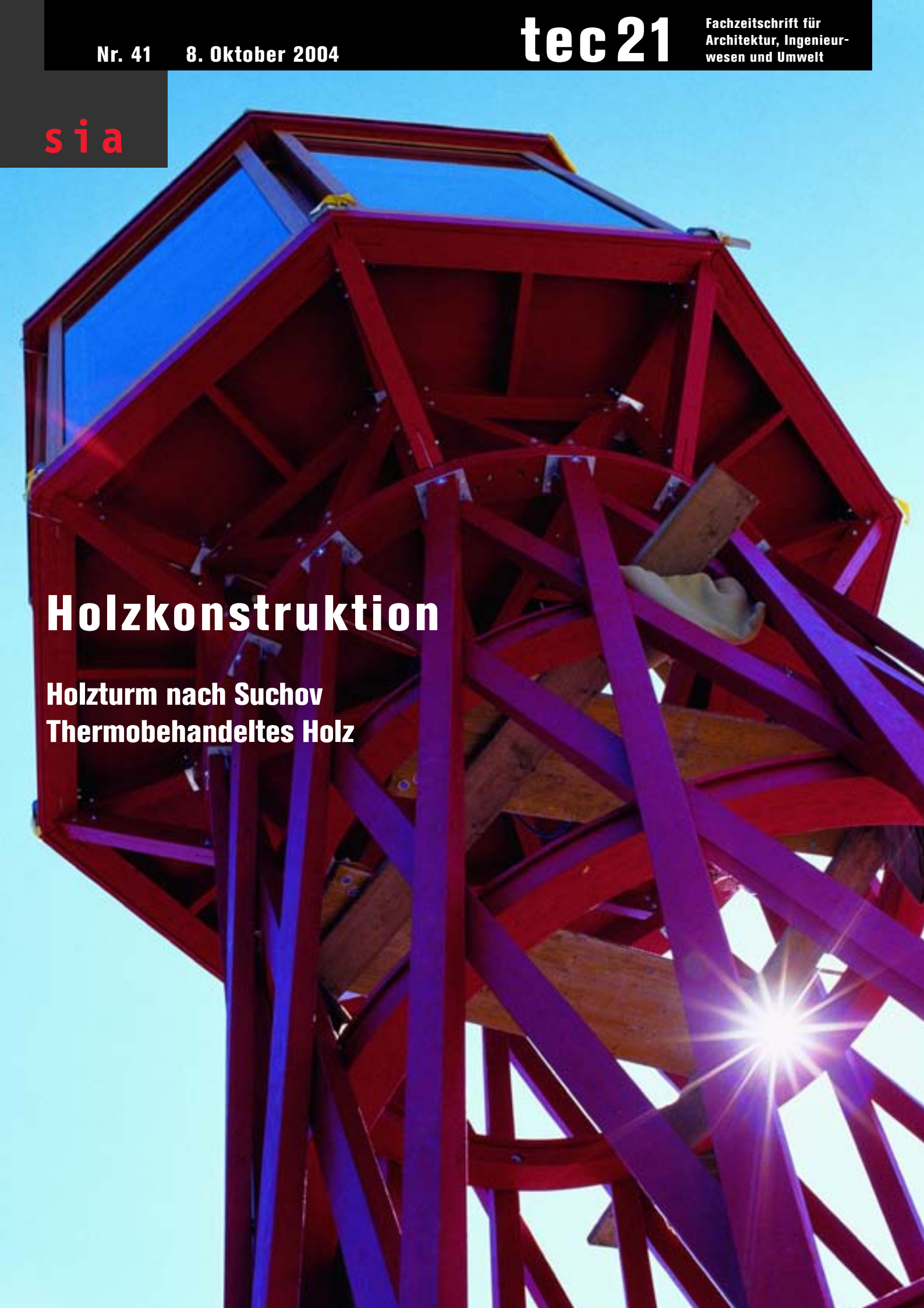


sia

Holzkonstruktion

Holzturm nach Suchov
Thermobehandeltes Holz





Die sparsame Konstruktion

Auf einem Schulhaus in Zürich steht ein roter Turm mit Aussichtskanzel. Inspiriert wurde der Entwurf von den Konstruktionen Vladimir Suchovs. Dieser im Westen kaum bekannte russische Ingenieur hat das Gesicht Russlands in der industriellen Revolution geprägt wie kaum ein Zweiter.

Die neue Technische Berufsschule Zürich, geplant von Stücheli Architekten (Wettbewerb im Jahre 1996), ist zurzeit am Sihlquai, unweit des Hauptbahnhofes Zürich, im Entstehen begriffen. Für die Kunst am Bau schrieb die Bauherrschaft, das kantonale Hochbauamt, 2003 unter zehn Künstlerinnen und Künstlern einen Wettbewerb aus. Erwartet wurden Konzepte für die Gestaltung der als Pausenplatz vorgesehenen Dachterrasse im fünften Obergeschoss des Schulhauses. Gewonnen hat der Karlsruher Künstler Daniel Roth, der, zusammen mit dem Architekten Alexander Kohm, einen kleinen Aussichtsturm auf der Terrasse vorschlug.

Der Pausenplatz bildet die Bühne für das Turmprojekt. Einer Schachfigur gleich bezieht der Turm seine Position am Rand der Terrasse (Bild 1). Der Entwurf überträgt das vom Ingenieur Vladimir Suchov entwickelte und für unzählige Stahlkonstruktionen angewandte Prinzip des Hyperboloids auf das Material Holz. Einfache, geschraubte Verbindungen halten die Stäbe und Ringe punktuell zusammen. Es entsteht eine durchlässige, grossmaschige Netzstruktur. Beim Hinaufsteigen verdichtet sich das rote Gitterwerk. Unterhalb des Turmzimmers endet die Treppe, über eine steile Leiter gelangt man schliesslich ganz nach oben. Dort, im hölzernen Turmzimmer, löst sich die Spannung und findet ihren Kontrapunkt in der Weite des Raumes. Rundum ermöglichen raumhohe Fenster den Blick über die Stadt, in die Ferne. Möbliert ist das Turmzimmer lediglich mit einer Bank und einer Vitrine (vgl. Kasten).

Konstruktionsprinzip

Die Rotationshyperbel entsteht durch das Aneinanderreihen leicht geneigter, gegenläufiger Stäbe. Statisch gesehen handelt es sich um eine aufgelöste Röhre. Massgebend für die Dimensionierung ist das Knicken einzelner Stäbe bzw. das Ausbeulen der ganzen Röhre. Die Stabilisierung wird mittels biegesteifer Druckringe erreicht.

Als Folge der relativ geringen Grösse des Turms waren bei der Festlegung der Geometrie fertigungstechnische Randbedingungen zu beachten. Die Verdrehung zwischen Kopf- und Fussteil wurde auf 45° festgelegt. Einer gestalterisch vielleicht erwünschten stärkeren Einschnürung der Hyperbel stand die dadurch erforderliche stärkere Verdrehung auch der einzelnen Stäbe entgegen. Die horizontalen Druckringe müssten statisch gesehen zum Turmfuss hin näher zusammenrücken. Dort ist die Belastung am grössten – massgebend ist das Einspannmoment der ganzen Röhre als Folge der Windkräfte. Aus ästhetischen Gründen wurden die Ringe jedoch immer auf die Höhe der Kreuzungspunkte gelegt. Sowohl statisch wie konstruktiv wären kreisrunde Stäbe ideal. Die Architekten sahen jedoch rechteckige Querschnitte vor, um die Assoziation mit Spielplatzgeräten zu vermeiden.

Statik

Massgebend für die Bemessung war wie erwähnt die Windlast. Es war ein hoher Staudruck einzurechnen, da die Turmspitze auf rund 33 m über dem Erdboden liegt. Die Schnittkräfte wurden in einem dreidimensionalen Stabwerksmodell ermittelt. Dabei wurde eine Vorverformung eingesetzt und eine Berechnung 2. Ordnung durchgeführt.

Der Rechteckquerschnitt der Stäbe ist mit 85/130 mm zu torsionssteif, als dass eine Verdrehung um 45° mittels Zwängung eines ebenen Stabes zu erreichen wäre. Die Stäbe wurden daher bereits bei der Verleimung zu Brettschichtholzelementen verdreht. Das statische System und die Konstruktionsweise zwangen den Holzbauer zu millimetergenauem Abbund. Sämtliche Löcher in den Kreuzungspunkten mussten wegen der erforderlichen metallenen Lochleibungsverstärkungen vorgängig gebohrt werden, so dass keinerlei Montagetoleranzen vorgesehen werden konnten. Erstaunlicher-

weise zeigte sich, dass die tiefste Holzbaufferte von einem Unternehmer kam, der den Abbund auf konventionelle Art (nicht auf einer CNC-Bearbeitungsmaschine) vorsah.

Holzschutz

Die gesamte tragende Konstruktion besteht aus Lärchenholz, das dreifach mit Holzlasur angestrichen wurde. Das in der Lärche reichlich vorhandene Harz wird nach etwa zwei Jahren im Winter einmal abgekratzt und das Holz eventuell nachbehandelt werden müssen. Bei der Ausbildung der Details wurde sehr genau auf den Wasserabfluss geachtet. Das Fussdetail der Rauten ist mit einer zusätzlichen Grundplatte ausgeführt, damit das Wasser im dadurch entstehenden Hohlraum zwischen Holz- und Stahlteil abfließen kann. Ebenso sind die Kreuzungspunkte der Stäbe nicht durchgehend verschraubt, um aussen eine geschlossene, unperforierte Holzoberfläche zu erhalten. Dadurch, dass die Holzteile bei den Kreuzungspunkten nicht direkt aufeinander liegen, kann sich dort auch kein Wasser stauen. Die Oberseiten der horizontalen Druckringe hingegen sind mit austauschbaren Verschleissbrettern abgedeckt.

Turmzimmer

Das achteckige Turmzimmer bildet die Spitze des Turms. Es ist mit Scheiben von 3.05 m × 1.70 m umlaufend verglast. Das Verbundsicherheitsglas ist mittels eines speziellen 2-Komponenten-Klebers auf Silikonbasis schubfest mit den Rahmenhölzern verbunden und kann so die Funktion einer aussteifenden Wandscheibe übernehmen. Die Bemessung erfolgte dergestalt, dass auch beim Ausfall einer Glasscheibe die Standicherheit des Turmzimmers noch gewährleistet ist.

WETTBEWERB KUNST AM BAU

TEILNEHMENDE

Sabina Baumann, Ganzblum: Haimo Ganz, Martin Blum, Andres Guggisberg, Andres Lutz, Daniel Robert Hunziker, Sabina Lang und Daniel Baumann, Reto Leibundgut, Erika Maak, Daniel Roth, Gerda Steiner und Jörg Lenzlinger, Theres Wäckerlin und Agatha Zobrist

PROJEKTDATEN

BAUHERRSCHAFT

Hochbauamt des Kantons Zürich

ARCHITEKTEN

Daniel Roth, Künstler, und Alexander Kohm, Architekt, beide Karlsruhe

(Schulhaus: Stücheli Architekten, Zürich)

BAUINGENIEURE

Daniel Indermühle, Indermühle Ingenieure, Gümligen

GENERALUNTERNEHMER

Brawand Zimmerei AG, Grindelwald

Daniel Roth zum Entwurf

Der Turm hat sich auf der Terrasse der Berufsschule ange-dockt und erhebt sich über den Räumen des Untergrunds. Die Ideen zu Überwachungsarchitekturen, Stauwänden, Höhlen-eingängen und Türmen in Berglandschaften oder Städten stehen in den von mir entworfenen Fiktionen oft im Zusammen-hang mit unterirdischen Labyrinthen.

In dem verglasten Turmzimmer, eine Art Laboratorium, steht eine Vitrine, in der über die Jahre immer mehr Hinweise auf Bücher auftauchen werden. Diese so entstehende Sammlung kann man in der Schulbibliothek ausleihen. In einem der Bücher, «Schwindel. Gefühle» von W. G. Sebald, wird die inspirierende Geschichte des Wagners Peter Seelos erzählt, der sich immer mehr aus dem öffentlichen Leben verabschiedet, um eine Welt der Vorstellung zu schaffen.

«Es hatte damit angefangen, dass er die Wagnererei mehr und mehr vernachlässigte, Aufträge zwar noch annahm, aber nur zur Hälfte oder gar nicht mehr ausführte, und dass er sich da-rauf verlegte, komplizierte pseudoarchitektonische Pläne zu machen, wie beispielsweise den eines über die Ach gebauten Wasserhauses oder den der Waldkanzeln, die, abgestützt durch eine Wendeltreppenkonstruktion, den Gipfel einer der höchsten Tannen des Pfarrwalds umgeben und von der aus der Pfarrer alljährlich zu einem bestimmten Tag eine Anspra-che an seinen Wald halten sollte.

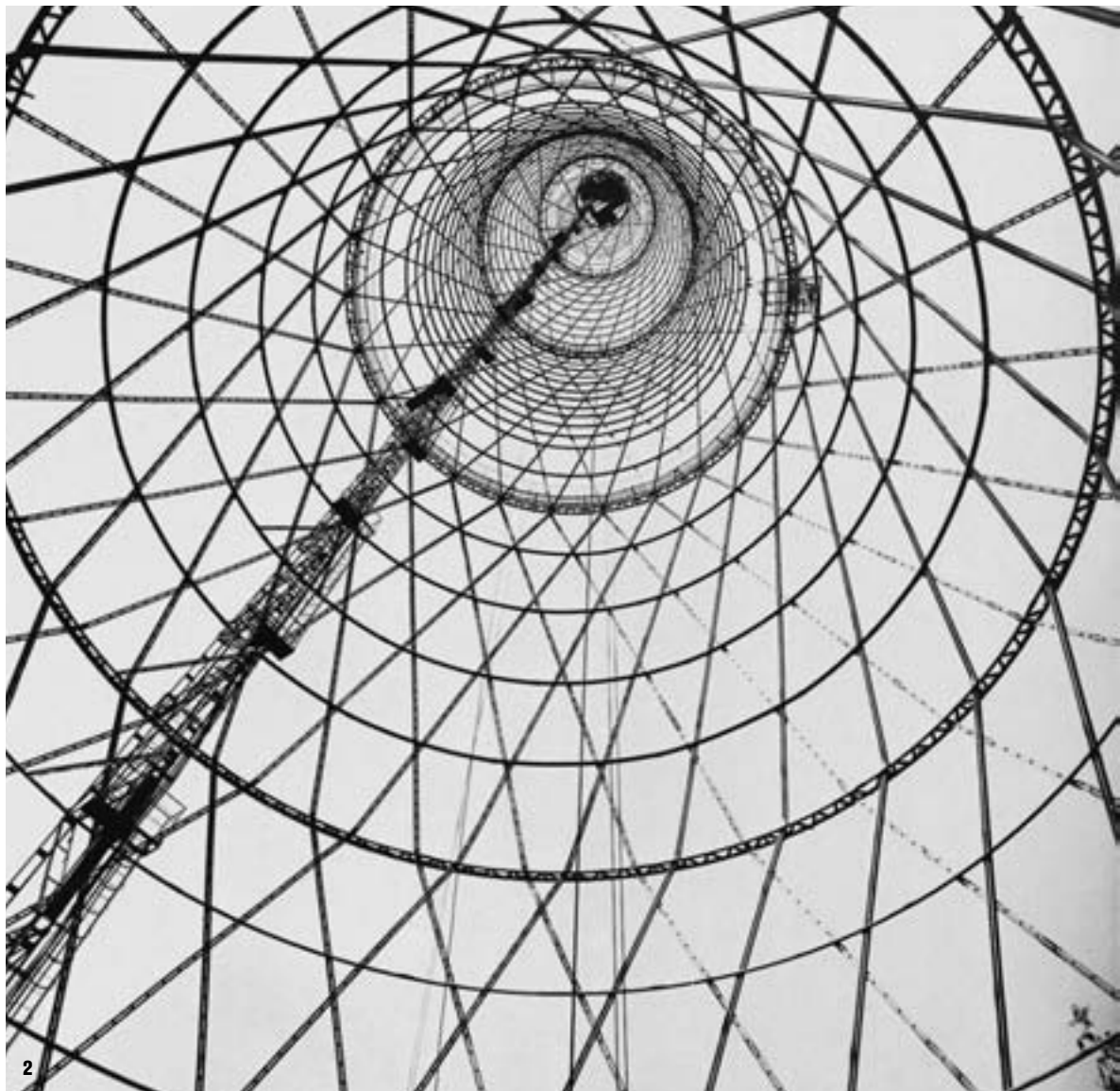
Die meisten dieser leider verschollenen Pläne, von denen der Peter Bogen um Bogen entwarf, sind von ihm ernstlich nie in Angriff genommen worden. Verwirklicht wurde einzig das von ihm so genannte Salettl, das in den Dachstuhl des Seeloshau-ses hineingebaut war, und zwar derart, dass etwa einen Meter unter dem First ein Holzboden eingezogen wurde, auf wel-chem dann, nach Entfernung der Dachziegel, durch den First hindurch und über ihn hinaus ein Holzrahmengerüst für ein rundum verglastes Observatorium aufgesetzt werden konnte. Von dieser Warte aus sah man über die Dächer des Dorfs bis weit ins Moos und in die Felder und bis hinüber zu den aus dem Talgrund aufsteigenden Waldschatten der Berge. Die Fertigstellung des Salettls hat eine ziemliche Zeit in Anspruch genommen, und der Peter ist, nachdem er für sich ganz allein das Richtfest gefeiert hatte, wochenlang nicht mehr von sei-nem Beobachtungsposten heruntergegangen. Einen Grossteil der ersten Kriegsjahre soll er dort droben zugebracht haben, indem er die Tage verschlief und bei der Nacht die Sterne studierte...». (Aus W. G. Sebald, «Schwindel. Gefühle», Fischer Verlag 2003)

1

**Wie eine Schachfigur steht der Turm am Rand der Pausenter-
rasse im 5. Stock der neuen technischen Berufsschule Zürich.
Der Turm selber ist knapp 13 m hoch (Bild: Lada Blazevic / Red.)**

2

**Sabolovka-Turm von innen. Die Stäbe bestehen aus jeweils zwei
U-Profilen Nr. 14 (140 / 70 mm), so konnten die Kreuzungspunkte
der gegenläufigen Stäbe mit 4 Nieten verbunden werden. Die
aussteifenden Innenringe (Fachwerkringe) sind ebenfalls aus
U-Profilen konstruiert (Bild: R. Graefe, 1989)**



Vladimir Suchov

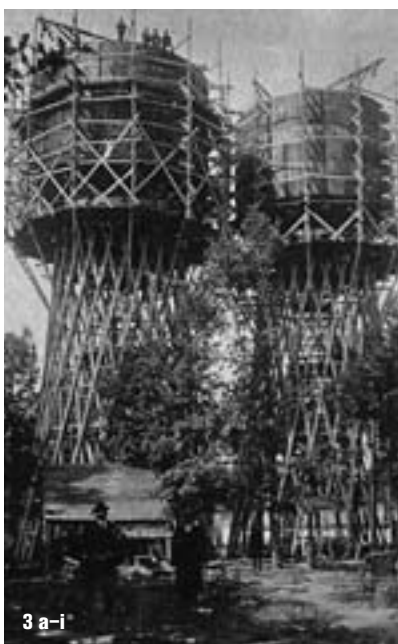
«Vladimir Grigorevic Suchov war einer der herausragenden Konstrukteure des ausgehenden 19. und des frühen 20. Jahrhunderts und gilt bis heute als einer der bedeutendsten Ingenieure Russlands und der Sowjetunion. Obwohl Suchov neben Gustave Eiffel, Robert Maillart oder Eugène Freyssinet ein führender Wegbereiter der modernen Baukonstruktion und einer neuen Synthese von Ingenieurkonstruktion und Architektur war, ist sein Werk im Westen bisher kaum bekannt.

Suchov war ein Meister der Kunst, sparsam, mit geringstem Aufwand an Material und Kosten zu konstruieren. Seine Hängedächer, Bogenkonstruktionen, Gitterschalen und Gittertürme in Form von Hyperboloiden waren neuartige Lösungen, die durch eine bis dahin unerreichbare Leichtigkeit, durch die Einfachheit und Eleganz der Konstruktion und durch die ungewohnte, kühne Formgebung seinerzeit Bewunderung hervorriefen. Sie stellen einen Abschluss und Höhepunkt in der Entwicklung der eisernen Baukonstruktionen des 19. Jahrhunderts dar und nahmen künftige Entwicklungen vorweg.»¹

Vladimir Suchov wurde 1853 in Grajvoron, einer Kleinstadt südwestlich von Moskau, geboren. Ab 1871 studierte er am Polytechnikum in Moskau, dessen Besonderheit eine enge Verbindung von theoretischem und praktischem Unterricht war. Bestandteil war beispielsweise eine gründliche handwerkliche Ausbildung in verschiedenen Werkstätten.

Aserbaidshan

Nach einer (vom Polytechnikum als Diplomaszeichnung offerierten) Amerikareise, auf der er unter anderem die Weltausstellung in Philadelphia besuchte, arbeitete Suchov als Planer von Lokomotivhallen in Petersburg. Nach zwei Jahren zog er 1878 in die russische Kolonie Aserbaidshan. Die noch unterentwickelte Region befand sich im Aufbruch, man hatte eben mit der Erschließung der reichen Erdöllager begonnen. Im Auftrag der Firma Bari, mit dessen Besitzer Aleksandr V. Bari sich über die nächsten 30 Jahre eine überaus fruchtbare Zusammenarbeit ergab, baute Suchov Pipelines, Raffinerieanlagen und spezielle, für die Flussschifffahrt geeignete Tankschiffe. Er entwickelte verschiedene Pumpen,



3 a-i

erfand das Kracken des Erdöls (!) sowie einen neuartigen eisernen Erdöltank, der zu einem ersten Erfolgsprodukt der Firma werden sollte – bis 1917 wurden davon über 20 000 Stück hergestellt und verkauft. Anstelle der üblichen rechteckigen, schweren Blechbehälter hatte Suchov mit dünnen Böden und abgestuften Wanddicken ausgestattete und auf einem Sandbett gelagerte Tanks vorgeschlagen. Damit gelang es ihm, den Materialaufwand drastisch zu senken, die Bauweise wird im Prinzip bis heute verwendet. Wie bei allen Projekten bedachte Suchov auch hier bereits zu Beginn neben der Materialeffizienz auch die Möglichkeiten zur Kostensenkung durch Bauteil-Standardisierung.

Brücken und Dächer

Nach etwa 1890 wandte sich Suchov, nach wie vor in Diensten der Firma Bari, neuen Aufgaben zu. 1892 baute er seine erste Eisenbahnbrücke, und in den nächsten Jahren entstanden unter seiner Leitung 417 Brücken für verschiedene Bahnlinien. Zur Bewältigung dieser Menge ging Suchov abermals den Weg der Standardisierung. Die in Russland herrschende Eisenknappheit erforderte besonders leichte, materialsparende Konstruktionen. Ganze Brückenträger wurden an den Flussufern seriell gefertigt und im Winter über Holzgerüste, die auf dem Eis standen, nacheinander in Position gezogen (Bild 4).

Gleichzeitig mit dem Brückenbau begann Suchov, Dachkonstruktionen zu entwickeln. Sein Ziel war, Konstruktionssysteme zu finden, die mit minimalem Aufwand an Material, Arbeit und Zeit herzustellen waren. Am Anfang standen, wie häufig, grundsätzliche Überlegungen zu prinzipiell möglichen Lösungen und die rechnerische Analyse vorhandener Beispiele. In nur wenigen Jahren gelang Suchov die Erfindung und Realisierung verschiedener Dachkonstruktionen von derart grundlegender Neuheit, dass allein diese Leistung ihm schon einen besonderen Rang unter den Bauingenieuren seiner Zeit gesichert hätte.

1895 meldete Suchov seine Netzdächer zum Patent an. Dabei handelte es sich um Netze und Gitter aus Band- und Winkelleisen mit rautenförmigen Maschen. Er bildete Hängedächer erstmals als Flächentragwerke aus, eine Bauweise, die erst Jahrzehnte später wieder angewendet werden sollte. Nach ersten Versuchsbauten wurden diese Dachkonstruktionen 1896, bei der allrussischen Ausstellung in Nižnij Novgorod, zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Firma Bari baute insgesamt acht Ausstellungshallen. Vier von ihnen waren mit Hängedächern (Bild 5), vier mit tonnenförmigen Gitterschalen überdacht.

Die Gittertürme

An derselben Ausstellung wurde ein Wasserturm erstellt, bei dem Suchov sein Netzwerk auf eine vertikale Gitterkonstruktion übertrug. Mit geraden, schräg gestellten Stäben konnte eine räumlich gekrümmte Gitterfläche erzeugt werden – das Hyperboloid. Für die Stäbe verwendete Suchov Winkelleisen, die an den Kreuzungspunkten vernietet wurden. Die Aussteifung des Gitters übernahmen an der Innenseite befestigte,



3 a-i

Hyperbolische Wassertürme in verschiedenen Ausführungen. Suchov variierte bei allen Standardisierungsbestrebungen stets Form und Proportionen der Bauwerke. Abgebildete Türme gebaut zwischen 1902 und 1915, Höhen (ohne Behälter) von 10 bis 36 m, Fassungsvermögen zwischen 60 000 und 600 000 l (Bilder: Archiv Akademie der Wissenschaften, Moskau, aus Anm. 1)

4

**Eine von über 400 von Suchov gebauten Eisenbahnbrücken, hier über den Enisej-Fluss. Im Winter zugefrorene Flüsse ermöglichten es oft, die Gerüste auf die Eisfläche zu stellen (Bild 1899, Werbe-
mappe der Firma Bari)**

5

Allrussische Ausstellung in Nižnij Novgorod, 1896. Hängedach aus gekreuzten Stahlbändern über ovalem Ausstellungsraum (Bild 1895)



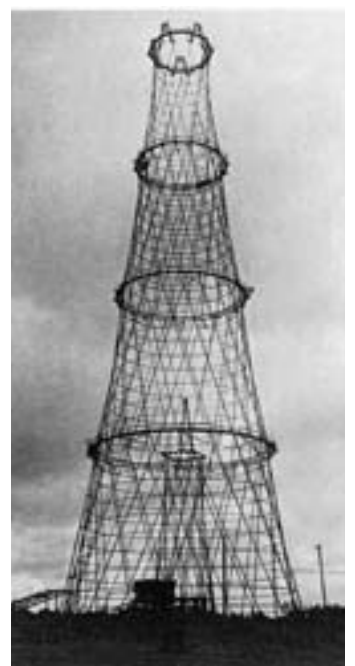
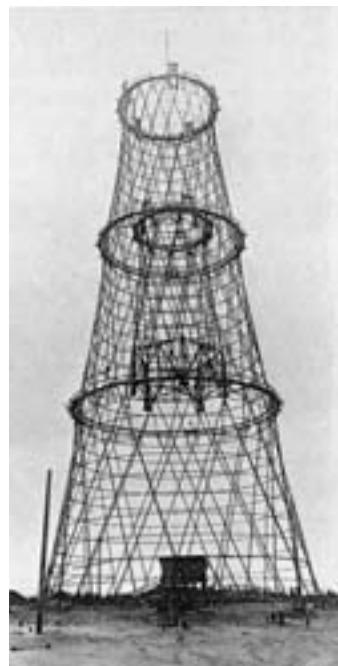
6

6-7

**Stromleitungsmasten an der Oka. Bau-
phasen: Das jeweils nächste «Stock-
werk» wurde am Boden zusammen-
gebaut und anschliessend mit 5
Kranen hochgezogen. Der untere Ring
des neuen Elementes steht zuerst
unter einer Vorspannung, damit er
durch den schon gebauten Ring passt
(Bild 6: Igor Kasus, 1989. Bilder 7 a-d:
1927)**



7 a-d



horizontale Ringe. Das ergab eine leichte, steife Turmkonstruktion, die einfach und elegant berechnet und hergestellt werden konnte.

Diese Erfindung hatte sich Suchov noch kurz vor der Ausstellung in Nižnij Novgorod patentieren lassen, und sie wurde für die Firma Bari zu einem grossen geschäftlichen Erfolg. Die beschleunigte Industrialisierung bewirkte einen sprunghaften Anstieg der Nachfrage nach Wassertürmen, und die Suchov'schen Modelle waren wegen der einfachen Konstruktion und des geringen Stahlverbrauchs nur etwa halb so teuer wie vergleichbare Systeme. Suchov entwarf hunderte von Türmen und führte teilweise auch typisierte Elemente ein. Trotzdem nutzte er mit offensichtlichem Vergnügen die Eigenschaft des Hyperboloids, durch Änderung beispielsweise der Schrägstellung der Stäbe Formvarianten zu erzeugen (Bilder 3). Auch um die Gestaltung der normalerweise innen liegenden Treppenaufgänge kümmerte sich Suchov mit aller Sorgfalt.

Vom Chefingenieur zum Firmenleiter

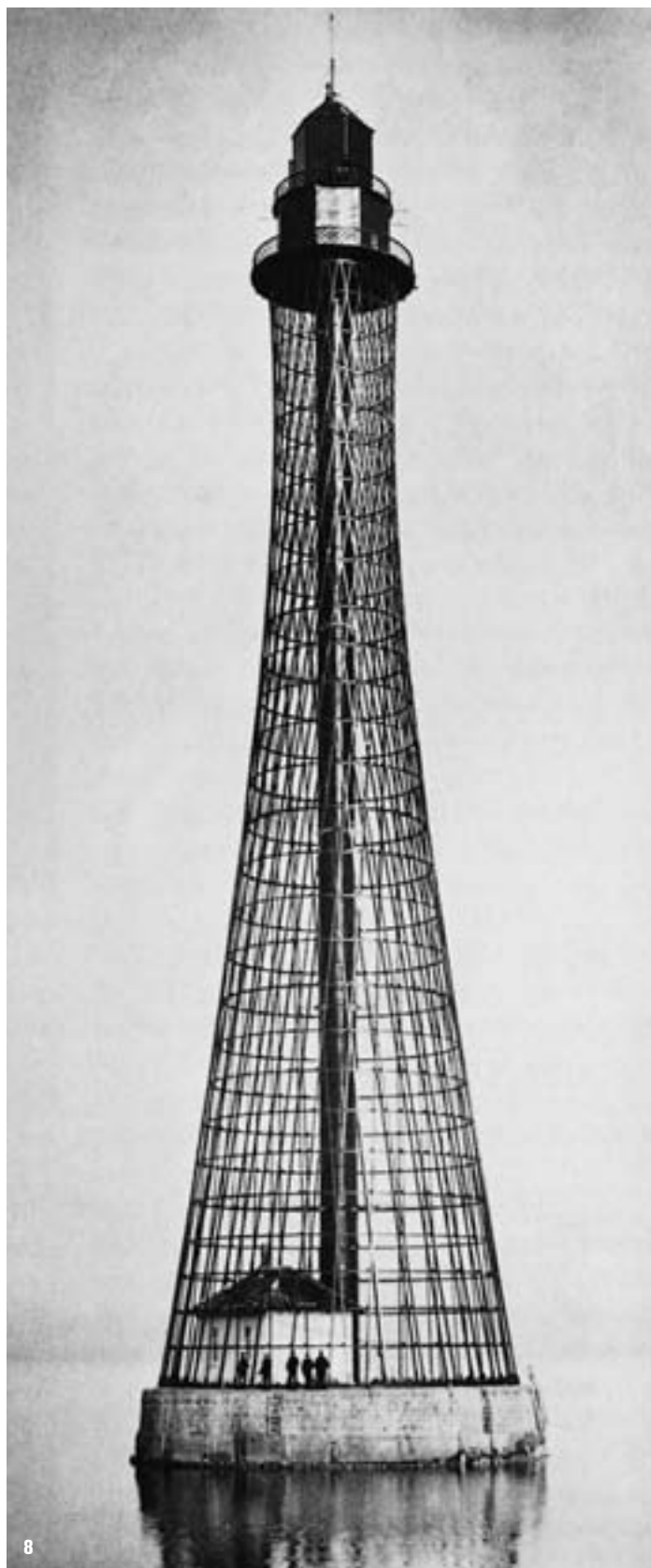
Nach der Russischen Revolution von 1917/18 emigrierten Baris Erben (der Firmengründer selbst war 1913 gestorben) nach Amerika, und die Firma wurde verstaatlicht. Die Arbeiter wählten den nun 61-jährigen Chefingenieur Suchov zum neuen Firmenleiter.

Nachdem in den ersten Jahren vor allem Wiederaufbauarbeiten geleistet werden mussten, erhielt Suchov schon bald nach der Gründung der Sowjetunion einen seiner grössten Aufträge: die Errichtung eines 350 m hohen Sendeturms der Komintern-Radiostation Sabolovka in Moskau. 1919 legte Suchov Entwurf und Berechnungen für einen Turm vor, der trotz grösserer Höhe als der 1899 gebaute Eiffelturm lediglich einen Viertel von dessen Stahlmenge erfordert hätte. Da aber in Moskau zu der Zeit selbst diese 2200 t nicht verfügbar waren, unterschrieb Lenin im Sommer schliesslich eine Verfügung zum Bau einer 150 m hohen Version. Der Turm war eine Weiterentwicklung der Wassertürme und bestand aus sechs übereinander gestellten Hyperboloiden (Bild 2). Die Basen der einzelnen «Stockwerke» wurden durch biegesteife Ringe gebildet. Diese Konstruktion ermöglichte überdies ein verblüffend einfaches Bauverfahren. Innerhalb des untersten Turmteils wurde das jeweils nächste Segment am Boden zusammengebaut und anschliessend mithilfe von fünf einfachen Holzkränen in die Höhe gezogen (Bilder 6 und 7). Der Bau des Turms löste im jungen Staat grosse Begeisterung aus. Suchov hatte Berechnungen angestellt, dass mit drei Sendetürmen der ursprünglich vorgesehenen Höhe die ganze Sowjetrepublik hätte abgedeckt werden können. Es blieb allerdings beim Bau des einen, verkleinerten Turms (dieser aber steht noch heute).

engler@tec21.ch

Anmerkung

- 1 Zitat, Angaben und Bilder aus: Die Kunst der sparsamen Konstruktion – Vladimir G. Suchov 1853–1939. Verschiedene Beiträge, bearbeitet von Rainer Graefe, Murat Goppoev, Ottmar Pertschi. Deutsche Verlags-Anstalt und Institut für Auslandsbeziehungen, Stuttgart, 1990. ISBN 3-421-02984-9.



8

Adziogol-Leuchtturm bei Cherson am Schwarzen Meer. Höhe 68 m (Bild 1911)