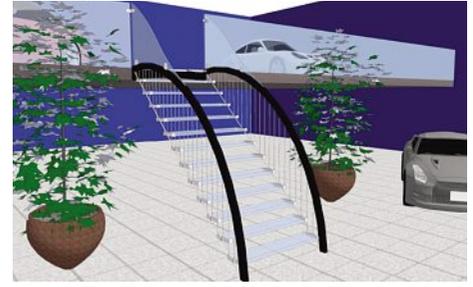
**Die gemessenen Schwingungen**

Vertikale Schwingungen waren bei der Rope Stair keine festzustellen. Seitliche Schwingungen waren wohl vorhanden, aber auch diese hielten sich in Grenzen. Bei diesem Test liessen sie fünf Testpersonen im Gleichschritt die Treppe begehen und massen dabei die seitliche Verschiebung der Stufen. Diese betrug lediglich 3,2 mm, was nicht spürbar ist und somit kein Problem darstellt. Bei längeren Treppen wäre die Verschiebung natürlich höher, allerdings würde



Inoffizielle Tests an den Präsentationen der verschiedenen Laborarbeiten in Basel. Die Begehung machte keinerlei Schwingungen spürbar.

Tests officiels lors des présentations des différents travaux pratiques à Bâle. Aucune vibration n'a été enregistrée en empruntant l'escalier.



Mögliche Anwendung: Show-Room in einem Autohaus.

Utilisation possible : showroom chez un concessionnaire automobile.

dann auch ein Verband im Bereich der Treppe empfohlen. Damit wäre die Sicherheit gegeben, dass die Treppe auch bei grösserer Belastung nicht zu schwingen beginnt.

**Erkenntnisse**

Die Drahtseiltreppe hat sämtliche Tests mit Bravour bestanden. Dies ist die erste und auch wichtigste Erkenntnis aus den verschiedenen Testreihen. Die Treppe ist bequem begehbar, gerät auch beim gleichzeitigen Begehen durch mehrere Personen nicht in Schwingung und hält den geforderten Belastungen ohne weiteres stand. Die Tests zeigten, dass die Treppe so hergestellt werden kann, ohne dass noch zusätzliche Verstärkungen vorgenommen werden müssen. ■

**TECHNIQUE À DES CÂBLES**

> garantissent un raccord extrêmement rigide entre les différentes marches. Ce raccord assure également une stabilisation en cas d'oscillations latérales. Au niveau de la marche inférieure, le profilé plat n'est pas soudé au niveau de l'acier rond mais pourvu d'un filetage qui permet de régler librement la hauteur du profilé plat et ainsi de disposer la marche précisément à la hauteur souhaitée. Afin de pouvoir accueillir les câbles de balustrade, les aciers ronds dépassent les marches en bois de 25 mm en haut. Le câble de 6 mm présente un filetage extérieur gauche côté main courante et un filetage intérieur droit pressé côté marches. Afin d'assurer une protection contre les chutes latérales sur toute la longueur de l'escalier, la balustrade nécessiterait d'être complétée en haut, au niveau du nivelage de la main courante, par exemple par un vitrage partiellement

trempe avec fixation à trois points. **Fixation croisée prévue puis rejetée** Afin d'éviter les vibrations latérales, Burri et von Niederhäusern avaient initialement prévu un système de fixation croisée comprenant quatre câbles croisés par paires avec fourches et tendeurs au niveau de la marche centrale. Ils y ont toutefois renoncé, l'escalier s'étant avéré suffisamment stable lors de l'assemblage à l'atelier de la SMT de Bâle.

**Tests effectués**

Afin de déterminer le comportement de l'escalier, les deux étudiants ont effectué toute une série de tests de comportement. Il s'agissait notamment de mesurer sous charge d'éventuelles déformations au niveau du tube incurvé et des câbles en acier chrome-nickel. Ils ont également testé les vibrations engendrées lorsqu'une personne em-

prunte l'escalier afin de déterminer les sensations qu'elle éprouve.

**Les déformations mesurées**

Afin de vérifier le comportement de l'escalier sous une charge de 4 kN/m2 comme requis par la SIA, les essais de charge suivants ont été effectués : huit points de mesure ont été définis au niveau de l'escalier. Chaque marche a ensuite été chargée d'un poids de 87,6 kg, soit un poids total de 1'139 kg. Sous cette charge, un écart maximum de seulement 2 mm a été mesuré par rapport à l'escalier non chargé, soit un excellent résultat.

**Les vibrations mesurées**

Aucune vibration verticale n'a été mesurée au niveau du Rope-Stair. Des vibrations latérales étaient présentes, mais minimales. Dans le cadre de ce test, cinq personnes ont emprunté l'escalier en même temps au pas cadencé, permettant ce fai-

sant de mesurer le déplacement latéral des marches : seulement 3,2 mm, une valeur imperceptible et sans danger. Pour les escaliers plus longs, le déplacement serait naturellement plus élevé, mais un assemblage serait alors recommandé au centre de l'escalier, pour garantir un escalier exempt de vibrations, y compris en cas de sollicitations importantes.

**Résultats**

L'escalier à câble a réussi tous les tests avec brio. Ce résultat est le premier et aussi le plus important parmi les différentes séries de tests. L'escalier est parfaitement praticable, n'entraîne aucune vibration lorsque plusieurs personnes l'empruntent en même temps et résiste aisément aux charges requises. Les tests montrent que l'escalier peut être fabriqué sans prévoir de renforts supplémentaires. ■