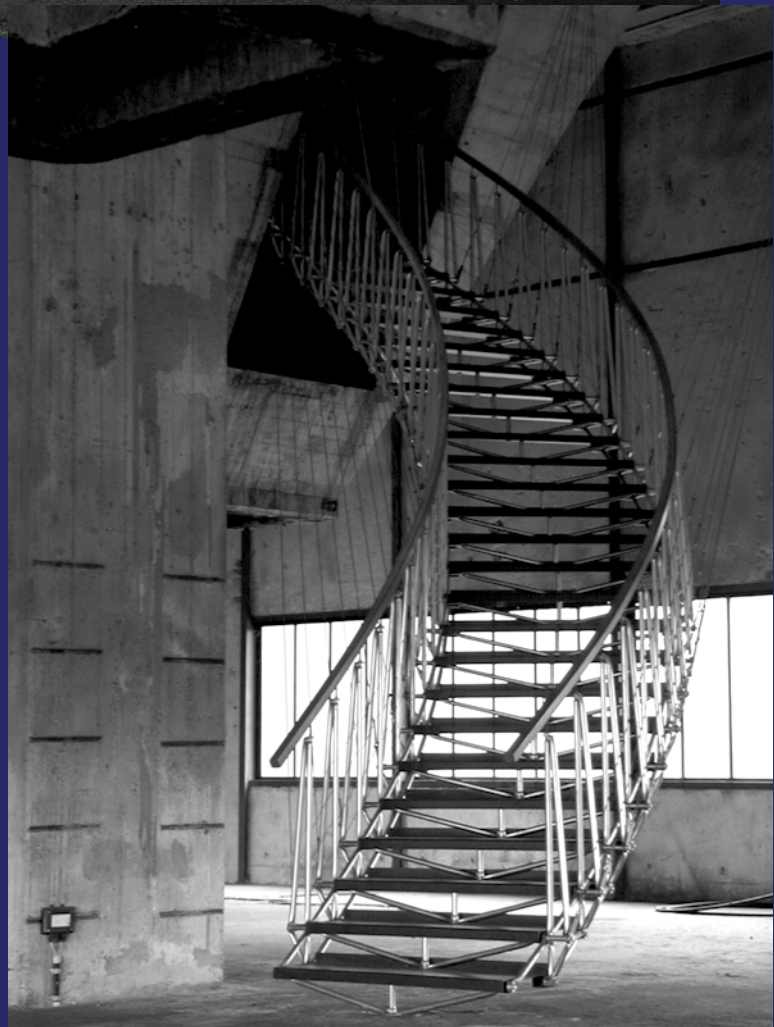
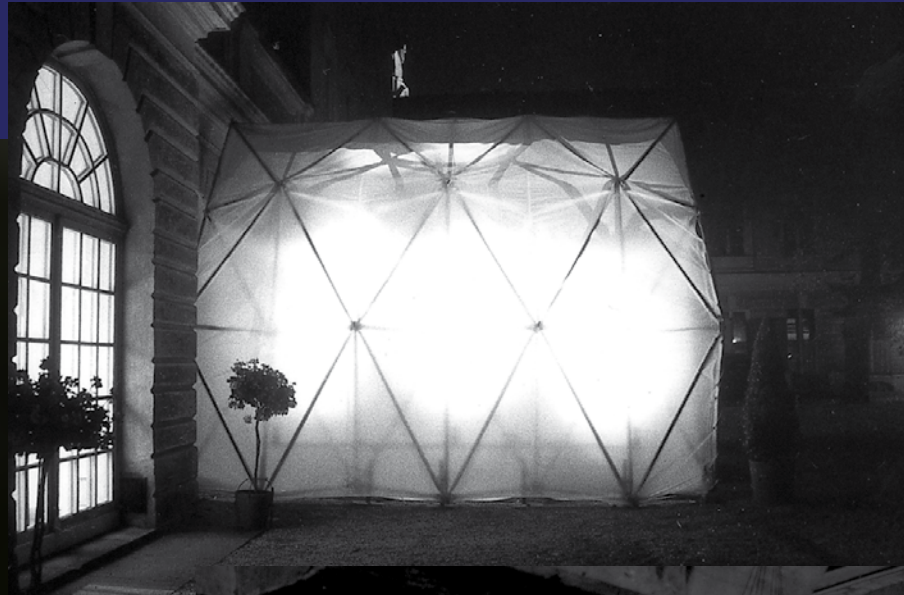
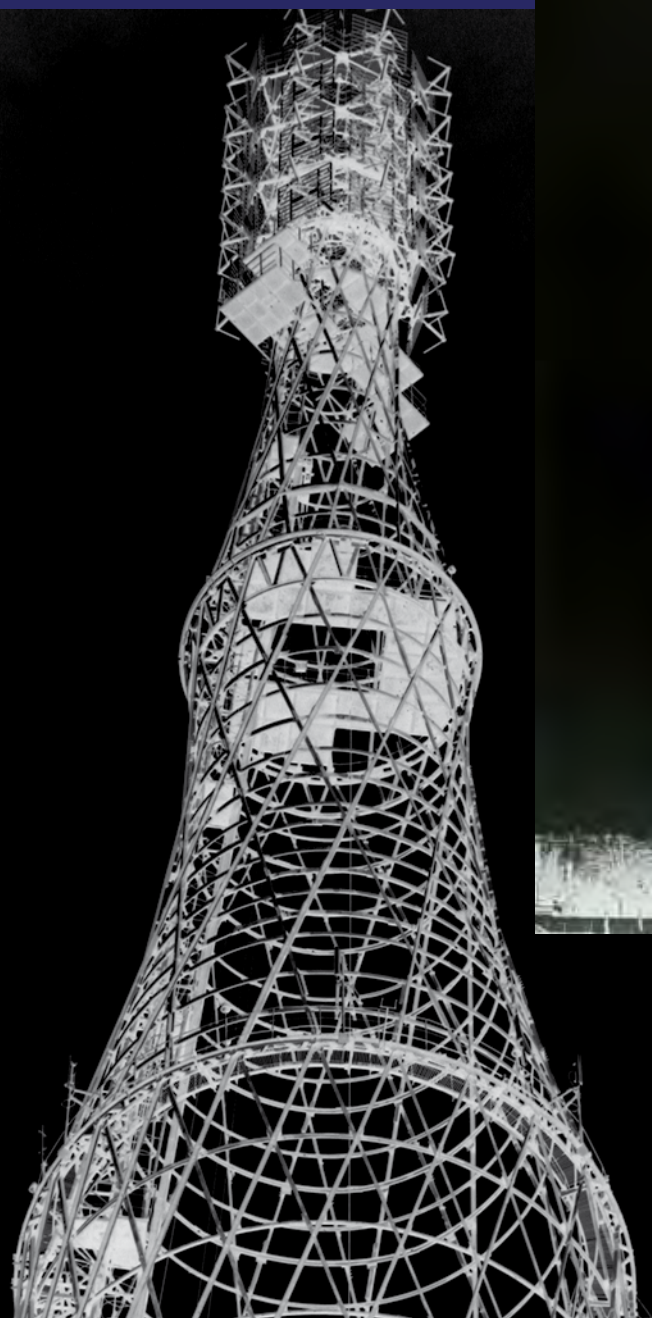




Function Follows Form

Function Follows Form

Traktat über modulares Bauen,
auch ›Systemtectur‹ genannt

Herausgegeben von Jürg Steiner

mit Texten von Thorsten Lappe und Claus Klimek

für ›System 180‹ im Juli 2007



Function Follows Form

1	Form und Funktion	Seite 5
2	Das ›System 180‹	Seite 8
3	Entwicklung des Bauens – Technische Entwicklung – Industrialisierung	Seite 38
3.1	Formen und Entwicklung von Tragwerken	Seite 40
3.1.1	Joseph Paxton	Seite 41
3.1.2	Gustave Eiffel	Seite 42
3.1.3	Alexander Graham Bell	Seite 43
3.1.4	Vladimir G. Šuchov	Seite 44
3.1.5	Buckminster Fuller	Seite 48
3.1.6	Frei Otto	Seite 50
3.1.7	Konrad Wachsmann	Seite 51
4	Entwicklung von vorfabrizierten Tragwerksystemen	Seite 56
4.1	High Tech	Seite 57
4.2	Massenproduktion und Vorfertigung	Seite 58
4.3	Vorgefertigte räumliche Tragwerke	Seite 60
4.3.1	Knotenpunkte	Seite 63
4.3.2	Stäbe	Seite 65
4.4	Mero	Seite 66
4.5	Fritz Haller	Seite 70
4.6	System Montal – Krupp Stahlbau	Seite 72
4.7	Züblin	Seite 73
4.8	Brasilianische Tragwerke	Seite 74
5	Resümee	Seite 76

Vorblatt:

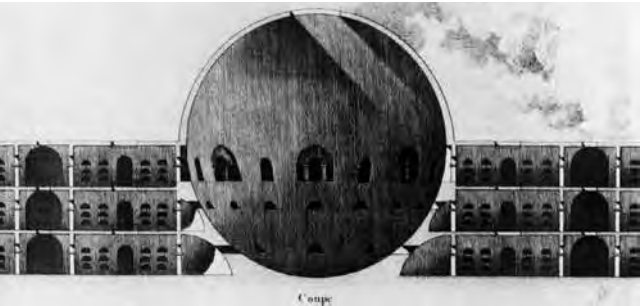
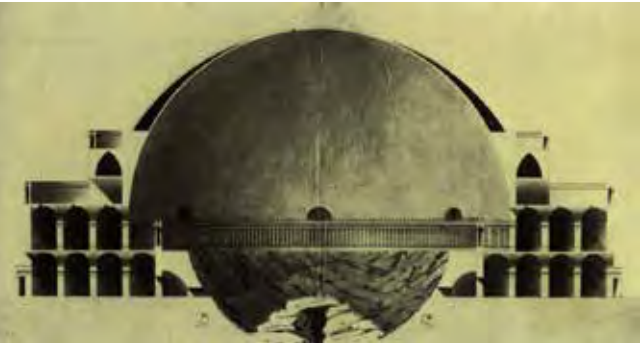
Vorbau für Kasse, Shop, Garderobe und Vorführraum für die Ausstellung ›Preußen 1701 – Eine europäische Geschichte‹ vor der Orangerie des Schlosses Charlottenburg 2001, Architekt: Jürg Steiner, Foto: Udo Meinel, Berlin

Etienne-Louis Boullée: Tempel der Natur oder der Vernunft, 1793/94 (Schnitt)
Lavierte Federzeichnung auf Papier, 48 x 91 cm. Gabinetto Disegni e Stampe degli Uffizi, Firenze
aus Artikel: Etienne-Louis Boullée 12. Februar 1728–4. Februar 1799
in Harald Szeemann (Hg.): ›Der Hang zum Gesamtkunstwerk‹, Aarau und Frankfurt am Main 1983, Seite 119

Claude-Nicolas Ledoux, 1736–1806: Friedhof von Chaux
aus Michel Gallet, Claude-Nicolas Ledoux – Leben und Werk des französischen Revolutionsarchitekten, Stuttgart 1983, Seite 243, Abb. 426

Claude Nicolas Ledoux, Musterhaus der Flurwächter,
<http://www.ibsg.tu-bs.de/baugeschichte/alt/pdf/rat-klass-hist.pdf> (10. Juli 2007)

Claude Nicolas Ledoux, Musterhaus der Flurwächter,
für Maupertuis in der Periode der Utopie um 1800 entworfen
aus Michel Gallet: Claude-Nicolas Ledoux – Leben und Werk des französischen Revolutionsarchitekten, Stuttgart 1983, Seite 40, Abb. 18



1

Form und Funktion

Ein verführerischer aber schwer zu vertretender Wunsch in der Architektur und im Design war es immer – und wird es immer bleiben – erst eine Form zu entwerfen und dann die dafür passende Funktion zu implementieren. In diesem Wunsch betätigen sich die am Entwurf Beteiligten entgegen der Regeln des Berufsbilds der Designer, die ja für ihre Produkte Bedarfsanalysen machen, ergonomische Einflussgrößen einarbeiten und so finale Formen entwickeln, die der Funktion folgen sollten.

Es war der heute nicht mehr allen bekannte Architekt Louis Henri Sullivan, geboren am 3. September 1856 in Boston, gestorben am 14. April 1924 in Chicago, der 1896 in seinem Traktat ›The tall office building artistically considered‹ (Das hohe Bürogebäude aus künstlerischer Sicht) formulierte: ›Es ist das Gesetz aller organischen und anorganischen, aller physischen und metaphysischen, aller menschlichen und übermenschlichen Dinge, aller echten Manifestationen des Kopfes, des Herzens und der Seele, dass das Leben in seinem Ausdruck erkennbar ist, dass die Form immer der Funktion folgt¹. Die heute gebräuchliche Verkürzung heißt denn auch *form follows function*. Doch gerade in innovativen Systemen verbergen sich Potenziale, in gewählte Formen variable Inhalte einzupassen, auch unter der Voraussetzung, dass die Gestaltung von Räumen einer dienenden, von der späteren Nutzung vorgegebenen Funktion folgt.

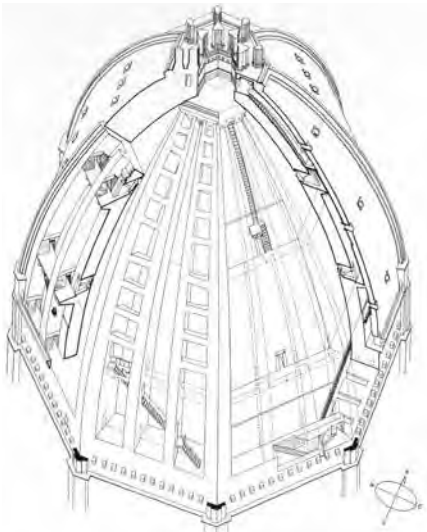
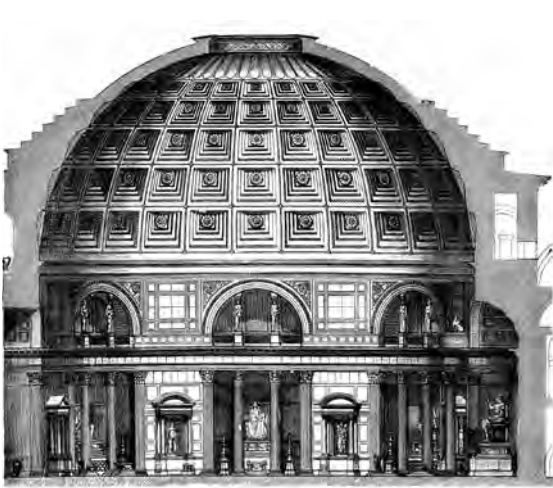
So bleibt uns immer noch das *KISS-Prinzip: Keep it simple and smart*². Oder wie Wolfgang Joop es formuliert: ›Kunst ist es, wenn man nichts mehr weglassen kann‹. Mit diesen Begriffen lassen sich Bausysteme beschreiben: Sie helfen den materiellen Aufwand zu minimieren, denn sie sind als Einzelteil teurer, als auf der Baustelle zu verarbeitendes Halbzeug aber sie werden im statischen ästhetischen Sinne unbestimmt, wenn man zu viel Einzelteile appliziert.

Eingängigste Beispiele des Traums der Architektur nach dem Primat der Form sind geometrische Grundformen wie Würfel, Zylinder, Pyramide und Kugel. Letztere ist sicherlich die schwierigste Form, weswegen die sphärischen Gebäudeentwürfe, die erstmals in der so genannten Revolutionsarchitektur in Erscheinung traten, unverwirklicht blieben. Weder der Tempel der Natur oder der Vernunft, 1793/1794, oder der Kenotaph für Isaac Newton, beide von Etienne-Louis

1 http://de.wikipedia.org/wiki/Form_follows_function (31. Juli 2007)

2 <http://de.wikipedia.org/wiki/KISS-Prinzip> (8. Mai 2007)

Boullée (1728 bis 1799), noch der Entwurf für den Friedhof von Chaux, noch das Musterhaus der Flurwächter um 1800, beide von Claude-Nicolas Ledoux (1736 bis 1806), gelangten zur Ausführung. Neben den ökonomischen Gründen, die einer Verwirklichung der Ideen im Wege gestanden haben mögen, bestanden auch technische, die jene Projekte nicht über das Entwurfsstadium kommen ließen. Halbkugeln ähnliche Gebilde sind seit bald 2000 Jahren erprobt, sphärische Kuppeln aus opus caementum, wie das Pantheon in Rom, und aus Mauerwerk, wie der Dom in Florenz oder Sankt Peter in Rom, sind außerordentlich haltbar. In einer schweren, gut unterbauten und gegründeten Halbkugel treten ausschließlich Druckkräfte auf. So sind sie aus Materialien herstellbar, die keine Biege- und Zugkräfte aufnehmen können. Sobald aber die Halbkugel über den Äquator hinaus weiter geführt wird – indem der jeweilige Durchmesser zum unteren Pol hin wieder kleiner wird – versagen Mauerwerk und unbewehrter Beton, da nun in der unteren Hälfte der Kugel Zugkräfte die Druckkräfte überlagern. Eine Kugel erfordert also auf Zug und Druck gleichermaßen beanspruchbare Materialien. Stahl ist dabei nahe liegend, auch andere Metalle, Holz und Kunstmaterialien kommen in Frage.



Rom, Pantheon, 25. Februar 2001, 13:06 Uhr

Rom, Pantheon: historischer Schnitt
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Pantheon.drawing.jpg> (20. Juli 2007)

Pantheon, Römischer Tempel für alle Götter, Modell von Antonio Chichi, 1782, Staatliche Museen Kassel, Schloss Wilhelmshöhe (Foto: 13. August 2007, 18:38 Uhr)

Florenz, Dom, 1931
http://www.vps.it/new_vps/upload/1931_Firenze_Duomo.jpg (14. August 2007)

Domkuppel Florenz: Stereometrischer Schnitt durch die Kuppel von Prof. H. Siebenhühner, aus: Thomas Krämer: Die große Kuppel von Florenz, Stuttgart 2001



mensysteme und Stabsysteme. Erstere haben den Vorteil, dass die Rahmen spezifische Erfordernisse der späteren Nutzung als Behausung oder Arbeitsstätte aufnehmen können, indem Sie beispielsweise auch unbestimmte statische Systeme ermöglichen, also Rechtecke oder Quader ohne Diagonalen. Stabsysteme sind demgegenüber Platz sparend im Transport, und universeller einsetzbar. Die Stabsysteme unterscheiden sich primär durch solche mit Verbindungsknoten und solche mit durchlaufenden Stäben. Systeme mit Verbindungsknoten folgen ganz direkt dem physikalischen Kräfteverlauf, mit dem darin implizierten Nachteil, dass alle Kräfte durch einen Punkt geführt werden. Zug- und Druckkräfte müssen also durch ein Verbindungsglied vom Stab in den Knoten geleitet, in diesem auf geeignete Weise weitergeleitet und dann in andere Stäbe eingeleitet werden. Da Bauwerke nur in Ausnahmefällen reversibel auszuführen sind, wird durch Verschweißen eine hohe Zuglast zwischen Stäben und Knoten ermöglicht. Das klassische System ist aber schraub- oder klemmbar gestaltet, mit dem Vorteil der einfachen späteren Veränderung, aber mit der Einschränkung, dass Zugkräfte über Gewinde oder Stege vom Stab zum Knoten und von dort auf andere Stäbe zu führen sind.

Spätestens seit den Untersuchungen und Patentschriften von Buckminster Fuller (1895 bis 1983), wie dem Patent ›Geodesic Dome‹ aus dem Jahr 1954, aber letztlich schon durch Konstruktionen aus dem 19. Jahrhundert, wie den Kuppeln von Franz Heinrich Schwechten (1841 bis 1924) ist bekannt, dass einlagige Kuppeln – wir nennen sie, der Bezeichnung Fullers folgend, ›Dome‹ – ausschließlich aus Dreiecken gebildet werden können. Vierecke mit sich kreuzenden Diagonalen aus Seilen bilden vier Dreiecke wie Arbeiten des 1934 geborenen Jörg Schlaich, Stuttgart, die er als verglaste Netzschaalen bezeichnet, eindrucksvoll beweisen.

›For the first time in history it is now possible to take care of everybody at a higher standard of living than any have ever known. Only ten years ago the 'more with less' technology reached the point where this could be done. All humanity now has the option to become enduringly successful.‹³

Nachfolgende zwei Teile beginnen mit der Geschichte, dem Ringen nach großen klaren Formen und den Visionen der Berliner Firma ›System 180‹, gefolgt von einer fragmentarischen Beobachtung von Systemen im Allgemeinen und spezifischen Vorgängersystemen.

³ Buckminster Fuller, 1980:
http://www.bfi.org/introduction_to_bmf.htm (15. Mai 2007)

Weltausstellung New York, 1939
›Le Périshère lumineuse. Au sommet apparaît le croissant de la lune‹
Aus: L'illustration, Journal Hebdomaire Universel, 10. Juni 1939, Foto: Saint-Thomas

Kugel des US-Pavillons auf der Weltausstellung 1967 in Montreal
aus archINFORM Sascha HendelURL: <http://www.archINFORM.net/arch/1098.htm>
(11. Februar 2003)

Netzschaale von Schlaich/Bergermann, Stuttgart als Überdachung eines Schwimmbads in Neckarsulm, 1989
http://de.structurae.de/files/photos/f000009/neckarsulm_sbp.jpg



3
Entwicklung des Bauens – Technische Entwicklung – Industrialisierung

Dass ein Gebäude nicht aus Steinwänden bestehen muss, sondern auch von Gerüststrukturen gebildet werden kann, hatten Architekten bereits in der Gotik in die Praxis umgesetzt. Ebenfalls das Holzfachwerk des Mittelalters war ein Vorläufer des Stahlfachwerksbaus und der Gerüstkonstruktion.³¹

Räumliches Fachwerk ist eine Erweiterung des Fachwerkes in die dritte Dimension. Wo früher Kräfte nur in der Ebene abgeleitet wurden, verzweigen sie sich jetzt im Raum.³²

Bereits 1570 wurde das Prinzip der Kräftezerlegung bei Fachwerksystemen von Andrea Palladio beschrieben. Bis ins 19. Jahrhundert wurde dieses Wissen aber weitgehend nicht verwendet. Zunächst beschränkte sich die Anwendung und Weiterentwicklung auf den konstruktiven Ingenieurbau der Eisenbahnbrücken. In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden durch Konstrukteure die grundlegenden Konstruktionsarten für Fachwerke festgelegt.³³

Die neuartigen statischen Möglichkeiten der Stahlkonstruktion im 19. Jahrhundert wurden anfänglich genutzt, um zu zeigen, dass Bauen etwas anderes sein konnte, als Steine aufeinander zuschichten, was 1887 durch den später so genannten Eiffelturm demonstriert wurde. Bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann der Einfluss der Industrialisierung in Bauwerken sichtbar zu werden. Bauwerke entstanden, die auf die Anwendung neuer Materialien, technischer Möglichkeiten und Produktionsmethoden beruhten. Nach dem Einzug von Guss- und Schmiedeeisen folgten Walzprofile aus Stahl. Mit Bolzen und Nieten standen bestimmende Verbindungsmittel im Stahlbau zur Verfügung. Die Entwicklung und industrielle Fertigung von Stahlseilen mit großen Zugkräften ermöglichten darüber hinaus bisher unerreichte, kontinuierliche Spannweiten. Die Wissenschaft steuerte Gesetze und Formeln hinzu, die als allgemein verständliche und direkt anwendbare Mittel zur Berechnung der Kräfte genutzt werden konnten.³⁴



Rom, Pantheon, 28. Februar 2001, 18:02 Uhr

Gotische Deckenrippen
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 28

Ausstellungspavillon der BRD auf der Expo 1967 in Montreal von Frei Otto
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 73

Kristallpalast von Joseph Paxton (1803–1865) auf der Weltausstellung 1851 in London,
Abmessungen 615 x 150 Meter, Gesamtfläche 93.000 m²,
http://www.uni-trier.de/uni_fb3_kunstgeschichte-2 (4. Juli 2007)

Entwurf der Nationalbibliothek in Prag von Jan Kaplicky, 2007
Rendering von Future Systems
<http://www.baunetz.de/arch/meldungen/?source=nl> (07. Mai 2007)



Vernietete Hauptstütze des Eiffelturms aus Kasten- und Flachstählen
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S.24

Brücke von 1862 über den Avon bei Bristol, Brunel Clifton (1806–1859),
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986,
S. 87



Mit den Stahl und Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts wurden die Voraussetzungen geschaffen, die den Konstruktivismus dieses Jahrhunderts wesentlich bestimmt haben. Mit den Beispielen der Gusseisenbauten in New York, dem so genannten Kristallpalast in London von Paxton, dem Eiffelturm in Paris sind die wichtigsten Stationen des Ingenieurbaus des 19. Jahrhunderts belegt. Andere Formen der Konstruktion stellte der Brückenbau des 19. Jahrhunderts dar. Eine der ersten Brücken mit großer Spannweite war die Brücke über den Avon bei Bristol von Brunels Clifton (1806 bis 1859) von 1862, die die besonderen Qualitäten neuer Materialien nutzte. Clifton nutzte hier, wie auch Frei Otto später, die Festigkeit des Drahtseils, um neue Dimensionen zu erreichen.³⁵

Eisen und Schmiedestahl erweiterten in wenigen Jahren die technischen Möglichkeiten auf vielen Gebieten. 1834 stand in England der Bau großer Gewächshäuser bereits in voller Blüte, so dass es nicht Wunder nimmt, dass die ersten Baumeister der leichten Konstruktion gelernte Gärtner waren, wie Joseph Paxton, der Schöpfer des Kristallpalasts in London.

Zum ersten Mal werden mit Eisen große Spannweiten für Kuppeln und Gewölbe erreicht. Durch den Bau abgespannter Masten für Signalanlagen wird der schlanke Turm als Bauwerk für extreme Höhen bekannt.³⁶

1851 wird der Kristallpalast von Paxton für die erste große Weltausstellung montiert. Es ist eine neue Form der Baukunst entstanden. Die riesige, filigrane Konstruktion aus Eisen ist bis heute Vorbild für unzählige Bauten. Kuppeln aus industriell gefertigtem Stahl erreichen immer größere Spannweiten und klarere Formen. 1888 wird in Paris der Eiffelturm aus Stahl zusammengenietet, der eine neue maximale Höhe von 300 m erreicht.³⁷

Das Stahlfachwerk, die Masten und Drahtabspannungen wurden Bedeutungsträger der Architektur einer neuen Epoche. Gerüststrukturen verwiesen auf Fortschrittlichkeit. Der Bau sollte Konstruktion sein, auch wenn die technische Form nur als bedeutungsgeladene Überhöhung symbolisch den Geist des Fortschritts anzeigen sollte.³⁸

31 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 15
32 Beratungsstelle für Stahlverwendung (Hg.), Z. S. Makowski: Räumliche Tragwerke aus Stahl, Düsseldorf 1963, S. 5
33 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 41
34 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 11

35 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 84
36 Frei Otto: Gestaltwerdung, Köln 1988, S. 60
37 Frei Otto: Gestaltwerdung, Köln 1988, S. 60/61
38 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986 S. 13

3.1
Formen und Entwicklung von Tragwerken

Abgesehen von konstruktiven Vorzügen bei der Beschäftigung mit neuen Tragwerken entdeckten Architekten und Ingenieure neue formale Ausdrucksweisen, überzeugend einfache Lösungen und vorher nicht geahnte Schönheit. In Ihrer Gesamtheit weisen neue Formen auf eine logische und funktionelle Architektur hin. Neue Verfahren und Baustoffe sowie Entwicklungen in Fertigung und Industrie haben tief greifende Veränderungen in der Architektur zur Folge. Es wird schwer sein, einen Baustoff zu finden, der dem Stahl an Zuverlässigkeit, Beständigkeit, Vielseitigkeit und Wirtschaftlichkeit gleichkommt. Als wirtschaftlicher Baustoff eignet sich Stahl im Hochbau für Skelettbauten und räumliche Tragwerke, wenn die besonderen Eigenschaften des Stahls sinnvoll ausgenutzt werden. Die räumlichen Tragwerke haben auf die Entwicklung der Architektur solch großen Einfluss genommen, weil diese parallel zu Fortschritten in der Wissenschaft und Technik entstanden sind.

Es braucht uns auch nicht zu verwundern, dass viele dieser entworfenen Tragwerke Tragwerken aus der Natur gleichen. Wir wissen, dass die außerordentliche Leichtigkeit und Festigkeit der Strukturen in der Natur durch die räumliche Anordnung ihrer Teile erreicht wird. So gesehen kann die weitere Verbreitung räumlicher Tragwerke zu einer wirklich organischen Architektur führen. Verschiedene Schwierigkeiten haben früher die Verbreitung räumlicher Tragwerke verhindert. Schwierigkeiten lagen in der statischen Berechnung der Tragwerke, dem Fehlen geeigneter Werkstoffe und Verbindungsmittel und konstruktiven Schwierigkeiten. Große Schwierigkeiten stellten die Probleme der räumlichen Verbindung der einzelnen Tragglieder unter verschiedenen Winkeln. Die meisten Hindernisse sind im Laufe der Jahre beseitigt worden.³⁹

39 Z. S. Makowski, Räumliche Tragwerke aus Stahl, herausgegeben von der Beratungsstelle für Stahlverwendung Düsseldorf, Düsseldorf 1963, S. 10



Bogenbrücke in Coalbrookdale, England, 1779, erste größere Brücke aus Eisen mit einer Spannweite von 30 m.
<http://www.uni-trier.de/uni/fb3/kunstgeschichte/nicolai/images/Eisenbahn/coalbrookdale.jpg> (17. Juli 2007)

Detail der Bogenbrücke in Coalbrookdale
http://www.sedgleymanor.com/graphics/ironbridge_zoom.jpg (28. Juli 2007)

„Sonnenrad“ auf der Kokerei Zollverein, Essen, 1999
Entwurf: Jürg Steiner, Berlin, Statik: Ludwig und Weiler, Augsburg, Ausführung: Queck Stahlbau, Düren
Foto: 2. Oktober 2005, 17:18 Uhr



Dachansicht Kristallpalast London, 1851
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S.21

Innenansicht des Kristallpalasts in London, 1859
Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S.89

Außenansicht des Kristallpalasts 1851
aus: Wolfgang Friebe: Architektur der Weltausstellungen, Leipzig 1983, S.28

Innenansicht Kristallpalast in London
aus: Der Brockhaus, multimedial 2001, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus, 2001



3.1.1
Joseph Paxton

Das Ziel Paxtons (1803–1865) war es nicht, ein oder mehrere bestimmte Gebäude zu planen, sondern er interessierte sich für die Methoden und das Prinzip der Konstruktion mit ihrer universellen Anwendbarkeit. Durch sorgfältige Studien der Materialien, Produktionsmethoden und der Entwicklung von Details bereitete Paxton seine Arbeiten vor. Hierdurch konnten einzelne Elemente in beliebiger Form für jeden gewünschten Zweck in ganz neuen Formen zusammengesetzt werden. Die Größe von Gebäuden wurde nur noch durch die Menge der verwendeten Einzelteile bestimmt. Von 1837–1840 errichtete er in Chatsworth ein Gewächshaus von bis dahin unbekannter Größe, welches ausschließlich aus Glas und Eisen bestand. Das gesamte Bauwerk war standardisiert und vorfabriziert. 1850 schlug Paxton erstmals ein Bauwerk vor, bei dem alle Bauteile samt Produktion und Montage mit genauem Zeitplan exakt beschrieben waren.⁴⁰

Vor Planungsbeginn des Kristallpalastes studierte Paxton die Prozesse der Produktion aller auf der Baustelle verwendeten Bauelemente. Zusammen mit dem heute noch existierenden Bauunternehmen und Konstruktionsbüro Fox, Henderson & Company entwickelte er Fabrikationsmethoden der massenproduzierten Bauteile, wie Stützen, Standardbinder in 3 verschiedenen Längen, sowie Wand- und Fußbodenelemente. Für Produktion und Montage erfanden Paxton und sein Team spezielle Produktions-, Test- und Montagewerkzeuge.⁴¹

Die Attraktivität des Kristallpalastes (615 x 150 m), die nach zeitgenössischen Berichten geradezu ungeheuerlich war, lag in seiner schier unendlichen Reihung kleinteiliger Bauelemente und seiner Transparenz. Planung und Herstellung dauerten lediglich 7 Monate, der Aufbau des Kristallpalastes lediglich 17 Wochen. Der Wechsel des Standortes war von Anfang an einkalkuliert.⁴² Der Kristallpalast kann als der sichtbare Wendepunkt im Bauen angesehen werden, durch den die Baugeschichte eine andere Richtung einschlug. Die besondere Faszination des Systems lag darin, dass es aus kleinen, gleichen und einfachen Teilen bestand, die zusammengefügt einen kolossalen Baukörper ergaben. Der gesamte basierte baute auf feststehenden Rastern und Achsmaßen auf. Die Anschlüsse der Fertigteile an die gusseisernen Stützen erfolgten durch standardisierte Auflagepunkte.⁴³

40 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 14

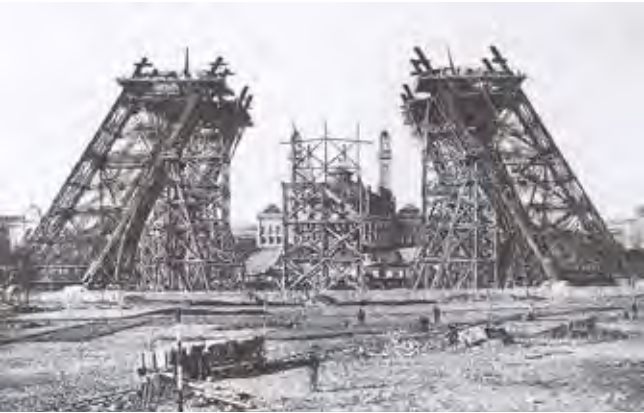
41 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 17

42 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 71

43 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 14

3.1.2
Gustave Eiffel

Der Ingenieur Gustave Eiffel (1832 - 1923) konstruierte in den Jahren 1887 - 1889 für die Weltausstellung in Paris den später nach ihm benannten Eiffelturm. Er zeigte in dekorativer Weise die Auflösung großer Stäbe in feingliedrige Gitterwerke. Die Konstruktion näherte sich bereits räumlichen Konstruktionsprinzipien an, obwohl sie noch aus zweidimensionalen Gitterflächen bestand, die zu rechtwinkligen Kastenträgern vernietet wurden. Durch systematische Anwendung der Niete und kleiner Bandisenprofile konnten statische Wirkungen erzielt werden, an die vorher nicht zu denken gewesen wären. Die Verwendung handelsüblicher Stahlprofile führte wahrscheinlich zur Kastenform der einzelnen Bauteile. Dadurch entsprachen die parallel aus zweidimensionalen Gitterflächen zusammengesetzten Gitterträger des Eiffelturms nicht dem theoretischen statischen Kräfteverlauf des Eiffelturms. Hier machten sich Traditionen, Produktions- und Handwerkstechniken bemerkbar. Ohne die Anwendung neuer, außerordentlicher Mittel scheint es nicht möglich, dass sich eine Konstruktion aus zweidimensionaler Ebene in ein räumliches Konstruktionssystem entfalten kann, welches den statischen Anforderungen besser entsprechen würde. Trotz des rechteckigen Konstruktionsprinzips des Eiffelturms in seinen Einzelteilen bildet er als ganzes eine Art räumliches System, was insbesondere beim Anblick der oft pittoresk wirkenden Knoten zum Ausdruck kommt.⁴⁴



Eiffelturm, Knoten, 1887
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 27

Eiffelturm, Montage, 1887
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne - Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 90

Eiffelturm von 1887 (Höhe 300,5 Meter)
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne - Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 90

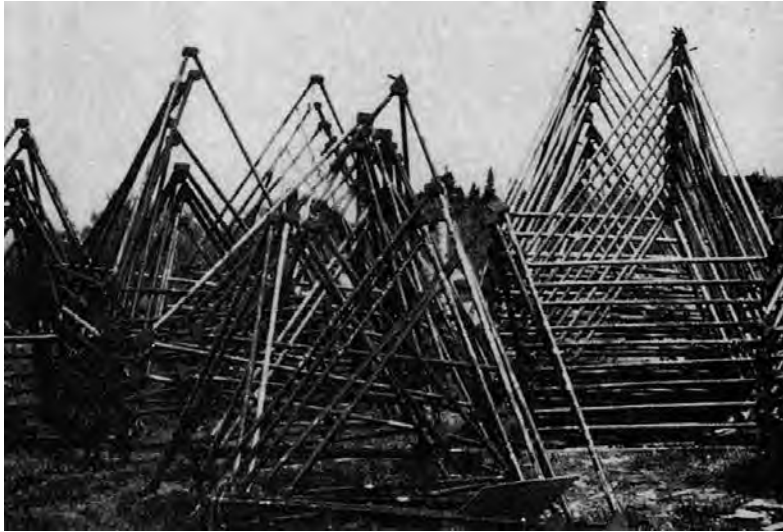


Alexander Graham Bell um die Jahrhundertwende
Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 29

Flugzellenstudien von Alexander Graham Bell
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 31

Gartenturm Alexander Graham Bell
aus Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 32

Vorfabrizierte Teile Alexander Graham Bell um 1900
Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 31



3.1.3
Alexander Graham Bell

Alexander Graham Bell (1847-1922), ist hauptsächlich als der Erfinder des Telefons bekannt. Neben Problemen der Luftfahrt, Aerodynamik, Schiffbau, Ingenieurwissenschaft, Medizin, Elektrotechnik und Genetik konstruierte Bell ein Drachensystem, dass schließlich so groß wurde, dass es einen Menschen in der Luft tragen konnte. Hierzu entwickelte er Konstruktionssysteme von relativ kleinen, räumlichen Körpern, die sich auf dem Tetraeder aufbauten. Diese Systeme fügte Bell in beliebiger Anzahl wabenartig zusammen. Bell begann Systeme von Verbindungstechniken der Knoten zu entwickeln, die sich aus den räumlich zu verbindenden Stäben ergaben.

Nachdem er die extreme Festigkeit seiner Konstruktionen erkannt hatte, verwendete er diese auch für Bauzwecke. Bell stellte vorfabrizierte, standardisierte, massenproduzierte Tetraeder aus Metallstäben her, die alle späteren aufgelösten Systeme vorwegnahmen. Bells Konstruktionen zeigten, dass durch viele kleine Teile und eine hohe Anzahl von Knoten viel einfachere, leichtere und festere Konstruktionen hergestellt werden konnten, als mit konventionellen Mitteln. Grundvoraussetzung für die Forschungen Bells waren die durch die Industrialisierung zur Verfügung stehenden Mittel, wie Vorrichtungen und Maschinen, mit denen Bell schon länger bestens vertraut war.⁴⁵

45 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 31

44 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 24 ff.



3.1.4

Vladimir G. Šuchov

Ein herausragender Konstrukteur des auslaufenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts war Vladimir G. Šuchov (1853 bis 1939).

In den Jahren nach 1892 plante Šuchov 417 Brücken mit Spannweiten zwischen 25 und 100 Metern. Um den Bau bewerkstelligen zu können ging Šuchov den Weg der Standardisierung. Aufgrund der Stahlknappheit wurden leichte Brücken mit wenig Materialverbrauch entwickelt. Der Bau der filigranen Brücken lässt schnell gestalterische Fähigkeiten des Konstrukteurs erkennen. Alle Brücken sind bis ins Detail ausgebildet und ergeben ein prägnantes Erscheinungsbild. Ganze Brückenträger werden an Ufern gefertigt und im Winter über Holzgerüste, die auf Eis standen in Position gezogen. Viele Montage- und Fertigungsverfahren dürften im Brückenbau unter Šuchov erstmals angewandt worden sein. Später beschäftigte er sich mit der Konstruktion von Dächern. Die Absicht Šuchovs war es, Dächer mit minimalem Aufwand an Material, Arbeit und Zeit herzustellen.

Šuchov gelang die Erfindung und Realisierung verschiedener Dachkonstruktionen mit derart grundlegenden Neuheiten, dass allein diese Leistung ihm einen besonderen Rang unter den Bauingenieuren seiner Zeit gesichert hätte. 1895 meldete Šuchov ein Patent auf die Erfindung eines netzförmigen Seilsystems zur Überdachung von Gebäuden an. Die Grundidee, anstelle der üblichen, aus unterschiedlichen Teilen zusammengefügteten Fachwerkkonstruktionen, flächige Tragwerke aus durchweg gleichen Teilen herzustellen, markierte einen Wendepunkt in der historischen Entwicklung der eisernen Baukunst. Sich diagonal kreuzende lineare Elemente, die an den Kreuzungsstellen vernietet oder verschraubt wurden, bildeten Netze mit rautenförmigen Maschen.



obere Reihe
Bau des Kiever Bahnhofs in Moskau von 1912-1917,
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S.67 (Archiv d. Wiss. 1508-1-60 Nr. 6-9)

Mitte links:
Raumfachwerk der Hauptpost in Moskau
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S.64

Mitte rechts:
Bau des Kiever Bahnhofs in Moskau von 1912-1917,
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S.69

Unten:
Allrussische Ausstellung, Pavillon der Staatlichen Eisenbahn
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 45 (Archiv d. Wiss. 1508-1-49 Nr. 3)



GUM Einkaufspassage, Moskau 1889-1893
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 58

Ausstellungspavillon, Allrussische Ausstellung 1897
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 58 (Archiv d. Wiss. 1508-1-49 Nr. 2)

Hochspannungsmasten
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 102 (Igor Kazus, 1989)

Wasserturm von Niznij 1889
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 86

Wasserturm aus vorfabrizierten und vernieteten Teilen in Polibino
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 86

Leuchtturm bei Cherson, 1911
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 84 (Archiv d. Wiss. 1508-2-38 Nr. 11)

Wasserturm aus vernieteten vorfabrizierten Teilen in Niznij, 1889
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 64

Hauptpostamt Moskau
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853-1939 – Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 65



Neben verschiedensten Dächern konstruierte Šuchov Wassertürme, bei denen er sein entwickeltes Netzwerk auf eine vertikale Konstruktion übertragen hat.⁴⁶ Die konstruktive Reinheit, mit der sich die eisernen Fachwerkträger- und Stützen offenbaren, ja verstärken den ästhetischen Reiz dieser kargen Hallenarchitektur.⁴⁷

Insgesamt erstaunen bei Šuchov der sichere Umgang mit den neuen Bauformen und die Fähigkeit, auch bei Verwendung gleicher Bauteile abwechslungsreiche Raumfolgen und Durchblicke zu schaffen.⁴⁸ 1912 entwickelt Šuchov für den Bau des Glasdachs des Moskauer Hauptpostamts ein Raumfachwerk, das als Vorläufer der von Mengerhausen und Wachsmann, in den 1940er Jahren entwickelten Raumfachwerke gesehen werden kann. Šuchov verwendete hierfür allerdings noch keine Tetraederkonstruktion.⁴⁹

Archivmaterial beweist, dass die wichtigsten Berechnungen und Konstruktionen von Šuchov allein erarbeitet wurden. Šuchov beschäftigte sich direkt mit der Planung, Herstellung, Konstruktionen und Montage seiner Metallkonstruktionen.⁵⁰ Seine wirtschaftlichen Konstruktionen waren keine Zufallsfunde, sondern Ergebnisse eigenständiger mathematischer Analysen. 1897 wurden seine theoretischen Untersuchungen auf dem Gebiet der Baumechanik verallgemeinert und vom ihm veröffentlicht.

Šuchov versuchte ständig seine Konstruktionen zu perfektionieren. Dabei galt sein Streben nicht nur der Gewichts- und Materialminimierung, sondern auch der Vereinheitlichung und Typisierung.

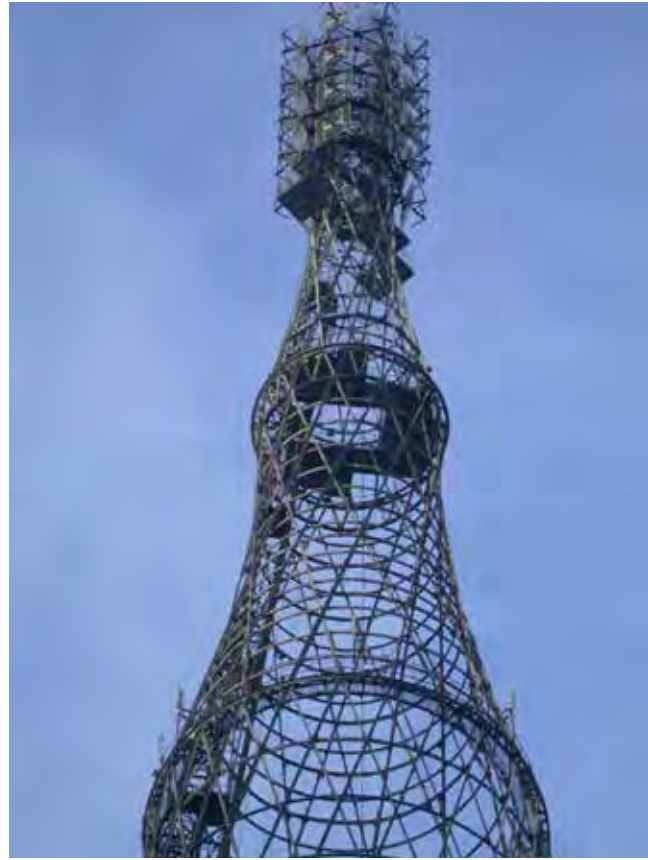
46 Rainer Graefe: Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 11 ff.

47 Rainer Graefe: Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 12

48 Rainer Graefe: Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 12

49 Rainer Graefe: Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 16

50 Rainer Graefe: Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 60 ff.

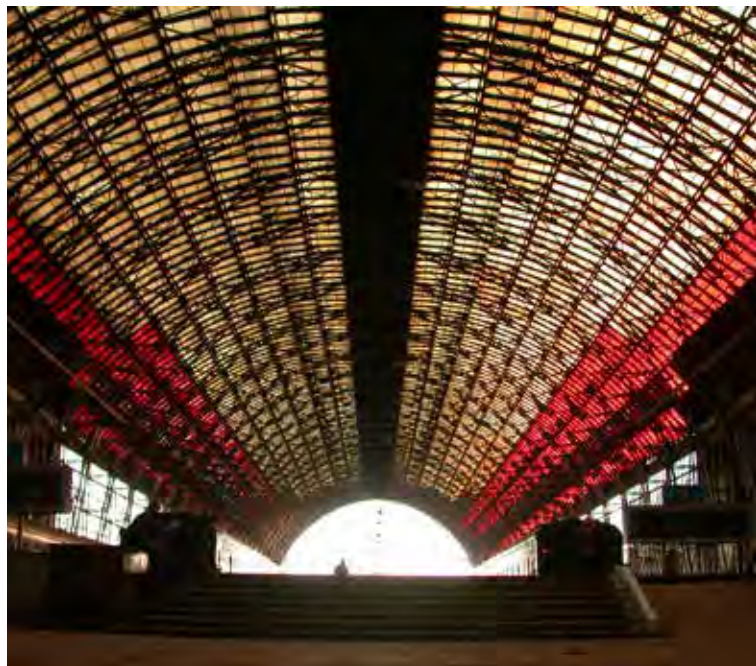


Einige Werke von Šuchov im neueren Moskauer Stadtbild:

Der 160 m hohe Radioturm im Süden der Stadt ist ein einmaliges Beispiel einer leichten, offenen Konstruktion. (Fotos 16. Dezember 2002, 14:20 bis 14:27 Uhr)
Die Straße, an dem die hyperboloide Geometrie steht, erhielt den Namen des Entwerfers: Ulica Schuchowa (Foto: 16. Dezember 2002, 14:23 Uhr)

Das Kaufhaus GUM am Roten Platz kann mit Ihren drei parallel angeordneten Schiffen gewiss als die Mutter der großen Einkaufszentren genannt werden. Die überaus filigrane Dachkonstruktion aus unterspannten Eisenprofilen erscheint als durchaus heutiges Konzept. (Fotos: 14. Dezember 2002, 15:40 bis 15:55 Uhr)

Der Kiewer Bahnhof wird von einer Stahlkonstruktion überspannt, die beweist, dass Šuchov mit allen Arten des Materialeinsatzes umzugehen wußte. Eine Hinweistafel an der Stahlkonstruktion nennt Baujahr und Entwerfer. (Fotos 14. April 2002, von 19:17 bis 19:20 Uhr)



3.1.5
Buckminster Fuller

Buckminster Fuller wurde 1895 in Milton, Massachusetts, USA geboren und begann 1913 sein Studium in Harvard. Zweimal wurde er wegen allgemeiner Verantwortungslosigkeit hinausgeworfen – er beendete nie sein Studium. Siebzig Jahre später war er 43 mal zum Dr. honoris causa ernannt worden. Seit seinem 22. Lebensjahr suchte Fuller die Formen und Konstruktionen für seine Architektur in der Natur und in der Chemie. Er versucht die Strategie der Natur zu entschlüsseln und sich durch Übertragung nützlich zu machen.⁵¹

In der zweiten Hälfte der vierziger Jahre des 20. Jahrhunderts beschäftigte sich Fuller mit der Entwicklung von geodätischen Kuppeln. Diese basierten auf dem Prinzip von unterbrochenem Druck und Zugspannungen. Hiermit entwickelte Fuller ein kuppelförmiges Raumnetz, dessen Festigkeit in exponentieller Relation zur Kuppelgröße wächst. Je größer die Kuppeln wurden, umso größer wurde die Frequenz der kleiner werdenden Struktureinheiten. Konstruktiv bedingt wurden diese immer feiner, wodurch die Kuppeln großer Art fast unsichtbar wurden. Fuller stellte in weiteren Untersuchungen fest, dass das exponentielle Wachstum der Festigkeit es zuließ, Teile des Netzes zu entfernen, ohne die Statik zu beeinflussen. Buckminster Fullers Kuppeln sind Ikosaeder, eine der fünf platonischen Idealkörper. Sie stellen den Übergang zwischen Tetraeder und Kugel dar, mit den Eigenschaften der Kugel, den größtmöglichen Raum bei kleinster Oberfläche zu besitzen und den größten Widerstand gegen Druck zu bieten. In seiner Architektur ließ Fuller ausschließlich Mathematik und Geometrie sprechen, was nicht selten an rationell nicht begründbaren menschlichen Wohn- und Nutzungsbedürfnissen vorbeiging. Bis heute werden in immer mehr Wissenschaften Formen erkannt, die denen der Konstruktionen Fullers konstruktiv gleichen. Genannt sei hier als Beispiel die Molekularbiologie.⁵²

Fullers erster spektakulärer Erfolg entstand 1953, als er für die Firma Ford einen bereits bestehenden Rundbau überdachen sollte. Es entstand eine geodätische Aluminiumkuppel mit über 30 m Durchmesser, die mit Kunststoff überspannt war. Das Gewicht der entstandenen Kuppel betrug 8,5 Tonnen. Eine traditionell errichtete Kuppel hätte 150 Tonnen gewogen. Es folgten internationale Aufträge geodätischer Kuppeln für verschiedenste Zwecke und in unterschiedlichsten klimatischen Bedingungen. Die wohl bekannteste Kuppel Fullers wurde 1967 für



Geodätische Kuppel von Buckminster Fuller
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 147

Weltausstellung Montreal, Kanada: Pavillon der USA von Buckminster Fuller, 1967
<http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkas/arch304/D+C2004website/Website-2/fuller-dome.jpeg> (27. Juli 2007)

Buckminster Fuller, 1951
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London Amsterdam, 1960, S. 136

Buckminster Fuller, U.S. Airforce, mobile Kuppel, 1954
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London und Amsterdam 1960, S. 199

Buckminster Fuller, Ford Rotunda 1953
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London und Amsterdam 1960, S. 192

Buckminster Fuller, Geodesic Dome
aus: Buckminster Fuller, Inventions – The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 126

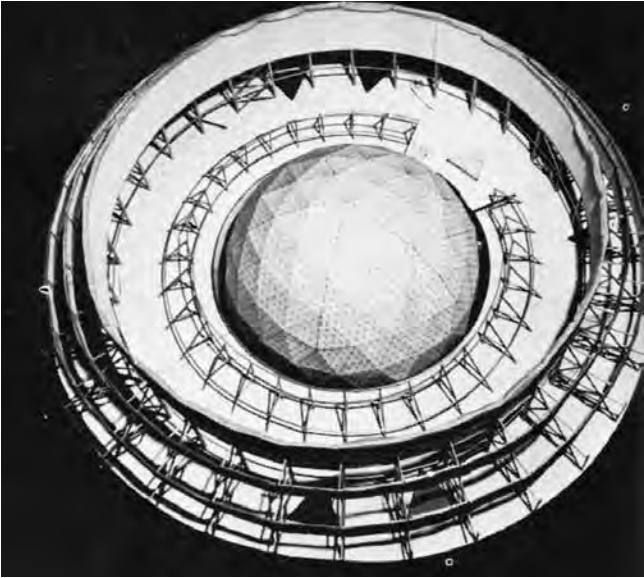
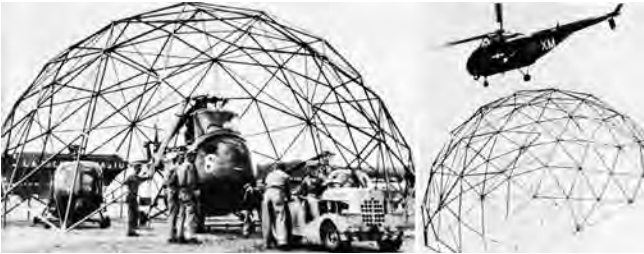
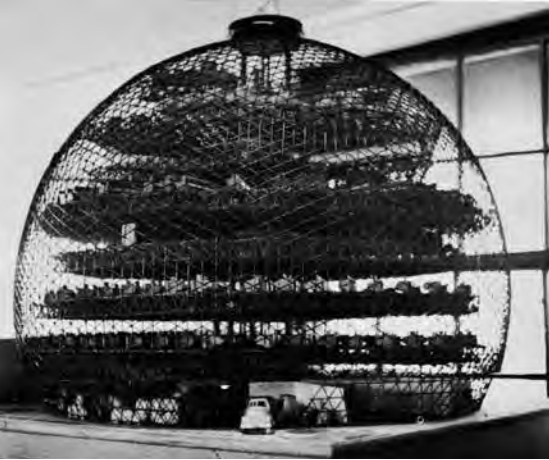
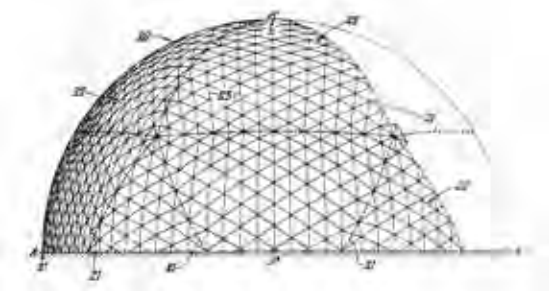
aus: Buckminster Fuller Inventions – The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 132

Kuppel, North Carolina, 1951, modell by Fuller students
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London und Amsterdam 1960, S. 183

Radarturm der Firma Bell
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London Amsterdam 1960, S. 205

Geodesic Dome, Innenansicht
aus: Buckminster Fuller, Inventions – The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 128

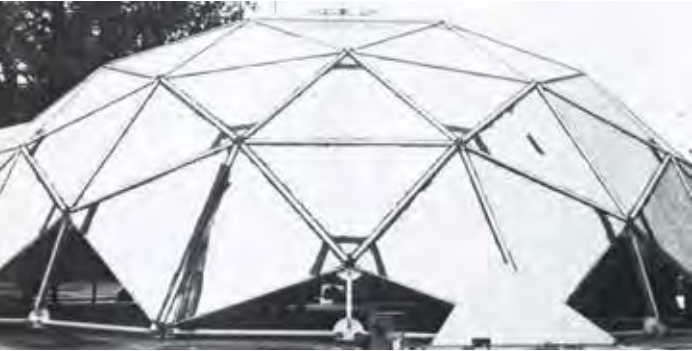
Geodesic restaurant,
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London und Amsterdam 1960, S. 216



die Weltausstellung in Montreal gebaut. Der starke Ausdruck einer gereiften technischen Lösung macht diese Kuppel zu einem Paradebeispiel des Konstruktivismus. Durch die Vergabe von Lizenzen zum Bau geodätischer Kuppeln sind bis Anfang der 1980er Jahre weltweit über 300 000 Kuppeln entstanden.⁵³

Wenn man feststellen will, auf welcher Entwicklungsstufe ein Gebäude steht, so braucht man es nur zu wiegen.⁵⁴

53 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 138
54 Buckminster Fuller, in Deutsche Bauzeitung 1960, S. 352





3.1.6

Frei Otto

Frei Otto wurde am 31. Mai 1925 in Siegmarsdorf, heute ein Stadtteil von Chemnitz, geboren.

Kaum ein Ingenieur und Architekt des 20. Jahrhunderts hat eine solche Fülle unterschiedlicher Strukturen neuartiger Konstruktionen in die Architektur eingeführt wie Frei Otto. Aus seinem »Institut für leichte Flächentragwerke« in Stuttgart (gegründet 1964, heute von Werner Sobek geleitet) sind unzählige konstruktive Lösungen, von der Seilnetzkonstruktion bis hin zum biegesteifen Lattengerüst, hervorgegangen. Die herausragendsten, realisierten Projekte stellen das Zelt von Montreal (Expo 1967) und die Multihalle der Mannheimer BUGA (1975) dar. Viele großformatige Zeltdächer knüpften an die Ideen Ottos an, so auch der Entwurf des Münchener Olympiastadions von Günther Behnisch und Partner, dessen Dachkonstruktion Frei Otto letztlich durchrechnen musste, damit diese konstruktiv möglich wurde.⁵⁵

Frei Otto arbeitete seit Mitte der 1950er Jahre mit dem größten Zeltbauer Deutschlands, L. Stromeyer & Co., zusammen. Aufgrund der Tatsache, dass der Zeltbau, zu dieser Zeit weder wissenschaftlich erforscht noch wissenschaftlich anerkannt war, entwickelte er seine ersten Prototypen und Modelle in experimentaler Form. Bis dahin waren Otto nur Tragwerke mit Spannweiten von bis zu 15 Meter bekannt. Die Konstruktion großer Spannweiten war eine hohe Schule und bedurfte spezieller statischer und wissenschaftlicher Kenntnisse, so dass sich nur erfahrene Fachleute herantrauen durften. Otto erkannte, dass seit vielen Jahrzehnten Riesendächer von Sattlermeistern zusammengenäht wurden, ohne geringste Kenntnisse von der Statik leichter Tragwerke. Es war offensichtlich, dass Zelte darunter waren, die wirklich standfest waren und größte Stürme und selbst Schneelasten aushielten. Er erkannte, dass hier im Handwerk durch

55 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 190



Frei Otto, Skizze Wohnsiedlung, 1967
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 82

Frei Otto, Skizze Stuttgarter Bahnhof, 1966–67
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 85

Frei Otto, Skizze Siedlung am Hafen in der Antarktis, 1959
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 87

Frei Otto, Modell Hoechst Multimediastadion
aus: Karin Wilhelm, Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 32



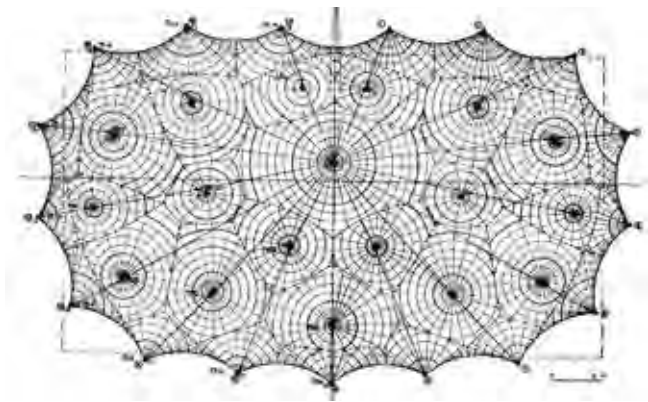
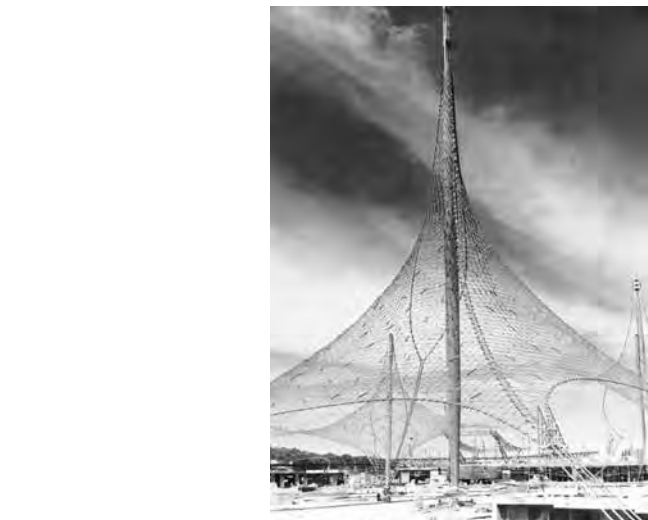
Frei Otto, Multihalle innen, BUGA Mannheim, 1976
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 191

Frei Otto, Multihalle, BUGA Mannheim, 1976
aus: Rudolf Müller: Gestaltwerdung. Zur Formenentstehung in Natur, Technik und Baukunst, Köln 1988, S. 75

Frei Otto, EXPO 1967,
aus: Karin Wilhelm, Architekten heute – Portrait Frei Otto Berlin, 1985, S. 73

Frei Otto, Eiskunstlaufhalle Conflans-St. Honorine, Tüllmodell
Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 25

Frei Otto, Allwetterbad Regensburg, 1970,
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 62



Techniken des Hohlchnittes erstaunliche Annäherungen an die mathematisch-physikalische Minimalfläche erreicht wurden, die mathematisch erst seit 1970 berechnet werden konnte.

Die Variabilität seiner gefundenen Einzelformen hielt er in unzähligen Systemskizzen fest, die wiederum eine Unzahl von Bauformen und Kombinationsformen von Dachkonstruktionen ergaben.

Zwischen 1960 und 1970 wurde der Zeltbau Mode, nachdem er vorzugsweise in den 1950er Jahren als Demonstrationsobjekt eines neuen, modernen Architekturverständnisses galt. Der Zeltbau war eine Entwicklung die ohne Frei Otto undenkbar gewesen wäre.⁵⁶

»Jetzt, nachdem das hängende Dach eine klare Gestalt angenommen hat, jetzt nachdem etwas grundsätzlich Neues geschaffen worden ist, werden wir uns bewusst, dass das hängende Dach uralte ist: Denn das Zelt ist schon ein hängendes Dach.«⁵⁷

Otto fand in seinen Baustrukturen garantiert, was ihm zur Schaffung einer »Menschenerde« Voraussetzung schien. Ziel war es, über leicht handhabbare Baukonstruktionen zu verfügen. Gedacht als Klimakuppeln in der dritten Welt oder der Arktis, um zu das schaffen, was Frei Otto als Menschenerde bezeichnete – Orte, wo Menschen wohnen, arbeiten, Felder und Forst anlegen oder Schätze suchen. Als »Menschenorte« definiert Frei Otto das biologische Gesamtbild des Menschen, einschließlich seiner Technik. Gesamtziel Ottos ist es, die Erde zu humanisieren.⁵⁸

Das für die Gedanken und Konstruktionen Frei Ottos aussagekräftigste Werk war der deutsche Pavillon der Weltausstellung Montreal 1965/66. Das wesentliche Argument für die Auswahl dieser Konstruktion lag, nach anfänglichen Bedenken über die Nichtbaubarkeit der Dachkonstruktion, im geringen Volumen und Gewicht. Diese Eigenschaften sollten eine Herstellung in Deutschland mit leichtem Transport nach Übersee ermöglichen. Ebenfalls der Abbau und Abtransport sollten keinerlei Probleme bringen. Die elementierte Bauweise Frei Ottos trennte Dachhaut als reine Ausfachung von den Stahlseilen, die die Hauptlasten aufnahmen. Im Pavillon von Montreal vollzog sich erstmals eine vollständige Trennung

56 Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 38 ff.

57 Frei Otto: Das hängende Dach. Gestalt und Struktur, Westberlin 1954, S. 9

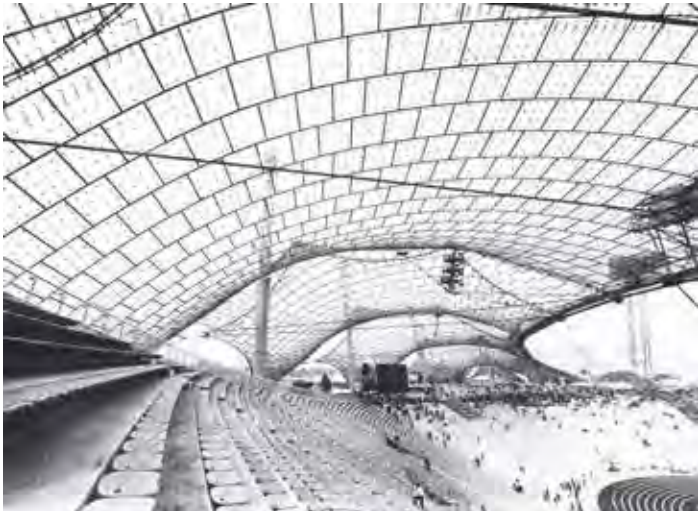
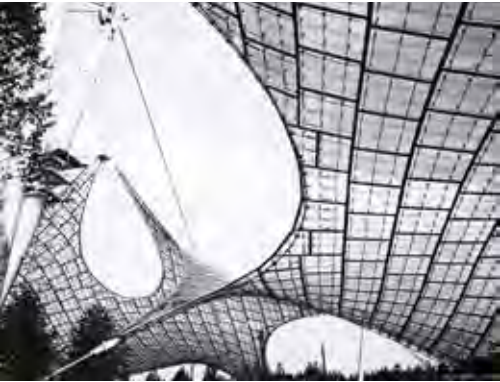
58 Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 38

von tragendem Netz und abdeckender Haut.⁵⁹ Die in Deutschland gefertigten Elemente (Stahlblechmasten, Seilnetz und Dachhaut) wurden in Monaten montiert.

Die neuen Ideen Ottos wurden jedoch nicht immer verstanden und richtig umgesetzt, so auch die Eiskunstlaufhalle in Conflans (1968). Das gebaute Werk besteht aus einem Dschungel an Gitterbögen (Frei Otto), in ungeheuren Betonmassen verankert, welche die klare Form des geplanten Tragwerks ersetzen. Nach der Entwurfsphase wurde auf die Mitarbeit Frei Ottos verzichtet. Seine Idee wurde nicht vertraut und unverstanden umgesetzt, wodurch diese plump und ungekonnt wirkt. Die Gedanken Frei Ottos prägten jedoch weitere Teile der Architektur wie z.B. das Olympiastadion in München (1968/1972). Entwurfsziel war eine Angleichung der Architektur an die landschaftliche Umgebung, womit sich Frei Otto identifizieren konnte. Dem untergelegten Symbolwert, Zeichen eines neuen freien Deutschland, dessen heitere, gelöste, gelockerte Seite zu sein, hat Otto mit Einschränkungen zustimmen können. Die Dimensionen dieser Dachanlage waren derart groß, dass es äußerster Erfahrung und Präzision bedurfte, um sie so leicht und gelöst erscheinen zu lassen, wie die Konstruktion seines 1968 fertig gestellten Pavillons auf der Weltausstellung in Montreal. Die Überdachung von 74800 m² hatte Otto sich jedoch ähnlich gedacht. Aufgrund der bereits überwunden geglaubten Monumente- machen- Mentalität forderte der Ingenieur Fritz Leonhardt Beton für Masten, Betonstahlritzen für das Seilnetz und eine Betondachhaut. Otto empfand seine ursprüngliche Entwicklung auf den Kopf gestellt. Hier wird deutlich, dass der Leichtbau möglicherweise anekdotischer Natur gewesen ist, interessant genug um wissenschaftlich erforscht und perfektioniert zu werden. Verwendung fand er aber nur in temporären Bauten wie dem Pavillon von Montreal. Dass das Münchener Olympiadach dennoch ein anmutiges Zeltdach geworden ist, ist der Tatsache zu verdanken, dass Frei Otto mit seinem Team an beinahe 100 Modellversuchen nachweisen konnte, dass Leonhardts Betonlösung das Netz zerrissen hätte. Dennoch war Frei Otto unzufrieden, da er zu viel Unausgereiftes und daher zu Teures mit dem Dach verband.⁶⁰

Frei Ottos Traum vom sanften Dach einer Wolkenlandschaft ist 1970 in der Multimedia Großraumüberdachung als Studie für eine 60 000 m² Dachlandschaft im Auftrag der Farbwerke Hoechst entstanden.⁶¹

59 Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 72
60 Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 27
61 Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 27



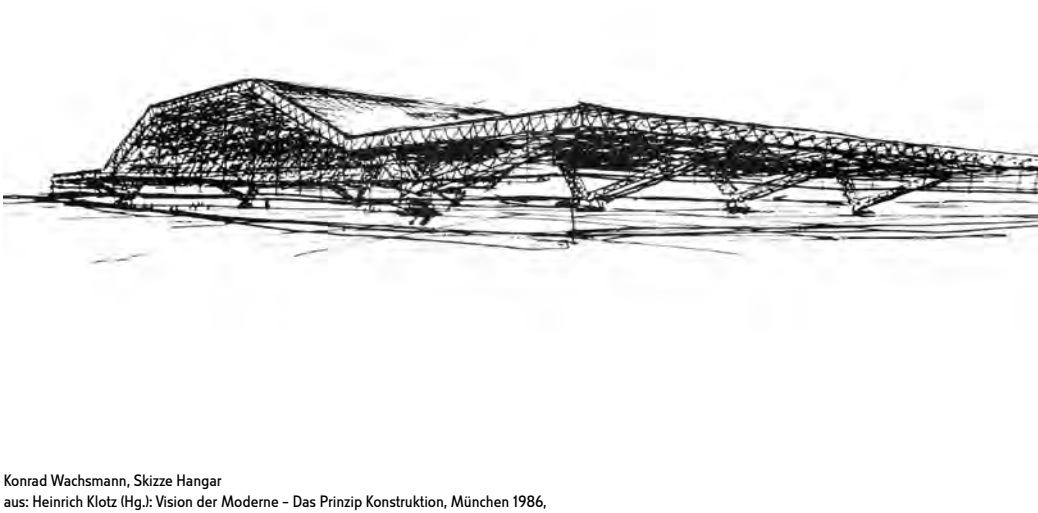
Frei Otto, Olympiastadion München
aus: Rudolf Müller: Frei Otto. Gestaltwerdung. Zur Formenentstehung in Natur, Technik und Baukunst, Köln 1988, S. 73

Frei Otto, Olympiastadion München
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 213

Frei Otto, Olympiastadion München
aus: Karin Wilhelm, Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 30

Frei Otto, BUGA 1975 innen
Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 141

Frei Otto, EXPO Montreal, 1967
aus: Karin Wilhelm: Architekten heute – Portrait Frei Otto, Berlin 1985, S. 73

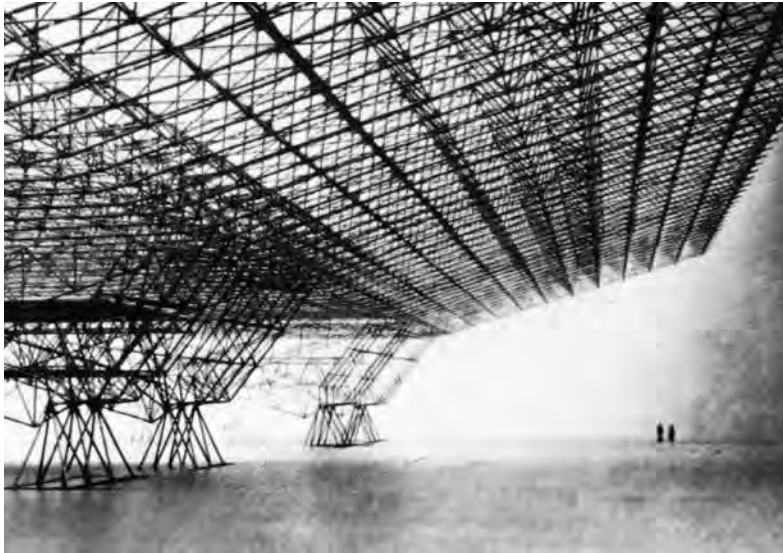
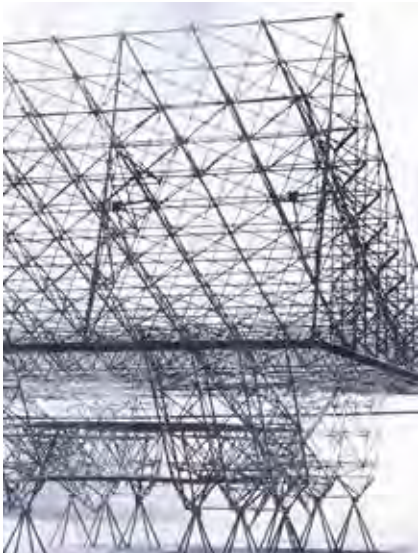


Konrad Wachsmann, Skizze Hangar
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 238

Konrad Wachsmann, Skizze Hangar
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 238

Konrad Wachsmann, Hangar Strukturmodell
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 255

Konrad Wachsmann, Hangarkonstruktion
aus: Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 16



3.1.7 Konrad Wachsmann

Wachsmann gilt als Forscher unter den Architekten seiner Generation, die neue Wege gesucht haben. Konrad Wachsmann, geboren 1901 in Frankfurt a. d. Oder, studierte nach einer Lehre als Zimmerer und Kunsttischler Architektur. Wachsmann glaubte, dass die Möglichkeiten der Industrialisierung jedes Objekt und seine Funktion direkt oder indirekt beeinflusste. Es sollten keine frei erfundenen Konzeptionen mit Hilfe neuer Techniken umgesetzt werden, sondern sich neue Formen, aus den Möglichkeiten der Techniken, als Ursache ergeben. Wachsmann begnügte sich nicht mit dem Entwerfen neuer Strukturen, sondern entwickelte ebenfalls Werkzeuge und Fabriken zur Produktion.

Neben Buckminster Fuller und Frei Otto gehört Konrad Wachsmann zu den herausragendsten Ingenieurarchitekten des letzten Jahrhunderts. Bereits 1941 war Wachsmann gemeinsam mit Walter Gropius das Problem des vorfabrizierten Bauens angegangen. Hierbei entwickelte er ein System von Holz-Fertig-Bauelementen (General Panel System), das es erlaubte, ein Einfamilienhaus an einem Tag mit 5 ungelernten Kräften zu montieren.

Bereits in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts hatte Wachsmann hiervon ein Vorläufersystemsistem für Fertighäuser entwickelt, mit dem der Bauherr auf vordruckten Blättern seinen Grundriss entwickeln konnte. Dieser Grundrisse konnte der Fertigelementhersteller in Konstruktionspläne umsetzen. Nach seiner Emigration in die USA Anfang der 1930er Jahre entwickelte er ein Fertighausssystem für Bauwerke bis zu zwei Geschossen. Ziel war es, dass die Einzelteile von ungelernten Arbeitern auf der Baustelle zusammengefügt werden konnten. Die General-Panel-Platten waren rundum gleich profiliert und wurden

mit standardisierten Hakenverschlüssen an den Verbindungspunkten verankert. Durch ein modulares System enthielten die Platten alle elektrischen Leitungen, die an den jeweiligen Grundriss angepasst werden konnten. 1947 ging die Idee in die Serienproduktion. Durch die lange Entwurfszeit des Produktionsablaufs der Maschinen und Anlagen wurden wichtige Zeitpunkte bei der Vermarktung der Idee verpasst.⁶²

Sein Hauptwerk liegt allerdings in der Entwicklung von Raumstrukturen, die klar-machten, dass zukünftig großflächige Dächer aus einem Stabgerüst von einzelnen Standardelementen entwickelt und gebaut werden konnten. Von 1944- 45 entwickelte Wachsmann für die Atlas Air Kraft Corporation die Mobilar Structure, die an Arbeiten von Bell und Mengerinhausen anknüpfte. Wachsmanns System übertraf bezüglich der Möglichkeiten ausgedehnter Dachkonstruktionen alles Bisherige. Die horizontale Erstreckung des in sich stabilisierten Dachfachwerks reichte von den zentralen Stützen nach beiden Seiten als Auskragung frei in den Raum, so dass ungehindert eingestellte Flugzeuge Platz fanden.

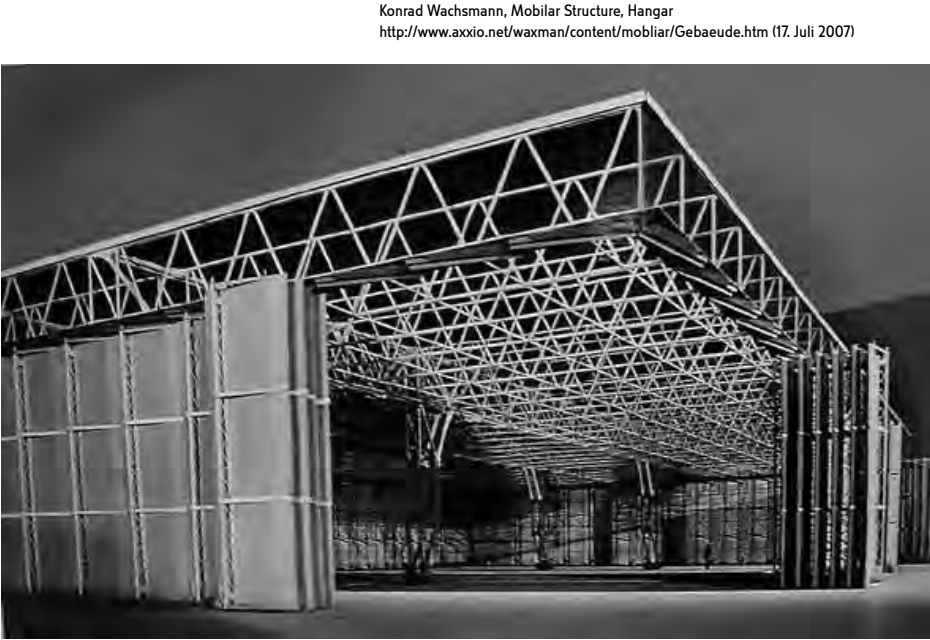
Den Begriff des Raumfachwerks schuf Wachsmann durch einen für die amerikanische Luftwaffe konstruierten Hangar, dessen Dach seitlich fünfzig Meter auskragen sollte.⁶³ Vorgabe für die Konstruktion war die Entwicklung eines räumlichen Fachwerks, dessen Seiten sich alle jederzeit unabhängig öffnen konnten. Wachsmann entwickelte hierfür einen neuartigen Knoten, durch den die Raumstruktur zusammengehalten wurde. Der neue Knoten erlaubte jede, wenn auch nur zweidimensionale, Kombination von Bindern. Die Gesamtstrukturen wurden an zwei Bindern verankert, von denen aus die Nebenbinder auskragen. Um bei größeren Auskragungen den Beanspruchungen zu genügen, wurden die Kräfte in sich vergrößernden Wandstärken aufgenommen. Die Wandelemente wurden diagonal auf die Frontlinie der Halle an der oberen Führungsschiene montiert und so konzipiert, dass sie durch Umdrehen als Tore verwendet werden können. Jedes Wandelement kann sich unabhängig vom Rest der Struktur öffnen und schließen.⁶⁴

Wachsmann verwendete hierfür lediglich einen Knoten und eine Stablänge. Sein System nahm eine universelle Bedeutung ein, was Yona Friedman, geboren 1923 in Budapest, in seinen Entwürfen der Zukunftsstädte später zeigte. Gigantische Raumfachwerke als Tragwerke für alles Erdenkliche sollten über die Landschaften

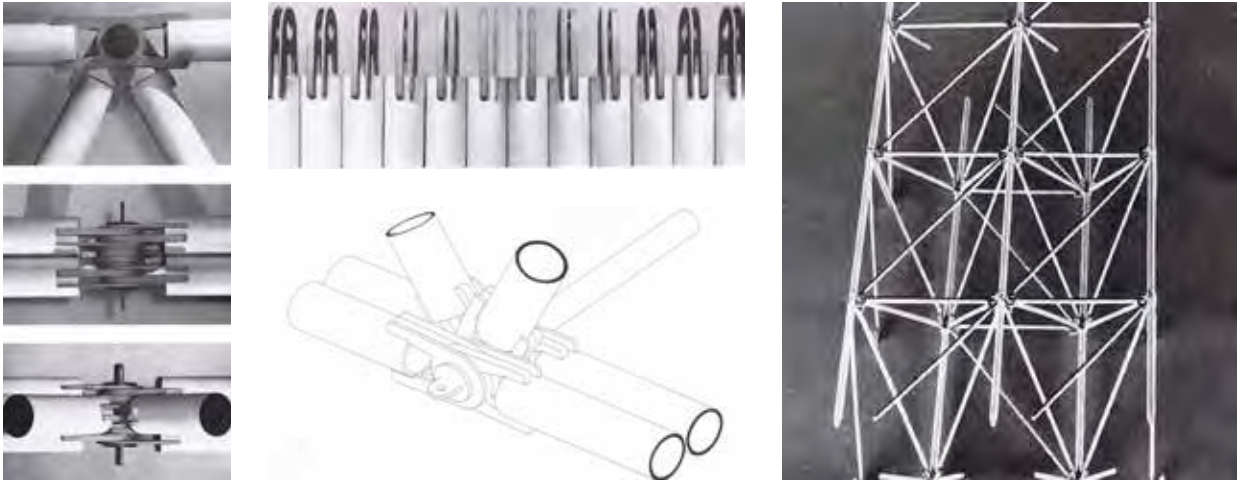
62 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 236
63 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 15ff.
64 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 236/237



Konrad Wachsmann, Hangar US-Airforce
http://www.axxio.net/waxman/content/usaf/usaf_hangar.htm (17. Juli 2007)



Konrad Wachsmann, Mobilar Structure, Hangar
<http://www.axxio.net/waxman/content/mobilar/Gebaeude.htm> (17. Juli 2007)



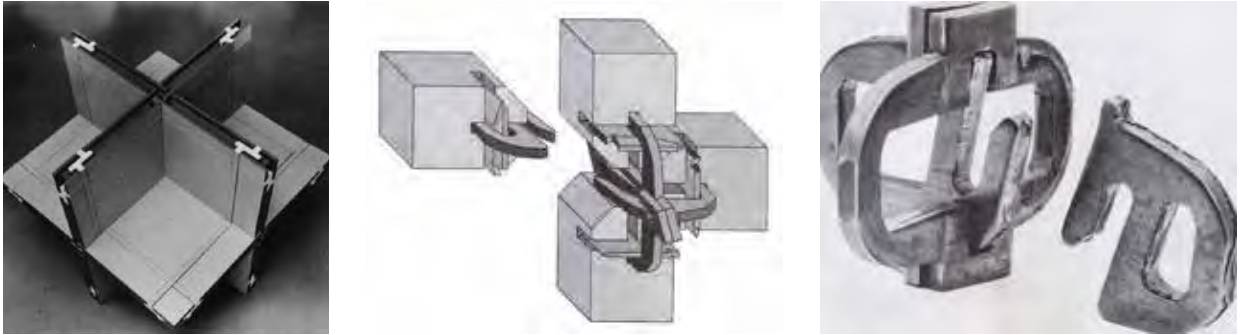
Wachsmannknoten, 1944-45, später *Mobilar Structure* genannt, sehnenartiges Massenprodukt, die Augen sind an den beiden Röhren identisch.
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 160

Räumliches Konstruktionsprinzip von *Mobilar structure*, bis zu 20 Stäbe in einem Knotenpunkt, Knotenabstände alle gleich, »in jeder beliebigen Variation zu vereinen«.
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 170

Wachsmannknoten für Bauplatten (*General Panel*, Konrad Wachsmann, General Panel System
http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/Knoten.htm (18. Juli 2007)

Ausgestanzter universeller Hakenverschluss, *General Panel*
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 142

Ausgestanzter universeller Hakenverschluss, *General Panel*
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 142,



hinweggespannt werden. Alte Städte sollten unter ihr verschwinden und neue Städte sollten sich in einer zweiten Ebene ausbreiten. So wenig derartige Vorstellungen auch verwirklicht werden konnten, so stellt sich immer wieder die Frage, welche Lebensqualität mit der Verwirklichung dem Menschen noch übrig bliebe. Auch Wachsmann hat 1953 versucht mit einem Entwurf ein unendliches Raumfachwerk mit organischem Charakter durch die Luft zu spannen. Hierzu hat er an die Stellen von Knotenstücken und Stabenden ein schlüsselbeinähnliches, sich verschränkendes Element eingesetzt, um daraus ein Raumgerüst aufzubauen. Wachsmanns Entwurf blieb allerdings eine Vision.⁶⁵

Der dafür entwickelte Knotenpunkt wurde so konzipiert, dass durch einen Mindesteinsatz von Material maximale statische Eigenschaften gewährleistet wurden. Der Knoten erlaubte in der Ebene eine Vielzahl von strukturellen Möglichkeiten, die in einem räumlichen Fachwerk ihre Form fanden. Die Auskragungen betrugen 50 m. Die Konstruktion ließ sich jederzeit demontieren und komplett oder in Teilen wieder verwenden. Nach zweijährigen Experimenten entwickelte sich ein Knoten, der sich ringartig um die Hauptröhre schloss und bis zu 20 Nebenröhren aufnehmen konnte. Die verschiedenen Ausrichtungen der Nebenröhren erlaubten eine Vielzahl struktureller Möglichkeiten und geometrischer Konzepte. Für die Montage des Hangars gruppierte Wachsmann die Stäbe in Form von Tetraedern um die Knotenpunkte, die Abstände von 3,30 m hatten.

1953 beschäftigte sich Wachsmann mit der theoretischen Ausarbeitung eines einzigen, universellen Konstruktionselements, das universell im Hochbau verwendet werden sollte.⁶⁶

65 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 15ff.

66 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 236/237

4
Entwicklung von vorfabrizierten Tragwerkssystemen und Elementbauweisen

Durch die Tetraederkonstruktionen von Alexander Norman Bell eröffneten sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Möglichkeiten des elementierten Systembaus aus industrieller Massenproduktion. Konrad Wachsmann sah bereits in den ersten Versuchen Bells einen ›Wendepunkt im Bauen‹, der zu Systematisierungen und exakten Bestimmungen der Stabelemente und Knoten führte. Ein sehr überzeugender Systematisierungsversuch gelang in den 1930er Jahren dem deutschen Ingenieur Max Mengerlinghausen, dessen Mero-System bis heute weltweit in Gebrauch ist. Der Erfolg des Mero-Systems liegt im Knotenstück, das als Polyeder ausgebildet ist. In diesen Knoten können bis zu 18 Stäbe in 45°-Winkeln eingeschraubt werden. Durch viele derartige Bemühungen war das Bauen zunehmend zu einer Ingenieurwissenschaft geworden, die von Technikern vorangetrieben wurde. Auch der Architekt Frei Otto legte Wert darauf, nichts anderes als ein Ingenieur zu sein.⁶⁷

Gemäß Wachsmann ist ein Verbindungsmittel komplex und hat viele Ansprüche zu erfüllen: Es muss herstellbar, passungsfreundlich und leicht montierbar sein. Um ein Massenprodukt zu werden, muss es unterschiedlichen Ansprüchen genügen und die großen Kräfte, die sich in ihm konzentrieren, aufnehmen können.⁶⁸

Die gusseiserne Konstruktion des Kristallpalastes von Paxton (1851) wurde durch ein System präfabrizierter Teile in kürzester Zeit aus maschinengefertigten Einzelstücken zusammengebaut und konnte ebenso wieder auseinander genommen werden. Mit wenigen Standardelementen konnte ein größtmögliches Volumen errichtet werden.⁶⁹

Modulare Systeme umgehen Transportprobleme, da sie mit minimalen Abmaßen transportiert werden können und maximale Ausdehnungen für zu transportierende Güter nicht überschritten werden. Vorgefertigte Elemente sind gut zu handhaben und zu heben.⁷⁰

Konventionelle Verbindungen werden in vielen Fällen durch Knotenpunkte ersetzt, die in komplizierten mechanischen Prozessen hergesellt werden. Aus fabrikatorischen und Montagegründen will man mit so wenig wie möglich variierenden Teilen auskommen und diese voll ausnutzen, was die Formen der Verbindungstechniken bestimmt. Den Knotenpunkten muss die Möglichkeit



Vorgefertigter Mast, Buckminster Fuller, Mast-University of Oregon, 1953
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 159

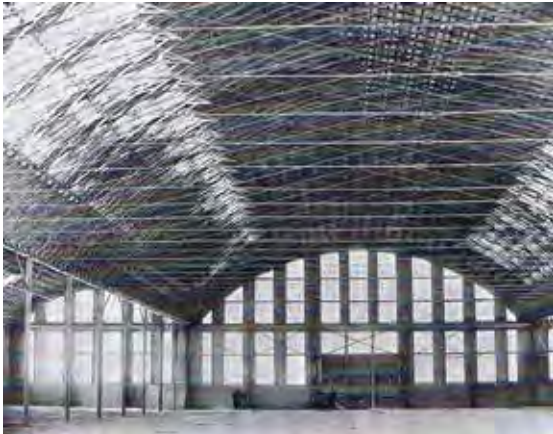
Šuchov, Raumfachwerk aus vorgefertigten Stahlelementen, Hauptpostamt Moskau
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853–1939. Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S.64

Buckminster Fuller, Montage vorfabrizierter Teile
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 168

Buckminster Fuller, Montage vorgefertigter Elemente, 1959
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 181

Buckminster Fuller, Foldable geodesic, 1953
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 195

Buckminster Fuller vorgefertigtes Tragwerk
aus: Buckminster Fuller Inventions – The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 6



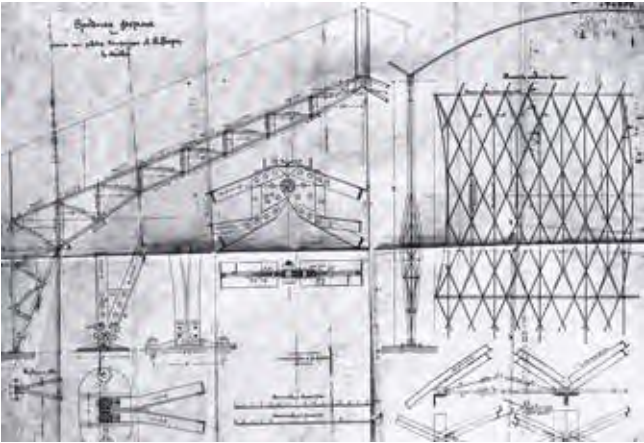
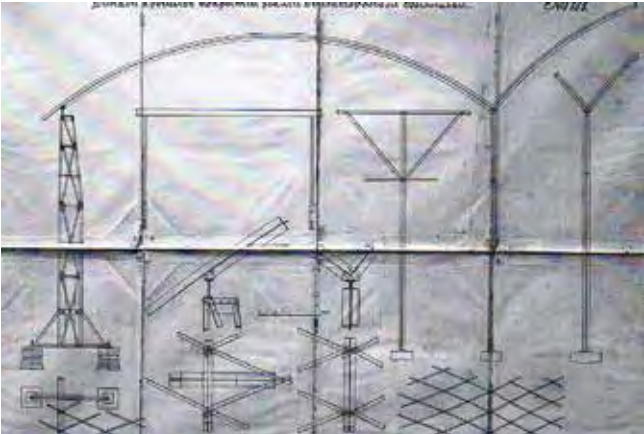
Vladimir G. Šuchov, Gebäude der Sektion Fabrik- und Industrieerzeugnisse
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853–1939. Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 42 (Archiv der Akad. d. Wiss. 1508 1-49 Nr. 9)

Vladimir G. Šuchov, Werkplan, Gebäude der Sektion Fabrik- und Industrieerzeugnisse, Allrussische Ausstellung, 1894/95
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853–1939. Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 43,

Vladimir G. Šuchov, Kesselfabrik Bari Moskau, Werkplan 1896
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853–1939. Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 46 (Moskau histor. Stadtarchiv 1209-2-4 Nr. 23)

Joseph Paxton, Montage Kristallpalast
<http://www.uni-trier.de/uni/fb3/kunstgeschichte> (4. Juli 2007)

Vladimir G. Šuchov, Montage des rechteckigen Ausstellungspavillons, Allrussische Ausstellung, 1896
aus: Rainer Graefe: Vladimir G. Šuchov 1853–1939. Die Kunst der sparsamen Konstruktion, Stuttgart 1990, S. 34, Foto1895, (Archiv der Wiss. 1508-2 36 Blatt 31)



gegeben werden, Kombinationen einer beliebigen Anzahl von Stäben oder Gurten in beliebiger Beziehung zueinander vereinen zu können, um sich variierenden Beanspruchungen anpassen zu können. Treten Beanspruchungen auf, die über die Aufnahmefähigkeit eines Knotenpunktes hinausgehen, so kann durch Verringerung der Abstände der Knotenpunkte im geometrisch proportionalen System der Modulen eine Beanspruchungsverminderung erzielt werden. Würde das aber immer nicht den statischen Anforderungen entsprechen, so kann durch Aneinanderkoppelung oder Ineinanderschachtelung mehrerer Knotenpunkte in gebündelten Systemen größere Kräfte in gewissen Gebieten oder Konstruktionen aufgenommen werden, was ein weiteres Beispiel dafür ist, wie universelle Knotenpunkte sofort das Konzept der Konstruktion beeinflussen.⁷¹

Es ist eine neue Hochform der Baukunst entstanden. Die riesige, filigrane Konstruktion aus Eisen ist bis heute Vorbild für unzählige Bauten. Kuppeln aus industriell gefertigtem Stahl erreichen immer größere Spannweiten und klarere Formen.⁷²

4.1
High Tech

Gebäude mit industrieller Technik und Ästhetik werden unter dem Begriff High Tech subsumiert, auch wenn die genannten Architekten der 1920er und 1930er Jahre diesen Begriff noch gar nicht kannten. Die Voraussetzungen dieser Architektur liegen in den Konstruktionen der frühen Eisenbahnbrücken ab 1830 und werden 1851 mit Paxtons Kristallpalast zur Architektur. Hier wurden erstmals vorfabrizierte Eisenteile und gerahmte Glasteile in großen Mengen vorfabriziert, so dass aus nur wenigen verschiedenen Teilen in großen Mengen ein Bauwerk konstruiert werden konnte. Die Kombinatorik aus Flexibilität der industriell vorgefertigten Elemente aus anderen Zusammenhängen vermittelt Offenheit und Attraktivität des High-Tech Gedankens. Gebäude dieser Richtung haben die Fähigkeit sich veränderten Bedingungen besser anpassen zu können, als konventionell errichtete Bauten. Vergrößerung, Verkleinerung, Anbau und Aufstockung sind Zustandsveränderungen, die aus dem sichtbar bleibenden Konstruktionsvorgang resultieren. Die Verbindungsstellen wie Gelenke, Gewinde, Schrauben und Muttern sind bei High-Tech-Objekten immer betont. Weitere Besonderheiten der High-Tech Architektur liegen in der funktionellen

67 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 15
68 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. VII
69 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986, S. 15
70 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 35

71 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 88
72 Frei Otto: Gestaltwerdung, Köln 1988, S. 60/61

Wandelbarkeit und dem Prinzip der zeitlichen Begrenztheit. Sie gilt als früheste aus rein funktionalistischen Gesichtspunkten her konzipierte Architektur aus Eisen und Glas, deren Beginn durch den Bau des Kristallpalastes und des Eiffelturms bezeichnet wurden, womit gleichzeitig die Prototypen des konstruktivistischen Denkens benannt sind: der Turm und die Halle.⁷³

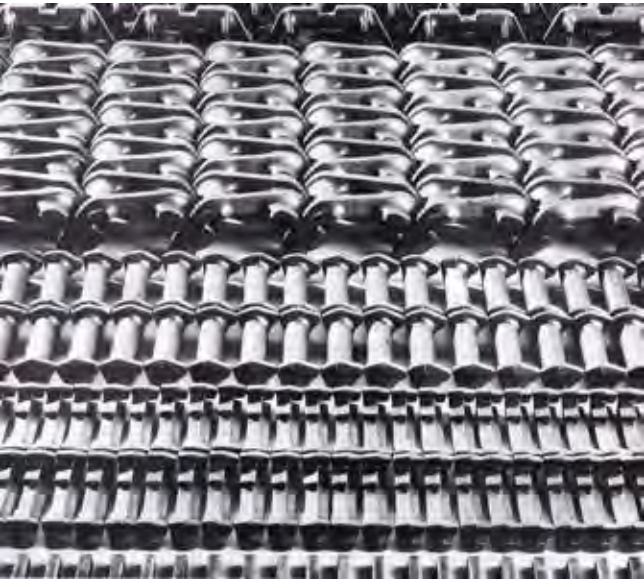
Das Prinzip der Industrialisierung ist identisch mit dem Begriff der Massenproduktion. Die Maschine oder die Vollautomatisierung wären irrational in Bezug auf den einzelnen fabrizierten Gegenstand. Die Maschine muss als ein Werkzeug verstanden werden, das durch sich immer wiederholende, vorbestimmte Tätigkeit durch Produktion einer hohen Anzahl von identischen Produkten wirtschaftlich wird.⁷⁴

4.2

Massenproduktion und Vorfertigung

Neue konstruktive Möglichkeiten mussten sich im Alltag und nicht in Utopien und Megastrukturen bewähren. Nicht kosmische Raumstrukturen, sondern das nüchterne Mero-System von Max Mengerlinghausen führte in die Wirklichkeit zurück. Doch auch im Alltag wirkt der inspirierende Geist des grenzüberschreitenden Denkens weiter gegen den reinen Funktionalismus.⁷⁵ Das Ziel der Massenproduktion ist es Spitzenleistungen bei immer gleich bleibender Qualität zu liefern. Die zweckmäßigsten Materialien sollen in bestmöglicher Form, mit höchsten Leistungsstandards unter Beachtung ökonomischer Restriktionen eingesetzt werden. Dies ist mit einem Massenprodukt nur ökonomisch sinnvoll, wenn das entstandene Produkt für möglichst viele Menschen nutzbar wird. Dieser Effekt wiederum stellt sich durch Systematisierung und Standardisierung der Produkte ein, bei denen modulare Koordinationssysteme fast unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten zulassen müssen. Dabei müssen sich alle Teile harmonisch zu einem Bauwerk zusammenfügen lassen. Diese Forderung nach Bestimmung des Standards kann aus den modularen Koordinat ionssystemen entwickelt werden.

Das Prinzip der Industrialisierung erfordert die Verlegung der Produktion von der Baustelle in die Fabrik. Präzision, Qualität und größte Leistung bei ökonomischen Bedingungen führt zu vorfabrizierten Bauelementen. Hierbei werden

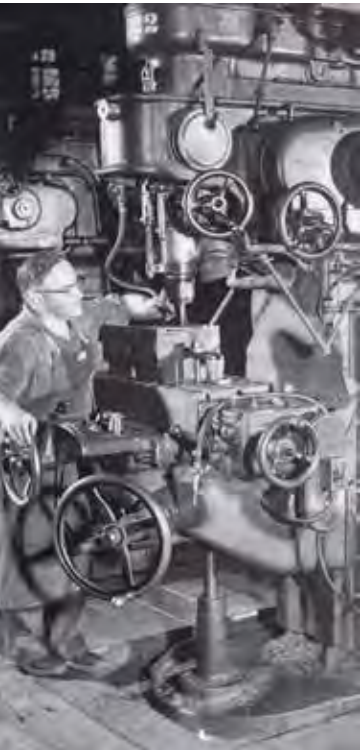


Vorfabrizierte Knoten als Massenprodukt
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 177

Präzisionsmaschine zur Herstellung von Bauprodukten, um 1930
aus: Konrad Wachsmann, Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 50,

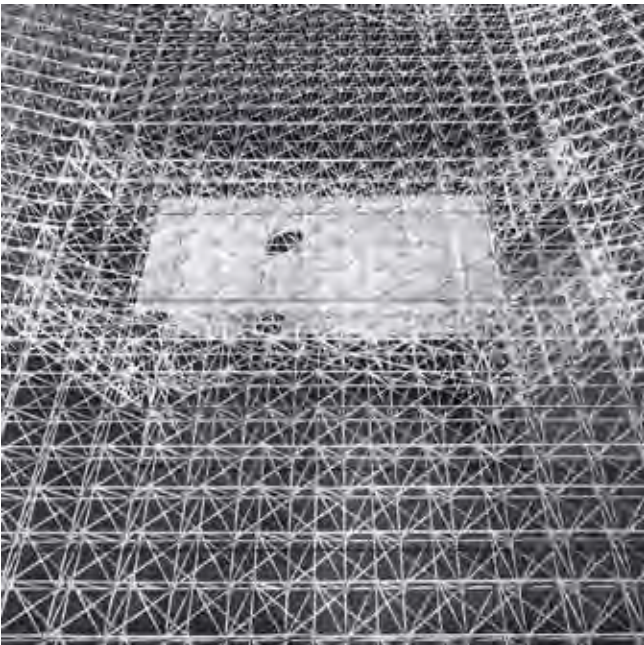
Baustellenschweißen von Montagestößen einer räumlichen Fachwerkkonstruktion
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 33, Foto: Mannesmann Rohrwerk GmbH,

Automatische Punktschweißung
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 97,



Raumtragwerk
aus: Z.S. Makowski: Räumliche Tragwerke aus Stahl, herausgegeben von der Beratungsstelle für Stahlverwendung Düsseldorf, Düsseldorf 1963, S. 7

Raumtragwerk eines Flugzeughangars
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 190



modulare, statische, dynamische, mechanische und ökonomische Probleme im technischen Sinn zur universellen Einheit.⁷⁶

Vorfertigung ist unabhängig von widrigen Witterungen und erfolgt in präzisen Formen mit geringen Toleranzen.⁷⁷ Vorgefertigte Massenprodukte ermöglichen die Einhaltung eines hohen Präzisionsstandards, der für das Baugewerbe ungewöhnlich ist. Auf der Baustelle wird ein solches Bauwerk von Monteuren zusammengesetzt, der Zollstock als Messinstrument wird dabei überflüssig, das Messinstrument wird das Bauelement selbst.⁷⁸

Alle modularen Koordinationssysteme beziehen sich nicht nur auf rechteckige und gerade Flächen, sondern ebenso auf Abstände und Volumen von Punkten, Linien, Flächen und Körpern, gleich ob auf die Ebene oder in den Raum projiziert oder in sich selbst gekrümmt.

Das System bestimmt Installationen, Verteilungssysteme der Anschlüsse und die Dimensionierung der Objekte. Die modulare Konstruktion muss sich im Zuge der fortschreitenden technischen Entwicklung mit der Bestimmung der zulässigen Tolleranzen auseinandersetzen. Der erlaubte Spielraum der Teile zueinander wird immer kleiner. Durch die Addition vieler identischer Elemente »akkumulieren« sich kleinste Maßabweichungen, deren Ursachen aus Ungenauigkeiten der Produktion, dimensional en Materialveränderungen durch Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt, Verwindungen oder verschiedengradiger Beanspruchung entstehen können. Durch wissenschaftliche Methoden, Analysen von Wahrscheinlichkeitsfaktoren, Untersuchungen der Materialausdehnung und Laboratoriumsexperimente werden die notwendigen Toleranzen bestimmt, die sich durch Veränderungen ergeben können.

Genannte Untersuchungen müssen sowohl für einzelne Bauteile als auch für die fertig montierte Konstruktion durchgeführt werden. Bei Untersuchungen bezüglich der Veränderungen des gesamten Bauwerks ist insbesondere auf Auswirkungen durch später auftretenden Veränderungen, Verschiebungen und Verlagerungen durch Wind, Vibration, Temperatur usw. zu achten.⁷⁹

Modulare Koordinationssysteme setzen also einen Toleranzmaßstab voraus, mit dem dimensionale Grenzfälle des Möglichen bei der Entwicklung der Module bestimmt werden können.⁸⁰ Als Modul ist eine Grundeinheit zu verstehen, die das geometrische System in seiner zahlenmäßigen Ordnung bestimmt. Innerhalb des Messwertes des einzelnen Moduls multipliziert, addiert, subtrahiert oder dividiert sich das gesamte System.

76 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 11

77 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. XI

78 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 52

79 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 54

80 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 54

4.3

Vorproduzierte räumliche Tragwerke

Raumfachwerke werden oft für die Überdachung von Bauwerken eingesetzt, bei denen große Spannweiten ohne Zwischenaufleger überbrückt werden müssen. Hier ist die Wirtschaftlichkeit des Raumtragwerks umso höher, je größer die Spannweite des Bauwerks ist. Daher werden Raumtragwerke häufig für den Bau von Schwimmbädern, Messehallen oder Stadion-Überdachungen eingesetzt. Im Weiteren sind Raumtragwerke weit verbreitet als Montagegerüste, z.B. im Brückenbau oder als mehrteilige Stützen. Häufig werden sie auch aus architektonischen Gründen entsprechend gestaltet.⁸¹

Meist werden geradlinige Konstruktionslinien in der Ebene bevorzugt, was daran liegen mag, dass diese Konstruktionen mit einfachen Mitteln auf dem Reißbrett entworfen und gebaut werden können.⁸² Die Anwendung solcher Tragwerke beschränkt sich nicht nur auf den Bau von Decken, es könne auch gekrümmte oder gefaltete Dächer konstruiert werden. Man findet sie deshalb überall dort, wo weit gespannte Decken oder Dächer ohne große Konstruktionshöhen zu entwerfen sind.⁸³ Fortgeschrittene Methoden der Industrialisierung, wissenschaftliche Versuchsmethoden und nicht zuletzt der Rechner haben es inzwischen möglich gemacht, in systematischer Weise Konstruktion im Raum zu entwickeln. Die räumliche Konstruktion ist nicht neu, sie ist bereits in der Gotik zu erkennen, was oft an der Führung und den Beziehungen der Gewölberippen der räumlichen Systeme, der Verteilung, dem Sammeln und dem Wiederausstrahlen in alle Richtungen zu erkennen ist. In der Gotik trennten sich bereits klar die Funktionen in versteifende Flächen und Kräfte übertragende Rippen. Hier entstand also der räumliche Knotenpunkt, der sich nun als neuer Berührungspunkt der klassischen Basis und dem Kapitell hinzugesellt.⁸⁴

Räumliche Tragwerke laufen immer wieder auf Systeme aus kleinen, leichten Einzelteilen hinaus, die additiv zu einer funktionierenden Einheit zusammengefügt werden.

Stabtragwerke sind eine Kombination stabförmiger Einzelglieder, die nur in Knotenpunkten vereinigt, die Funktion des Tragens ausüben. Raumtragwerke bestehen aus Stäben, die in mehreren sich schneidenden Fachwerkebenen liegen. Jeder Stab gehört zwei oder mehreren Fachwerkebenen an. Die Beanspruchung kann durch äußere Kräfte mit beliebiger Richtung erfolgen. Die Stabilität der

81 Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin 1999, S. 345
82 Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin 1999, S. 345/346
83 Beratungsstelle für Stahlverwendung (Hg.), Z. S. Makowski: Räumliche Tragwerke aus Stahl, Düsseldorf 1963, S. 16
84 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 28



So genanntes Zellengewölbe im Nordtrakt des zweiten Geschosses in der Albrechtsburg, Meissen. Arnold von Westfalen entwickelte diese sich selbst versteifende Faltung mit einlagigen Mauerrippen im 15. Jahrhundert. (Foto: 5. August 2007, 14:26 Uhr)

Anhalter Bahnhof, Berlin, 1880 von Franz Schwechten erbaut
http://www.berlinstreet.de/geschichte/clips/125anhalterbhf2_gr.jpg (28. Juli 2007)

Eingangsbauwerk des Louvre in Paris, 1984–1989 von Ieoh Ming Pei (geboren in Kanton, China, 1917) erbaut
http://www.simonho.org/images/France/Louvre_Pyramid.jpg (28. Juli 2007)
http://www.spirit-of-paris.com/wp-content/photos/paris/louvre/pyramide_louvre_2_spirit_of_paris.jpg (28. Juli 2007)



Montage einer geodätischen Kuppel aus Fertigteilen von Buckminster Fuller, 1956
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London und Amsterdam 1960, S. 189

Aufbau einer Messehalle in Düsseldorf
Friedrich Grimm, Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 91, Foto: Krupp Stahlbau

Montage einer Krupp-Montal Systemhalle
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 90, Foto: Krupp Stahlbau

Montage einer Stahlbauhalle
<http://www.raumtragwerke.de/deutsch/projekte/projekte.html>, (17. Juli 2007)



labilen Bausteine ist, falls nötig, durch aussteifende Diagonalen zu erreichen.

In regelmäßigen Raumtragwerken mittleren und größeren Umfangs kommen die einzelnen Elemente, Stäbe und Knoten mit einheitlichen Abmessungen in so großer Anzahl vor, dass sich eine Standardisierung lohnt. Dies wiederum bietet die Möglichkeit einer sehr wirtschaftlichen Fertigung. Die industriell vorgefertigten Teile der Raumtragwerke können leicht vor Ort auf- und abmontiert und leicht transportiert werden, was erhebliche Kostenersparnisse ermöglicht. Die Lastabtragung in diesem hochgradig unbestimmten System verläuft nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich. Örtliche Überbelastungen können infolge des plastischen Verhaltens des Stahls, das im Tragverhalten berücksichtigt wird, auf Nachbarglieder verteilt werden. Selbst der Ausfall einzelner oder mehrerer Stäbe führt nicht zum Einsturz der Konstruktion.

Die Bauhöhe der in mehreren Richtungen tragenden Raumtragwerke ist im Vergleich zu in nur einer Richtung tragenden Tragwerkgliedern sehr viel geringer und liegt bei 1/20 bis 1/25 der Spannweite bei Raumfachwerken im Gegensatz zu Einzeltraggliedern mit 1/10 bis 1/15 der Spannweite. Dieser Vorteil entsteht aus der Steifigkeit des Raumtragwerks, die eine Durchbiegung nicht unerheblich herabsetzt.⁸⁵

Tragwerke können am Boden montiert werden. Anschließend wird das vormontierte Bauwerk angehoben, oder die Teile in Position gebracht. Hierbei können relativ viele Arbeitskräfte zur Montage eingesetzt und diese damit beschleunigt werden. In diesem Fall ist eine Überwachung der Montage einfacher und es genügt oft eine Fachkraft.

Die Vorfertigung von Konstruktionen in montage- und transportfähige Segmente erfordert die Ausbildung lösbarer Verbindungen an Stellen, in denen die einzelnen Teile der Konstruktion zusammengeschlossen werden.⁸⁶

Eine weitere Montagemethode ist der freie Verbau in endgültiger Höhe, der keine schweren Hebe- und Stützkonstruktionen verlangt.

Nachteil von Raumtragwerken: Als ein gewisser Nachteil des Raumtragwerkes ist der verhältnismäßig große Aufwand für die Festigkeitsberechnung anzusehen, der selbst bei dem heute üblichen Einsatz von elektronischen Rechnern nicht zu unterschätzen ist. Hierbei wird oft der Nachteil von höherem Materialverbrauch und damit höherem Gewicht der Konstruktion durch Überdimensionierung gegen den Vorteil des Einkaufs und der Fertigung großer Mengen gleicher Stäbe abgewogen. Die Stabquerschnitte werden in ihrer Bemessung den Stabkräften angepasst. Im Sinne einer wirtschaftlichen Massenproduktion wird festgelegt, inwie-

85 Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin 1999, S. 345/346
86 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 78

weit die erforderlichen Querschnitte vereinheitlicht werden können, um sich auf wenige Typen zu beschränken. Dies implementiert den Vorteil, dass nicht alle Stabkräfte genau bekannt sein müssen, es reicht die maximalen Stabkräfte an einigen definierten Stellen zu ermitteln.⁸⁷

Das primäre Ordnungssystem für die Gliederung von Tragstrukturen ist weder die Spannweite, noch die Beanspruchung des Tragwerks, sondern die Zugehörigkeit zu einer bestimmten geometrischen Ordnung. Innerhalb der regelmäßigen Strukturformen sind entweder Dreiecke, Rechtecke oder Polygone die geometrischen Grundelemente. Aus ihnen sind Ebene, einachsig gekrümmte und zweiachsig gekrümmte Tragwerke als gerichtete oder ungerichtete Strukturen aufgebaut.⁸⁸

Gerichtete Strukturen haben immer eine Haupt- und eine Nebentragrichtung. Diese Art der Struktur ist charakterisiert durch ein rechteckiges Tragwerksfeld. Die Ableitung der Kräfte in rechteckigen Tragstrukturen ist hierarchisch geordnet, was sich in der Ausbildung von Haupt- und Nebenträgern niederschlägt.

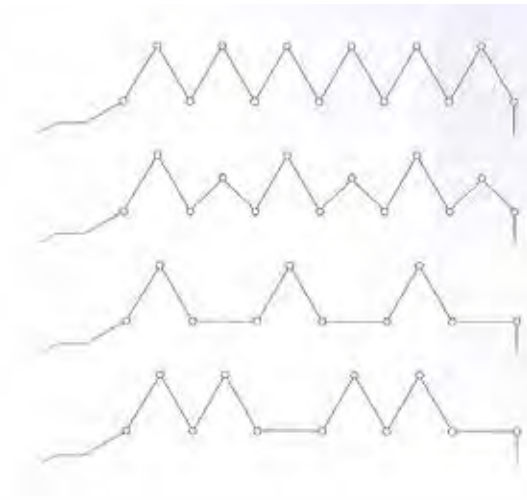
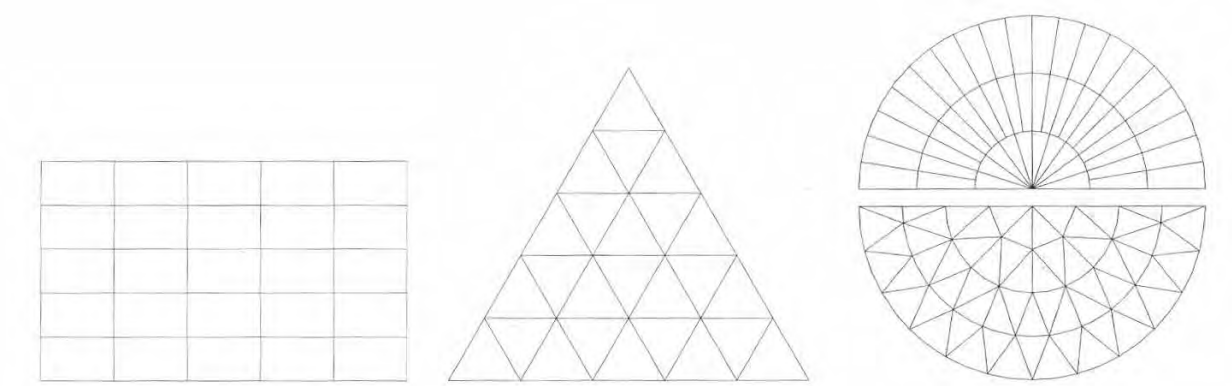
Bei ungerichteten Strukturen werden die Lasten in mindestens zwei Richtungen gleichmäßig abgetragen. Hierbei wird in zwei und dreiläufige Roste und Raumfachwerke. Zweiläufige Tragstrukturen mit orthogonal zueinander angeordneten Traggliedern stellen durch ein quadratisches Stützenraster die gleichmäßige Ausnutzung beider Tragrichtungen sicher. Dreiläufige Tragstrukturen sind über einem drei- bzw. sechseckigen Raster aufgebaut.

Bei einer zentrierten Struktur sind die einzelnen Elemente des Tragwerkes auf ein oder mehrere Zentren ausgerichtet. Zentrierte Strukturen können als Ebene, einachsig oder zweiachsig gekrümmte Tragwerke hergestellt werden. Die Herstellung erfolgt aus ungleichseitigen Dreiecken zusammengesetzt. Rechtecke, gleichseitige Vierecke oder gleichseitige Dreiecke sind nicht möglich. Die einfachste zentrierte Struktur besteht aus einem Kreis bei dem die Tragrichtung senkrecht zum Mittelpunkt des Kreises hin ausgerichtet ist.

Faltwerke können nur aus gerichteten Tragwerksstrukturen zusammengesetzt werden, die beispielsweise aus Rechtecken und zentrierten Vierecken bestehen. Weil Faltwerke Kehlen und Grate bilden, wird für eine Faltung eine gerade Anzahl von Vierecken benötigt, um abwechselnd Hoch- und Tiefpunkte ausgebildet werden können.

Einachsig gekrümmte Strukturen entstehen durch Translation beliebiger Kurven entlang einer Geraden oder werden von einer Kegelmantelfläche gebildet. Sie können abgewickelt werden und sind sich längen- und winkeltreu.

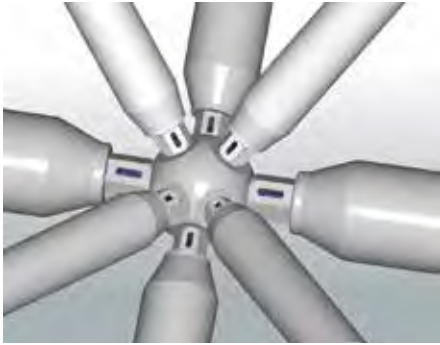
Zweiachsig gekrümmte Flächen entstehen durch Translation beliebiger Kurven



Richtung von Tragwerken
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 36

Faltwerke
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 43

Unten links: gerichtetes Tragwerk, Dreigurtträger am Sainsbury Centre
unten Mitte: ungerichtetes Tragwerk, Überdachung für Gymnasium in Vilshofen, Foto: Mero
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003



Knoten für Raumtragwerk Mero
http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Mero_Knoten_Grafik.jpg (30. Juli 2007)

Knoten, System Nodus
aus: Dipak Dutta: Hohlprofilkonstruktionen, Berlin 1999, S. 338, Bild 8-50

Knoten, USM Haller
http://www.usm.com/bilder/produkte/usm_haller/impressionen/bild1.jpg, (11.Juli 2007)

Knoten, -System 180-
Foto 1997

Nietknoten, Eiffelturm
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 25

Wachsmannknoten für Bauplatten
aus: Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 137



entlang einer Kurve. Gekrümmte Flächen werden unterteilt in Flächen mit gleichsinniger und gegensinniger Krümmung. Bei den gleichsinnig gekrümmten Flächen befinden sich die Zentren der Krümmungsradien immer auf einer Seite der Tragstruktur. Bei gegensinnig gekrümmten Flächen befinden sich die Radien der Leitkurve auf der einen Seite und die Radien Translationskurve auf der anderen Seite der Tragstruktur, wodurch sattelförmige Flächen entstehen. Die zweiachsig gekrümmten Flächen können als Netz aus gleichschenkeligen Dreiecken, gleichseitigen Vierecken oder als Gitter aus zentrischen Drei- oder Vierecken ausgebildet werden.⁸⁹

Meist kommen beim Konstruieren von weit gespannten Tragwerken Fachwerkträger als wichtige Tragelemente zum Einsatz. Sie eignen sich zur Überbrückung sowohl kleinerer Spannweiten (5–20 m), als auch zur Überbrückung großer Spannweiten (20–100 m). Ein Fachwerkträger besteht aus den Elementen Gurte und Füllstäbe, die untereinander Dreiecke bilden. Einzelne Träger werden in der Hauptachse mit Normalkräften (also Druck und Zug in Stabrichtung, keine Biege- und Torsionskräfte) beansprucht. Im Obergurt besteht eine Beanspruchung auf Druck, der Untergurt wird auf Zug beansprucht. Die Beanspruchung der Füllstäbe wechselt an jedem Knotenpunkt. Stäbe die auf Druck beansprucht werden müssen aufgrund der erforderlichen Knicksteifigkeit einen größeren Querschnitt aufweisen, als mit gleicher Kraft beanspruchte Zugstäbe. Von Vorteil ist es also, wenn die auf Druck beanspruchten Tragglieder kurze Systemlängen besitzen. Stäbe in Fachwerken sind untereinander meist gelenkig verbunden. An einer Knotenpunktverbindung schneiden sich die Systemlinien der angeschlossenen Stäbe idealerweise in einem Punkt.⁹⁰

4.3.1

Knoten

Ein Merkmal der bekanntesten Raumtragwerksysteme ist der Knoten. Bei den meisten Systemen werden die Stäbe mittels Verschraubung, seltener auch mittels Klemmverbindungen oder Schweißung miteinander verbunden. Die Ausführung der Knoten und Stäbe bestimmen im Wesentlichen die Wirtschaftlichkeit des Systems.⁹¹

Die Durchdringung räumlicher Körper in Knotenpunkten, ähnlich des Konstruktionsprinzips des Eiffelturms, vereinfachten sich immer mehr zu kristallinen Formen. Während das Ringen um die Deutung und das Erkennen, um das

87 Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin 1999, S. 348

88 Friedrich Grimm: Weitgespannte Tragwerke aus Stahl, Berlin 2003, S. 20

89 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 36/37

90 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 40

91 Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin 1999, S. 349

Schöpferische und Künstlerische in Krisenzeiten nur Wenige interessierte, wurden die technischen Konstruktionen sofort von den Meisten mit Begeisterung verstanden und akzeptiert.

Wer in der entstandenen Synthese von Funktion, Mechanik, Material und Leistung mehr sieht als eine Anwendung und Qualität, der kann über die Zweckbestimmung hinaus einen neuen Wertmaßstab über den Begriff des Vollkommenen finden, in dem sich Zweckwerk und Kunstwerk aufheben.⁹²

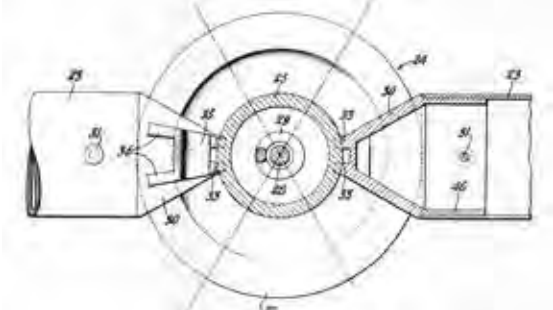
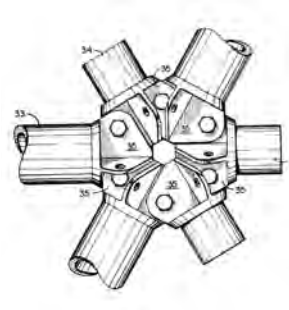
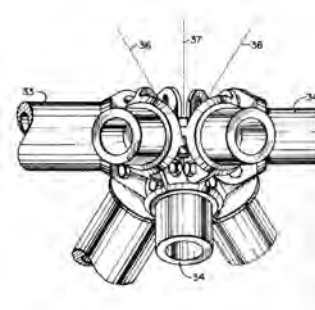
Die üblichen Füge Techniken für Stahl sind Schrauben, Kleben und Schweißen. Das Kleben ist von untergeordneter Bedeutung. Schweißen ist die häufigste angewandte Füge Technik. Sie gewährleistet einen kontinuierlichen Kraftfluss. Sie ist allerdings mit einer hohen Brand- und Unfallgefahr auf der Baustelle verbunden, was der Brand des EXPO-Pavillons der USA von 1967 zeigte. Die geodätische Kuppel Fullers brannte 1976 bei Schweißarbeiten vollständig aus, wobei jedoch die Tragstruktur erhalten blieb. Weiter ist das Schweißen von Stahlprofilen endgültig, wodurch Demontage, Transport und Wiederverwendung des Bauwerks erschwert werden.⁹³

Schraubverbindungen sind die geeignete Füge Technik für lösbare Knotenverbindungen oder Montage stöße vorgefertigter Bauteile.⁹⁴

Schraubverbindungen sind erstrebenswert. Oft werden hierzu Kopf- oder Verschlussbleche eingesetzt, die an den Hohlprofilen angeschweißt werden.⁹⁵

Um wirtschaftliche Verbindungen herzustellen, soll möglichst auf Anschlussbleche und Versteifungsplatten verzichtet werden.⁹⁶

Hauptvorteile der Schraubverbindungen liegen darin, dass sie einfach wirtschaftlicher ausgeführt werden können, da Schweißarbeiten auf der Baustelle bedeutend teurer sind, als Schraubarbeiten. Weiter sind geschraubte Verbindungen meist wieder lösbar. Sie werden vorwiegend auf der Baustelle angewandt, um Baustellenschweißungen zu vermeiden, die aufgrund schwieriger Umgebungsbedingungen häufig in Schweißfehlern enden.⁹⁷



Knoten Buckminster Fuller
aus: Buckminster Fuller, Inventions - The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 176

Knoten Buckminster Fuller
aus: Buckminster Fuller, Inventions - The Patented Works of Buckminster Fuller, New York 1983, S. 176

Buckminster Fuller
aus: B. Fuller, Inventions - The Patented Works of B. Fuller, New York 1983, S. 136

Buckminster Fuller, Kabul 1957
aus: Robert W. Marks: The dymaxion Word of Buckminster Fuller, London 1960, S. 215

Buckminster Fuller Prototyp Knoten
aus: Robert W. Marks: The dymaxion Word of Buckminster Fuller, London 1960, S. 167

Früher Buckminster Fuller Knoten - Knoten mit Gegenstück
aus: Robert W. Marks: The dymaxion Word of Buckminster Fuller, London 1960, S. 167

Buckminster Fuller Knoten
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 167

Buckminster Fuller Knoten
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 167

Buckminster Fuller Knoten
aus: Robert W. Marks: The Dymaxion World of Buckminster Fuller, London 1960, S. 186



Da das ›System 180‹ praktisch keinen Knoten hat, sondern nur unterschiedlich aufeinander angepasste Stabenden auf geeignete Weise zusammengefügt werden, eignet es sich besonders für die Betrachtung der Wirkung von Stäben.

Mittlere Spalte von oben nach unten:

1. Gerade Stäbe (vornehmlich in x- und y-Richtung)
2. Diagonale (vornehmlich in z-Richtung)
3. Mutternstab (Pfosten) (vornehmlich in z-Richtung)
4. Noppenscheibe für den oberen unteren Abschluss des ›Knotens‹ und als Ersatz für Gerade und Diagonalen, die aufgrund der räumlichen Konfiguration wegfallen
5. Schraube

Abbildung unten:
Durch die Art der Stabenden eignet sich das ›System 180‹ besonders für einfache Adaptationen vornehmlich mit abgekanntem Flachstahl. (Zeichnung Colin Steiner, 2007)



4.3.2

Stäbe

Die Stäbe, die bei jüngeren Systemen meistens aus Rohren gefertigt werden, was zu einem geringen Eigengewicht pro m² führt. Rohre in Raumtragwerken werden durch Normalkräfte (Druck- und Zugkräfte, keine Biegekräfte) beansprucht. Als Stabquerschnitt für Raumtragwerke werden überwiegend Rohre verwendet, in manchen Fällen kommen auch rechteckige Hohlprofile zum Einsatz, die größere Druck- und Torsionssteifigkeit aufweisen. Offene Profile kommen äußerst selten zum Einsatz.⁹⁸ Bei Rohrprofilen ist der Stahl gleichmäßig um eine materialfreie Mitte verteilt, wodurch diese sich optimal für die Aufnahme der Normalkräfte von Fachwerkkonstruktionen eignen. Für zentrisch angreifende Druckkräfte stellt das Rohr die ideale Querschnittsform dar. Aus Rohren können sowohl Gebäudehüllkonstruktionen als auch Tragwerke zusammengesetzt werden. Bei den Tragwerken sind es vor allem weitgespannte Hallentragwerke, die mit Fachwerken aus Rohren überspannt werden. Als wirtschaftliche Tragwerke aus Rohren bieten sich beispielsweise zwei-, drei- oder fünfgurtige Fachwerkträger aber auch Faltwerke und Raumbachwerke an. Rohre ermöglichen leichte und feine Tragstrukturen, mit denen auf innovative Weise, ausgefallene organisch gekrümmte Formen möglich sind. Die Entwicklung derartiger komplexer Systeme wird durch neue Fertigungs- und Montageverfahren, technische Verbesserungen und 3-D-Visualisierungsprogrammen erleichtert.⁹⁹ Neue Formen ergeben sich oft aus diesen neuen Produktionstechniken und Materialien. Neue Formen können aber auch ignoriert werden, was bedeutet, dass alte Formen aus neuen Materialien nachgebildet werden.

⁹⁸ Dipak Dutta: Hohlprofil-Konstruktionen, Berlin, 1999, S. 348/349

⁹⁹ Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 52



4.4

Mero

Nach tradierter, ursprünglicher Entwicklung von Bautechniken wendet sich der moderne Mensch bewusst der Verwendung, von in der Natur vorgegebenen Prinzipien hin. Bereits 1940 fanden Ernst Neufert und Max Mengerlinghausen die Gesetze der regelmäßigen Raumtragwerke, die von so genannten Cubus Segmenten abgeleitet sind. Raumfachwerke mit einheitlichen Knoten und Stäben sollten nun industriell, wirtschaftlich und in Massen hergestellt werden. Aus seiner Idee, mit industriell vorgefertigten Serienelementen wirtschaftliche und innovative, individuelle Lösungen für den Bausektor anzubieten, entwickelte Dr.-Ing. Max Mengerlinghausen (1903-1988) Ende der 1930er Jahre die Mengerlinghausen Rohrbauweise. Ab 1940 produzierte und vertrieb Mengerlinghausen seine Mero-Normknoten und -Stäbe. Es entstand im Laufe von Jahrzehnten ein weltweit bewährtes Bausystem für Raumfachwerke. Seit seiner Studienzeit beschäftigte sich Mengerlinghausen mit der Denkweise der Bio-Logik, mit deren Hilfe namhafte Ingenieure schon früher Strukturen nachgeahmt haben. Im Jahre 1949 leitete Mengerlinghausen mit der Gründung der Firma Mero den weltweiten Siegeszug der Mero-Raumfachwerke ein. Die Entwicklung der regelmäßigen Raumfachwerke führte zur Aufstellung einer Systematisierung in Katalogform. Im Oktober 2004 wurden die Assets der Mero-Firmengruppe von Günther und Ingeborg Tröster erworben und in die neu gegründete Mero-TSK International GmbH & Co. KG eingebracht. Die neuen Eigentümer sind weltweit unter TSK Tröster Systeme und Komponenten als direkter Automobil-, Bahn-, Luftfahrt-, Elektroindustrie und Medizintechnikzulieferer tätig. Sämtliche bisherigen Aktivitäten und Standorte wurden beibehalten und um weitere Techniken, Erfahrungen und Werkstoffe ergänzt. Die Ihnen bekannten Stärken von Mero verbunden mit der neu hinzu- gewonnenen finanziellen Unabhängigkeit werden wir nutzen, um den Markt auch weiterhin mit Bauwerken, Produkten und Leistungen der Mero-



Max Mengerlinghausen
<http://www.mero.de/typo3temp/pics/1d9a59743c.jpg> (10. Juli 2007)

Kugel eines Mero-Knotens
<http://www.mero.de/uploads/pics/meroknoten.jpg> (10. Juli 2007)

Brücke aus System Mero
<http://www.mero.de/fileadmin/template/main/images/bilderbalken2.jpg> (10. Juli 2007)

17 Meter Teleskop aus Mero Raumtragwerk
http://www.mero.de/uploads/RTEmagicC_magictescope3kl.jpg.jpg (10. Juli 2007)

Messestand aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/E0_m12.JPG (10. Juli 2007)

Messestand aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/D3_m12.jpg (10. Juli 2007)

Messestand aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/B2_m12.jpg (10. Juli 2007)



Dome aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/A3_m12.jpg (10. Juli 2007)

Dome aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/A0_m12.JPG (10. Juli 2007)

Glasgowkuppel aus System Mero
http://www.mero.de/fileadmin/gallery/ausstellungssyst/M12%20%20galerie/A1_m12.jpg (10. Juli 2007)

Project Eden aus System Mero
<http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumfachwerke/eden1.jpg> (10. Juli 2007)

Artscentre, innen, Tragwerk aus System Mero
http://www.mero.de/uploads/RTEmagicC_artscentre3_kl_03.jpg.jpg (10. Juli 2007)



TSK zu begeistern. Durch den Einsatz neuester Technologien in Planung, Konstruktion, Fertigung und Abwicklung (nach DIN 9001) besetzt Mero-TSK heute auf vielen Gebieten eine marktführende Stellung im In- und Ausland. In den Produktionsstätten der Firma Mero-TSK zeigen Fertigungsstraßen mit Laserschweißtechnik, Schweißrobotern, Pulverbeschichtung etc. auf 37.000 m² Hallenfläche modernste Fertigungsmethoden.¹⁰⁰ Mit einer Halle des Architekten Karl Otto auf der INTERBAU 1957 in Berlin für die Ausstellung Die Stadt der Zukunft begann der Siegeszug der Raumfachwerke auf der ganzen Welt.¹⁰¹ 1957 bekamen Raumfachwerke eine baurechtliche Zulassung für den Dauerbau durch das Institut für Bautechnik.¹⁰² Das Kugelknoten-System des Mero-Raumfachwerks setzt sich aus Stab, Knoten und Bolzen zusammen. Die runden Stäbe bestehen aus Rohr auf kreisförmigem Querschnitt, da diese optimale Knickstabilitäten gewährleisten. Die Rohre stehen je nach Verwendungszweck in unterschiedlichen Durchmessern (30 – 355 mm Standardprofile aus St 37-2, St 52 oder St 52-3) und unterschiedlichen Wandstärken zur Verfügung. Die Länge der Stäbe ist frei wählbar und liegt üblicherweise zwischen 1,50 und 5,0 m. Kugelförmige Knoten ermöglichen den Anschluss der Stäbe in unterschiedlichen Winkeln. Die Knotendurchmesser variieren zwischen 49,5 mm und 350 mm für genormte Knoten. Knoten bestehen aus vollen, geschmiedeten Stahlkugeln der Güte C45 oder St52-3 mit 18 Flächen. Die Stäbe können untereinander in Winkeln von 45°, 60°, 90° sowie dem Vielfachen dieser Winkel einnehmen. Der Mero-Standardknoten ist lediglich 10-flächig, da zum Bau einer Halboktaeder-Tetraederstruktur nicht mehr Flächen benötigt werden. Verbindungsbolzen für die Norm- und Sonderknoten stehen in den Gewindedrößen M 12 bis M 56 zur Verfügung. Die Firma Mero ermöglicht den Bezug von Sonderknoten in Bezug auf Größe und Bohrungen, z. B. um Winkel zwischen zwei Gewindebohrungen herzustellen.¹⁰³ Das Kugelknotensystem von Mero wird in kaum veränderter Form seit den 1930er Jahren hergestellt. Das von Max Mengerlinghausen entwickelte statische Konzept lässt ausschließlich die so genannten Normalkräfte Zug und Druck zu. Biegeträger werden unter Vermeidung von Biegekräften fachwerkartig in ein Stabwerk für Normalkräfte aufgelöst. Aus beiden Enden jedes Stabes lässt sich ein Gewindestück in ein Innengewinde des Knotens einschrauben. Dieser ist das eigentliche Herz und das Markenzeichen von Mero. 18 Bohrungen ermöglichen unterschiedliche Geometrien meist in Form von räumlichen Fachwerken. Die

100 <http://www.Mero.de/unternehmen> (17. Juli 2007)
101 Heinrich Klotz (Hg.): Vision der Moderne – Das Prinzip Konstruktion, München 1986,
<http://www.Mero.de/unternehmen> (17. Juli 2007)
102 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 82
103

Stablängen bauen im Modul von Wurzel 2 auf. Das reine System kam bis etwa in die 1980er Jahre in vielen Bauwerken, vor allem Hallen artigen, in Anwendung. Heute wird es meist nur noch im Spezialgerüstbau und im Messebau verwendet. Die starre Modulierung aufhebend, dadurch dem Trend zu weicheren Formen folgend, stellt Mero inzwischen mannigfaltige Derivate des Systems her, um auch Kuppeln oder Freiformen anbieten zu können.



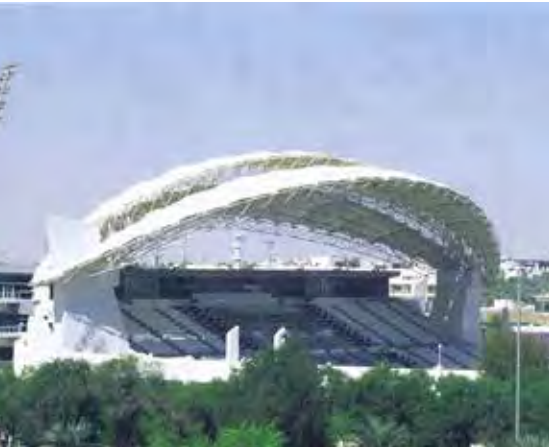
Neue Messe Leipzig, Tragwerk aus System Mero
http://www.mero.de/uploads/RTEmagicC_leipzig1kl_01.jpg.jpg (10. Juli 2007)

Neue Messe Leipzig, Tragwerk aus System Mero
<http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumstabwerke/leipzig4gr.jpg>, (27. Juli 2007)

Tragwerk, System aus Mero, Lehrter Bahnhof, Berlin
<http://www.mero.de/index.php> (10. Juli 2007)

Hofüberdachung aus System Mero, Deutsches Historisches Museum Berlin im Berliner Zeughaus
<http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumstabwerke/lehrterbhf3.jpg> (10. Juli 2007)

Stadion mit Dachtragwerk aus System Mero, Sheikh Khalifa – Dubai
<http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/membran/alain2.jpg> (10. Juli 2007)



DVG 2000, Hannover, Verwaltungsgebäude mit 14 650 m² Dachfläche aus Isolierglas, gehalten von Punkthaltern
http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumfachwerke/dvg_02.jpg (23. Juli 2007)

DVG 2000, Hannover, Verwaltungsgebäude mit 14 650 m² Dachfläche aus Isolierglas, gehalten von Punkthaltern
http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumfachwerke/dvg_04.jpg (23. Juli 2007)

Dach aus System Mero, Ständehaus, Düsseldorf
<http://www.mero.de/fileadmin/bilder/bausys/raumstabwerke/staendehaus2.jpg> (10. Juli 2007)

Overhaul Docking System für Airbus aus System Mero
http://www.mero.de/uploads/pics/overhaul_dock2_01.jpg (10. Juli 2007)



4.5
Fritz Haller

Große Teile der Arbeit von Fritz Haller geboren am 23. Oktober 1924 in Solothurn, Schweiz befassen sich mit grundlegenden Problemen, die jedem Konstrukteur von komplexen Baukastensystemen immer wieder begegnen.

Im Vordergrund stehen die geometrische Koordination der Systembauteile, die Ausbildung ihrer Verbindungen, die Sicherung der Bewegungsräume mittels derer die Elemente in ihre geplante Position gebracht und fixiert werden und die Kontrolle über die Kräfteflüsse im statischen System. Ziel der Arbeit Hallers war es, eine Theorie mit grundlegendem Wissen zu entwickeln. Hiermit will er zu Lösungen gelangen, mit der verflochtene Probleme angegangen und gelöst werden können, die bisher nur durch Versuch, Irrtum und glückliche Einfälle gelöst wurden.¹⁰⁴

Die USM Möbelbausysteme erfüllen weltweit ihre Funktion in öffentlichen Gebäuden ebenso wie in privaten Räumen, in einer Bibliothek genauso wie in einem Großraumbüro. Der Ort der Handlung beeinflusst stets die Einrichtung. So vielseitig die USM Möbelbausysteme in der Anwendung sind, so eigenständig sind sie im Ausdruck.

Die Ursprünge des USM Möbelbausystems Haller liegen in der Architektur. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieur Paul Schärer entwickelte der Architekt Fritz Haller vor mehr als 40 Jahren aus architektonischen Strukturen ein Möbelsystem, das Eleganz und technische Perfektion verbindet. Heute gilt es als Designklassiker, vertreten im MoMA, Museum of Modern Art, New York.¹⁰⁵

Die Geschichte des Familienunternehmens beginnt 1885 in Münsingen bei Bern (CH): Als Eisenwarenhandlungs- und Schlossereiunternehmen, das von Ulrich Schärer und seiner Frau eingerichtet und geführt wird. Um 1920 entwickelt sich das Unternehmen angetrieben durch die Söhne in zweiter Generation zu einer auf Fensterbeschläge spezialisierten Kleinfabrik, die nach dem Zweiten Weltkrieg ihre Produktion auf Metallbau und Blechbearbeitung ausbaut. Mit dem Eintritt von Paul Schärer, junior, Dipl. Ing. ETHZ in den sechziger Jahren erfolgt eine entscheidende Ausbauetappe. Sie ist ein wichtiger Schritt in der Entwicklung zum modernen designorientierten Industrieunternehmen. Der Auftrag für den Entwurf des Fabrikneubaus geht damals an Fritz Haller, Architekt in Solothurn, später Prof. Dr. H.c. an der Universität Karlsruhe.

Der Schweizer Architekt Fritz Haller entwickelte 1962 in Zusammenarbeit mit Paul Schärer für die Produktionshalle der Firma USM ein offenes, erweiterbares



Traggerüst eines Schulgebäudes aus System *mid*i, 1980–1982
aus: Fritz Haller: Bauen und Forschen, Solothurn (Schweiz) 1988, 2.8.8

System *mid*i, Außenansicht eines Schulgebäudes, 1980–1982
aus: Fritz Haller: Bauen und Forschen, Solothurn (Schweiz) 1988, 2.8.8

System *mini*, Bau eines Wohnhaus, 1969, Traggerüst in der Bauphase
aus: Fritz Haller: Bauen und Forschen, Solothurn (Schweiz) 1988, 2.13.1

System *mini*, Bau eines Wohnhaus, 1969, Außenansicht
aus: Fritz Haller: Bauen und Forschen, Solothurn (Schweiz) 1988, 2.13.1



Knoten usm
http://www.usm.com/bilder/produkte/usm_haller/impressionen/bild1 (11. Juli 2007)

Regal aus System usm
<http://www.usm.com/anwendungen/impressionen/wohnen/wohnen.php> (11. Juli 2007)

Tisch System usm
http://www.usm.com/bilder/produkte/usm_kitos/impressionen/bild5 (11. Juli 2007)

Möbel aus System usm
<http://www.usm.com/bilder/anwendungen/impressionen/wohnen/bild3.jpg> (11. Juli 2007)

Büro aus System usm
http://www.usm.com/bilder/anwendungen/projekte/agaciak_und_merz.jpg (10. Juli 2007)

Wand/Raumteiler
http://www.usm.com/produkte/eleven_22/impressionen (11. Juli 2007)

Vitrinen aus System usm
http://www.usm.com/bilder/produkte/usm_haller/impressionen/bild12 (11. Juli 2007)



Stahlbausystem, das den stetig wandelnden Produktionsabläufen im Lauf der Jahrzehnte angepasst werden konnte. Später folgte ein weiteres, kleiner dimensioniertes Bausystem für das Verwaltungsgebäude der Firma USM. Die Idee, Gebäude aus offenen und problemlos erweiterbaren Systemen zu entwickeln, ging noch weiter. Es entstanden drei Baukastensysteme, das System *MINI*, das System *MIDI* und das System *Maxi*. Die modularen Systeme für das Produktions- und Verwaltungsgebäude wurde in den Mikromaßstab übertragen. Daraus entstand das addierbare und wandelfähige Büroeinrichtungssystem ›*USM Möbelbausystem Haller*.¹⁰⁶

Einige Jahre später beginnt die Firma mit der industriellen Fertigung und dem Vertrieb dieser Stahlbausysteme.¹⁰⁷

Eine verchromte Kugel ist das zentrale Element des USM Möbelbausystems Haller. In alle Dimensionen des Raumes lassen sich Systemrohre an sie anschließen. In das so entstehende Traggerüst werden Verkleidungs- und Organisationselemente eingesetzt. Individuelle Bedürfnisse des Benutzers bestimmen dabei die Form und Ausgestaltung eines Möbels. Die modular aufgebauten Möbel lassen sich jederzeit wieder zerlegen und verändern.¹⁰⁸

Seit der Aufgabe der Bausystemproduktion und der Fensterverschlussproduktion konzentriert sich das Unternehmen vollständig auf die Produktion von Möbelbausystemen.

Form folgt Funktion ist Grundprinzip für das USM Produktdesign: *Die USM Möbelbausysteme reduzieren sich auf einfache, klare Lösungen und die Funktion ist immer im Design ablesbar. Jeglicher Verzicht auf modische Trends führt zu einer dauerhaften, klassischen Ästhetik.*¹⁰⁹

Ab 1989 wird das klassische USM Möbelbausystem Haller regelmäßig durch weitere Produktlinien ergänzt: das USM Tischbausystem Kitos, USM Möbelbausystem Display um zwei davon zu nennen.

2001 wird das USM Möbelbausystems Haller in die permanente Sammlung des Museum of Modern Art MoMA in New York aufgenommen. Ein Jahr später wird der neue US-Hauptsitz mit Showroom in SoHo, New York eröffnet.¹¹⁰

104 Fritz Haller: Bauen und Forschen, Solothurn (Schweiz) 1988, S. 3.3.0
105 <http://www.usm.com/firma/geschichte/firma>, (10. Juli 2007)

106 www.arcguide.de/usm/html/artikel1-00.html (17. Juli 2007)
107 <http://www.usm.com/firma/geschichte/firma> (10. Juli 2007)
108 <http://www.usm.com/firma/produkte> (10. Juli 2007)
109 <http://www.usm.com/firma/philosophie> (10. Juli 2007)
110 <http://www.usm.com/firma/geschichte/firma> (10. Juli 2007)

4.6
System Montal - Krupp Stahlbau

Auch hier bietet das System eines Raumbachwerks den Vorteil, dass es sich in alle Richtungen entwickeln lässt. Tragwerk und Auflager müssen nicht in der gleichen Ebene liegen. Die Auflagerpunkte sind durch frei einteilbare Raumgestaltung bestimmt. Das Tragwerk wird meist als plattenartiger, zweilagiger Fachwerkrost ausgeführt. Es sind aber auch prismatische, abgeknickte und bogenartige Strukturen, Schalen, Kuppeln und Faltwerke möglich. Diese Konstruktionsart bietet sich, aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit, vor allem bei großen Spannweiten bis zu 100 m an.

Das Montreal-System besteht aus den Elemente Knoten, Schraube und Stab. Der Knoten wird als Stahlkugel, aus verschiedenen Stählen, mit abgeflachten Anschlussstellen geschmiedet. Die Durchmesser der Kugeln betragen 65 –260 mm und werden aus Stahl der Güteklassen C45N oder SS355J2G3 hergestellt. Stäbe werden aus Rundrohr in 2 verschiedenen Stählen (S235JRG2 oder S355J2G3) mit Montageloch in den an den Enden angeschweißten Kegelstücken gefertigt. Durch ein Führung über dem Montageloch ist sowohl die Verschraubung ohne ein herausnehmen der Stäbe, als auch ein Herausnehmen und Wechseln der Stäbe ohne Zerstörung möglich. Die Firma Krupp liefert Stabdurchmesser von 48 bis 220 mm. Zur Befestigung von Knoten und Stab wird eine Schraube durch eine Montageöffnung im Stab mit einer biegsamen Welle an einem elektrischen Schlagschrauber eingesetzt. Die am Boden vormontierten Montageeinheiten oder auch das komplette Tragwerk können mittels Kran in die gewünschte Position gebracht. Eine Freibaumontage ist ebenfalls möglich. Das Rastermaß kann frei gewählt werden, liegt allerdings meist zwischen 1,20 m und 6,0 m. Stäbe und Knoten werden nach den statischen Anforderungen dimensioniert.¹¹¹



Montalknoten, Schnitt
Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 89

Montalknoten
Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 89

Montalknoten
Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 89

Systembau Montal
<http://www.ksh.de/Home/Produkte/Montal/Montalpraxis/200MontalBeispiel4.jpg> (27. Juli 2007)

Systemknoten Montal
<http://www.ksh.de/Home/Produkte/Montal/Montalpraxis/200MontalBeispiel6.jpg> (27. Juli 2007)



System Züblin, Eingangsüberdachung eines Baumarktes
[http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/80CE8D197CC3F9FC1256FB80044AE33/\\$FILE/10596305_obi-170.jpg](http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/80CE8D197CC3F9FC1256FB80044AE33/$FILE/10596305_obi-170.jpg)

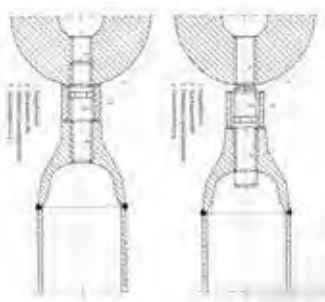
System Züblin, Grenzkontrollanlage an der A4 bei Görlitz, 2 Dachkonstruktionen mit je 1600 m² und eine Fahrhahnüberdachung mit 2600 m², 1700 Kugelknoten und 6000 Fachwerkstäbe, Bauzeit 7 Monate
[http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/9A85E99CDE724C9FC1256FB6003B98F6/\\$FILE/10595307_A-170.jpg](http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/9A85E99CDE724C9FC1256FB6003B98F6/$FILE/10595307_A-170.jpg)

Züblin Raumtragwerk, Sporthalle Heilbronn
[http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/33A8A32C88F62BE9C1256FB6003B245F/\\$FILE/10589339_1-170.jpg](http://www.zueblin-systembau.de/www/obj.nsf/0/33A8A32C88F62BE9C1256FB6003B245F/$FILE/10589339_1-170.jpg)

Knotenpunkt Züblin,
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 93

System Züblin,
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 93

Systemschnitt, System Züblin
aus: Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 90



4.7
System Züblin

Das Raumbachwerkssystem von Züblin besteht aus Stab, Kugel und Differenzgewindebolzen. Die am Ende verjüngten Stäbe, aus St 37-2 oder St 52-3, besitzen eine Gewindebohrung in der Stabachse. Stahlrohr und geschmiedetes Endstück werden durch Kerb- oder Schutzgasschweißen verbunden. Fertige Stäbe werden abgelängt und an den Enden mit Innengewinden bestückt. Im Gegensatz zu den meisten anderen Systemen sind die Kugeln völlig rund. Sie werden aus St 52 geschmiedet und anschließend auf den exakten Außendurchmesser abgedreht. Das Verbindungsstück für Stab und Kugel, der Differenzgewindebolzen wird aus hochfestem Stahl der Güteklasse 8,8 oder 10,9 hergestellt, um hohe Zugkräfte übertragen zu können. Auf der Kugel Seite besitzt er ein metrisches Gewinde, auf der Stabseite hingegen besitzt der Bolzen ein Feingewinde. Zwischen den Gewinden verschiedener Steighöhe befindet sich ein Sechskant, über den die Schlüsselmuffe, die zum Anziehen des Bolzens dient, gesteckt wird. Die Schlüsselmuffe wird nun gedreht, bis der Sechskant des Bolzens an der Kugel anliegt, wodurch eine Verbindung zwischen Stab und Knoten hergestellt wird. Das Differenzgewinde kontert sich bei wechselnden Beanspruchungen selbst. Auf Löcher in den Rohrwandungen kann verzichtet werden, was Vorteile bezüglich der Korrosion der Konstruktion bringt. Der zentral geführte Bolzen stellt sicher, dass sich alle Systemlinien der an einem Knoten anschließenden Stäbe im Mittelpunkt der Kugel schneiden. Dies stellt sicher, dass alle Stäbe nur mit Normalkräften und nicht mit Biegekräften belastet werden. Dies wiederum sichert eine filigrane Konstruktion und Materialersparnis.¹¹²

111 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 88

112 Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 36

4.8
Brasilianische Tragwerke

Bei einer Exkursion durch Brasilien fielen Jürg Steiner in Salvador de Bahia und in Brasilia vielfältige Konstruktionen aus Rohrfachwerken mit flach gepressten Enden auf. Einige sahen zwar eher gebastelt aus, andere, wie beispielsweise im Flughafen von Brasilia zeugten von einer Systematik, die eine Normierung und verbreitete Erfahrung vermuten ließ. Das Fehlen von ausrichtenden und Kräfte aufnehmenden Prägungen in den Rohrenden wurde wettgemacht durch räumliche Konfigurationen, Verwendung unterschiedlicher Rohrquerschnitte und Einsatz von mehreren Schrauben an besonders belasteten Knoten. Ohne es zu ahnen, wurde der Besucher gewahr, an einer vergleichbaren Technologie geforscht zu haben und war beeindruckt über die Vielfalt und die schiere Größe der Bauprojekte.



obere drei Bilder:
Eine FIAT-Werkstatt in Salvador de Bahia mit einem Dach aus abgeplatteten Rohren und individuell, den Kräften folgenden Knotenausbildungen.

untere drei Bilder:
Vordach des Feinkostgeschäfts Peroni in Salvador de Bahia: rot lackierte Rohre mit abgeplatteten Enden bestechen durch ausgesprochen innovative Knotenpunkte



obere Reihe:
Stadion in Brasilia: Die Tribünenkonstruktion bildet einen gigantischen Rost aus Rohren mit abgeplatteten Enden.

mittlere Reihe:
Die Messehallen in Brasilia bestehen nur aus einem Dach. Die Konstruktion ist einfach und weit tragend.

untere Reihe:
Dachkonstruktion des Flughafenempfangsgebäudes in Brasilia.



2
Das ›System 180‹ von Thorsten Lappe

Die Firma ›System 180 Stahlrohrentwicklungs- und Vertriebsgesellschaft mbH‹ produziert, perfektioniert und vertreibt über die Grenzen Deutschlands hinaus ein individuelles Einrichtungs- und Architektursystem. Ausschlaggebend hierfür ist ein von Anfang an in Schüben verfolgter Weg des Markenaufbaus über flexible, langlebige und qualitativ hochwertige Möbel und Konstruktionen in einer unverkennbaren Designsprache.⁴

In den 1970er Jahren fiel Jürg Steiner, dem späteren Firmengründer von ›System 180‹, bei einem Gastspiel mit der Berliner Schaubühne, deren Werkstättenleiter er zu dieser Zeit war, im Théâtre des Amandiers in Nanterre bei Paris eine Deckenkonstruktion aus Rohren auf, die an Kreuzungspunkten flach gedrückt, mit einem Loch durchbohrt und mit einer Schraube verbunden waren. Fasziniert von der Einfachheit der Konstruktion suchte Jürg Steiner nach Einsatzmöglichkeiten einer vergleichbaren Technik, bei denen jedoch die Rohre an den abgeflachten Stellen nicht durchlaufen, sondern einen Knoten bilden sollten. Eine kuppelförmige Konstruktion eines Marktes in Indien, in diesem Fall mit in Knotenpunkten zusammengefassten Rohren mit abgeplatteten Enden stellte Stefan Polonyi in einem Heft der ›Bauwelt‹ in den 1970er Jahren vor und lobte die Einfachheit und bewunderte die erreichte Stabilität.

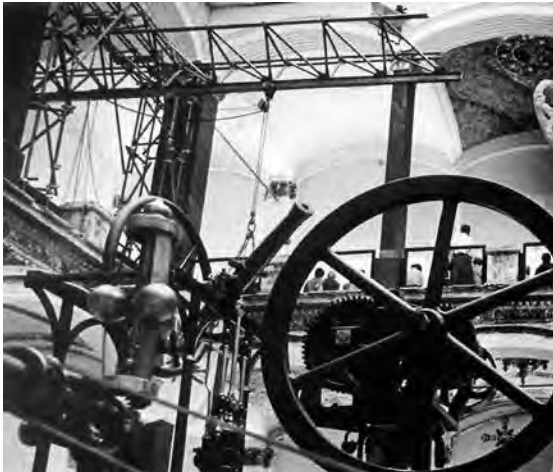
Bis 1981 wurde für eine entsprechende Anwendung kein geeignetes Bauvorhaben gefunden, weil zum einen die bundesrepublikanischen Stahlbaunormen keine Verbindungen vorsahen, die aus Rundrohren mit abgeflachten Enden hergestellt sind und andererseits wurde von Seiten der Handwerkerschaft, ohne ernsthafte Versuche eines Gegenbeweises zu unternehmen, erklärt, dass die Rohre beim Zusammenpressen aufplatzen und die Dauerfestigkeit darunter leiden würde.

1980 konzipierte Jürg Steiner den Umbau des Rollenbodens des Renaissance-Theaters in Berlin mit teilweise an den Enden flachgedrückten Stahlrohren mit einem Durchmesser von 48,3 mm, hergestellt von Berliner Hersteller für Gerüstbau rahmen BERA.

1981 musste für den Martin-Gropius-Bau in Berlin eine Laufkatze an einem krag-



Jürg Steiner am Abend des 12. Dezember 2004 im Hof der ›System 180‹ vor einer drehbaren Kugel aus ›System 180‹



Kranbahn im Martin-Gropius-Bau, 1981, Foto: Wolfgang Haut, Berlin

Bühnenbild aus ›System 180‹ für Günter Meisner (polierte Aluminium-Rohre und Acrylglas) zum Stück ›Bericht an eine Akademie‹ von Franz Kafka (Foto 1983)

Urregal als Vorgänger des ›System 180‹, 1981 (Foto 2006)



arm in kürzester Zeit hergestellt werden. Hierfür ließ Jürg Steiner einen I-Träger als unten liegenden Druckgurt und Fahrbahn für die Laufkatze mit Schraubbläsen versehen. Als Zugstäbe verband man im Obergurt durchlaufende Rohre mit Gerüstkupplungen untereinander und mit an den Enden abgeplatteten Rohren als Diagonalen, die im Martin-Gropius-Bau in eigenen Werkstätten hergestellt wurden. Die damals dort tätigen Schlosser verfochten die Meinung, dass sie die Rohre schmieden müssten; also wurden diese rot glühend erhitzt, mit dem Fäustel bearbeitet und anschließend mit der Ständerbohrmaschine gelocht.

Noch im gleichen Jahr begann Jürg Steiner sich dünneren Rohren zuzuwenden.⁵ 1981 baute er das erste Regal aus Rohren mit flach gepressten Enden. Die Rohre mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm hatte der Erfinder des nachmaligen ›Systems 180‹ in der provisorischen Schlosserei des Martin-Gropius-Baus gesägt, im Schraubstock gepresst und in der Ständerbohrmaschine gelocht.⁶ Seine Stabilität erhält dieses Regal durch die zur Stabachse um 45 Grad versetzte Lage der Knoten. Diese Bauweise, die auf diagonale Versteifung in allen Richtungen verzichten kann, ist später nur noch selten praktiziert worden, vor allem weil die horizontalen Stäbe verspringen. Dieses Urregal hat Tausende nach sich gezogen.⁷

In den nächsten fünf Jahren entstanden diverse Bauwerke und Möbelstücke, auf der Basis der Technologie des Flachpressens von Rohrenden. Die Vorteile und Problemzonen des zukünftigen Systems konnten auf diese Weise empirisch erfahren werden.⁸ Die Vorgängerprojekte des ›System 180‹ waren ursprünglich ein reines Konstruktionsprinzip aus Stangen und Schrauben, erst später wurden Rastermodul sowie modulare Möbel eingeführt, so dass eine Auswahl an vor-konfigurierten und selbst konfigurierbaren Produkten entstand.

Auch die Suche nach der richtigen Materialität begleitete die frühen Projekte. Meist stand der Verwendung von blankem Stahlrohr in technischer und finanzieller Hinsicht keine Alternative gegenüber. Jedoch war die Optik nicht jedermanns Sache, einmal falsch behandelt oder im Regen aufgestellt und schon beeinflussten Roststellen das Bild. Aluminiumrohr war zwar viel teurer, aber hatte eine unverwundliche Oberfläche. Unschön war allerdings, dass die beiden Längsseiten an der Pressung, also dort wo das Material also um fast 180° gefaltet wird, Risse entstanden. Meist eliminierte man diese unschönen Stellen durch

5 Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 74/75
6 Hasso von Elm und andere: Jürg Steiner – Katalog der Werke, Essen 2000, S. 16
7 Hasso von Elm und andere: Jürg Steiner – Katalog der Werke, Essen 2000, S. 16
8 Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 75

abschleifen des Wulstes.

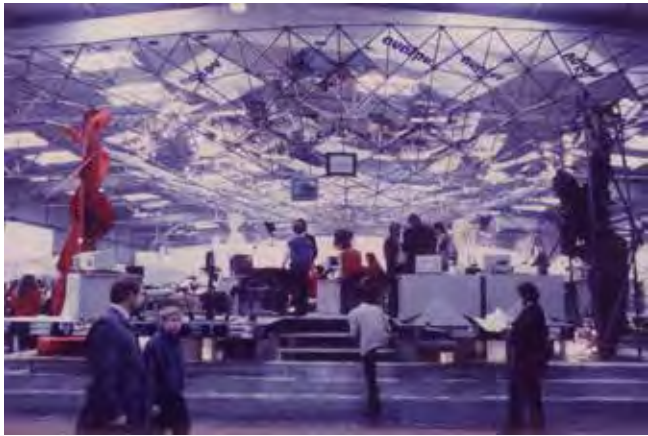
1982 war für die Ausstellung ›Zeitgeist‹ ein Joch zu konstruieren, um eine Brunnen­skulptur anzuheben. Die Überzeugung, dass es sich lohne, dafür Rohre mit abgeplatteten Enden zu verwenden, führte zu einer Konstruktion, die die Dualität des zukünftigen Weges vorzeichnete: Parallele Entwicklung von technischen Konstruktionen und von Möbeln: Denn 1983 mussten für eine Festivität schnell einige Tische hergestellt werden. Das Material des Lastgitterträgers der Ausstellung ›Zeitgeist‹ eignete sich aufgrund seiner Form und Maße besonders gut. 28 Stäbe der gleichen Länge von 72 cm, 14 Schrauben und 14 Muttern bildeten ein stabiles Untergestell mit vier Eck- und zwei Mittelpfosten. Man hat, am Tisch sitzend, die Möglichkeit die Füße auf verschiedenen Positionen abzustützen. Dieser Tisch war die Basis des Systemgedankens für Möbel aus Stahlrohr des späteren ›System 180‹; ein System, das jeder zusammenbauen können sollte und das dank seiner Materialität unbegrenzt oft umzumontieren sei. Das Exemplar auf der Abbildung ist mit einer Glastischplatte ausgestattet.⁹

1986, nach Gründung der ›Museumstechnik Gesellschaft für Ausstellungsproduktion mbH‹ durch Jürg Steiner produzierte diese unter der Geschäftsführung von Sybille Fanelsa das Rohrsystem, das bis dahin verschiedene Stahlbaubetriebe und Schlossereien fertigten. Das System wurde ständig weiterentwickelt, so dass auch räumliche Fachwerkssysteme angeboten werden konnten, um diese beispielsweise im Deckenbereich einzusetzen. Durch den Ankauf einer preiswerten, uralten Spindelpresse und die Herstellung geeigneter Stempel und Matrizen ließen sich – zwar von Hand – Stäbe in großer Zahl mit recht hoher Genauigkeit herstellen.

Das System wurde als ›System Steiner‹ mit bescheidenen Mitteln bekannt gemacht, wo es ging, meist durch Projekte im Bereich des Museums- und Ausstellungswesens und begann, sich als ein Teil des neuen Berliner Designs zu etablieren.

1987 entstand auf der Cebit in Hannover ein Messestand mit einer Dachkonstruktion aus ›System Steiner‹. An den vier Ecken des rechteckigen Messestandes standen von namhaften Künstlern gestaltete Atlanten, die das künstlich durchhängende Dach aus ›System 180‹ trugen. Die Obergurtebene hing schwach, die Untergurtebene stark durch. Dies führte dazu, dass 350 verschiedene Stablängen errechnet, produziert und verbaut werden mussten.

⁹ Hasso von Elm und andere: Jürg Steiner – Katalog der Werke, Essen 2000, S. 21



Schwerlastträger für die Ausstellung ›Zeitgeist‹ im Martin-Gropius-Bau, Foto 1982

Pyramidentisch aus dem Vorgängersystem von ›System 180‹, 1983 aus den Einzelteilen des Schwerlastträgers aus dem Martin-Gropius-Bau zusammen gestellt.

Zeltvorbau an der Orangerie des Schlosses Charlottenburg 1983 aus Rohren mit flach gepressten Enden, ø 48,3 mm. Fotos: Gaby Sehringer

Messestand für die Firma ›aval pv‹ mit einem Dach aus ›System 180‹, Cebit, Hannover, 1987

Ausstellungsstand aus ›System 180‹, Internationale Tourismusbörse Berlin, 1988, Foto: Jean Baptiste Trystram

Raumsimulationsdecke für die Beleuchtungsfirma Se'lux in Berlin-Marienfelde, 1988. Die Decke ließ sich vertikal verfahren um Räume unterschiedlicher Höhe herzustellen. Am rost aus ›System 180‹ konnten auch schwere Abhängungen montiert werden.

Transportrampe hinter dem Martin-Gropius-Bau, Berlin, 1988
Foto: Werner Zellien, Berlin



1988 war es zum ersten Mal möglich, mit dem ›System Steiner‹ kugelige Elemente zu herstellen, zuerst für einen Pavillon der Ausstellung ›Kofferaufkleber – Reisen in die große weite Welt, die unter anderem anlässlich der Internationalen Tourismusbörse im Berliner Messegelände und im Frankfurter Flughafen gezeigt wurde. Die geometrische Bauweise, bei denen Rohre mit abgeplatteten Enden Längen- und Breitengrade darstellten, entspricht zwar dem üblichen Bild eines Globus, das Gebilde ist aber vergleichsweise weich, denn es setzt sich aus einer Vielzahl statisch unbestimmter Trapezen zusammen.

Auch 1988 gelang es, Konstruktionen größeren Ausmaßes als räumliche Fachwerke herzustellen und eine mobile Decke bei der Firma Se'lux anzubieten und den Auftrag zu bekommen. Innerhalb der steifen Fachwerkdecke dreht ein Motor mit selbst hemmendem Getriebe eine Welle, auf die sich in der Raumdecke befestigte Stahlseile so aufwickeln ließen, dass die mobile Decke sich hebte oder beim Abwickeln senkte.

1988 lieferte eine von der ›Museumstechnik Gesellschaft für Ausstellungsproduktion mbH‹ erstellte Transportrampe am Martin-Gropius-Bau in Berlin den Beweis, dass ein räumliches Fachwerk aus Rohren mit abgeplatteten Enden preisgünstig herstellbar und in vernünftiger Zeit zu montieren sei.¹⁰

¹⁰ als Vergleich für ähnliche Technologien sollten Fachwerke aus Brasilien hinzugezogen werden, in diesem Traktat auf den Seiten 74 und 75 zu finden

1989 wurde eine Treppe mit Doppelfunktion in einer Berliner Galerie gebaut. Sie dient als Treppe und ist außen rum als Regal zu nutzen. Die Treppe hat keine innere Stütze, wodurch sie offen und transparent erscheint, ein inneres Geländer ist nicht notwendig. Dieses doppelt nutzbare Objekt war eine Initialzündung für viele folgende Zylinder förmige Bauten aus ›System 180‹.

Mit den beiden Abbildungen auf dieser Seite lässt sich der Scheideweg, den das System ab 1989 in untypischer Weise entschied, exemplarisch erläutern: Der Weg führte weg vom räumlichen Fachwerk zu einer sich überlagernden Serie von ebenen Trägern, die sich an den Knotenpunkten kreuzen um dort mit einem Stab, den die Träger gemeinsam haben, verschraubt zu werden.

1989 legte Jürg Steiner die spätere Konfiguration fest, und meldete sie am 24. Januar zum Patent an, dessen Erteilung dann 10 Jahre auf sich warten ließ.



Rollrüstung mit 3,00 x 3,00 m großer Arbeitsfläche für den Einbau eines Rollenbodens in der Theatermanufaktur am Halleschen Ufer, Berlin, 1988

Wendeltreppenregal in der ›Berliner Zimmer Design Agentur‹, 1988, als location für die jungen wilden Berliner Designer, Foto: Idris Kolodziej

Patenturkunde für das spätere ›System 180‹



Messestand im Rheinpavillon aus ›System 180‹, Internationale Möbelmesse Köln 1989, Foto: Idris Kolodziej

Messestand im Rheinpavillon aus ›System 180‹, Internationale Möbelmesse Köln 1989, Foto: Idris Kolodziej

Versuchsanordnung für die statische Untersuchung eines Trägers aus ›System 180‹ im Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig. Wegen fehlender Normierung wurden 1989 die statischen Richtwerte durch aufgezeichnete Belastung bis zur Zerstörung ermittelt.

Der Messestand aus Köln im Atelier von Mannstein in Solingen, 1989 (Foto Atelier von Mannstein, Solingen 1990)



1989 wurde nach Entwürfen des Architekten und Designers Andreas Brandolini ein Stand für die Internationale Möbelmesse Köln im Auftrag der Designagentur ›Berliner Zimmer‹ entwickelt. Kernstück dieser Konstruktion mit Brücken, zwei Ebenen, Wendel- und Freitreppen, war der neu entwickelte Schraubenstab, ein Stahlrohr in das axial an beiden Enden eine Schraube eingepresst wurde. Diese Stäbe konnten als Pfosten senkrecht zur Plattenebene eingebaut werden. Der Messestand wurde aufgrund seiner vielfältigen Verwendbarkeit von einer Solinger Werbeagentur zur Nachnutzung gekauft, die diesen als zweite Ebene in einem Ateliergebäude nutzt.

Für diese verstetigte Zweitnutzung musste neben einem statischen Nachweis eine ›Zustimmung im Einzelfall‹ erbracht werden. Beides wurde mit Hilfe des Instituts für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig in einem Gutachten für das Bauministerium Nordrhein-Westfalen erbracht.

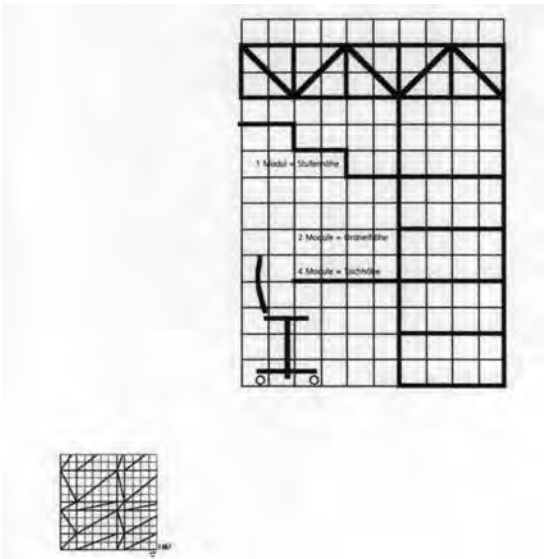
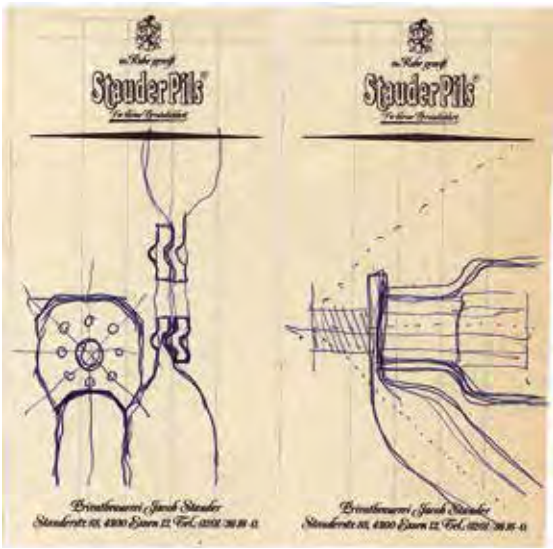
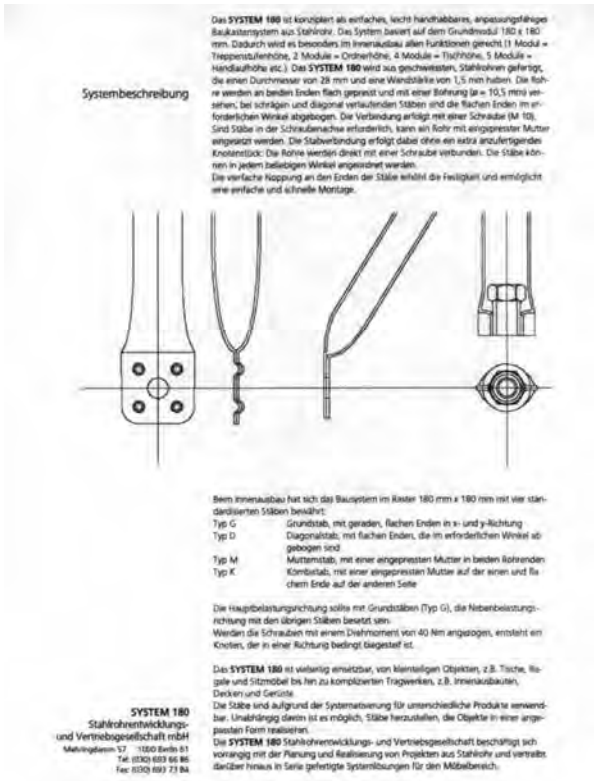
1989 erfolgte für einen Charlottenburger Friseursalon der Einbau einer zweiten Ebene. Der Rost besteht aus sich rechtwinklig durchdringenden ebenen Trägern. Als Pfosten diente nun der mit Uwe Kolb entwickelte Mutternstab, als Ersatz für den unpraktischen Schraubenstab. Seit dieser Zeit wird beim Stab quer zu den abgeplatteten Rohren – entweder Pfosten oder Mutternstab genannt – an jedem Rohrende eine Hülse mit Innengewinde eingepresst.

Jürg Steiner selbst war es, der 1990 anregte, seinen Namen nicht mehr im Produktnamen erscheinen zu lassen und schlug den Namen ›System 180‹ vor. Der Name referiert auf das Modul, das seitdem die Rasterung des Systems beeinflusst. 180 mm ist Stufenhöhe, das doppelte Maß ist ideal für Regale mit Ordern. Das vierfache Modul, 720 mm, stellt eine ideale Tischhöhe dar, die weiteren Schritte, 900 mm und 1080 mm sind gute Steharbeitsplatz- und Geländerhöhen.

1990 entwarf Jürg Steiner, nach eintägiger Prüfung von Rohren aus ›System 180‹ bis zur Zerstörung im Braunschweiger Bahnhofsrestaurant die Noppen, um das System noch beanspruchbarer zu machen und eine Verkrallung der abgeplatteten Rohrenden zu erreichen. Seit dem hat das ›System 180‹ seine kaum schlagbare Festigkeit.

Jedes Rohrende mit flach gepressten Enden erhielt fortan je vier Aus- und Einbuchtungen, auf einer Seite konvex und auf der anderen konkav. Hierdurch werden Scherkräfte nicht mehr nur ausschließlich über die Schraube, sondern auch über die Noppen aufgenommen. Weiter erhöhte sich die Passgenauigkeit der Knoten enorm. Das vorhandene Spiel im Schraubenloch kann nicht mehr zu Ungenauigkeiten führen und die Anpassung der Winkligkeit ist seitdem problemlos auch ohne Wasserwaage möglich. Konstruktionen richten sich selbsttätig aus.

Konstruktionen wie Regale stabilisieren sich in der einen Ebene als rechteckige Rahmen und in der anderen durch Diagonalen. In der Rahmenebene sind für untergeordnete Kräfte keine Diagonalen mehr notwendig, übergeordnete, also höhere Kräfte wirken über die mit Diagonalen ausgestatteten Ebenen ein, also



Treppe und zweite Ebene aus ›System 180‹ im Friseursalon ›Diva‹ in Berlin-Charlottenburg, 1989

Skizze mit der Erfindung der Noppen als herausragendes und markengebendes Merkmal von ›System 180‹

Entwicklung vom ›System Steiner‹, 1989 (links mit Schraubenstab, ohne Noppen), zum ›System 180‹ mit den bisher gültigen Bestandteilen, 1990, und der Grundkonfiguration, aufbauend auf einem Raster von 180 mm, 1990 (alle Zeichnungen Büro Steiner Berlin)



Innenansicht des temporären Vorbaus aus ›System 180‹, Museum am Ostwall Dortmund 1990. Links Kasse, hinten Garderobe im Rücken Shop. (Foto Werner Zellien, Berlin)

Westfassade des Museums am Ostwall, Dortmund, bei dem sich 1990 der temporäre Vorbau – trotz Systemkonfiguration – harmonisch eingliedert. (Foto Werner Zellien, Berlin)

Museum am Ostwall, Dortmund: Werbeträger für die Ausstellung ›Jenseits der Großen Mauer – Der erste Kaiser von China und sein Terrakotta-Armee‹

Doppelt gewendelte Treppe im Museum am Ostwall zwischen Hauptgeschoss und Herrentoiletten im Kellergeschoss aus ›System 180‹, 1990 aus pulverbeschichtetem Rohr mit einem Außendurchmesser von 28 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm.

Windfang im Berliner Zeughaus aus ›System 180‹, 1991 aus pulverbeschichtetem Rohr mit einem Außendurchmesser von 28 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm und Einscheibensicherheitsglas. (Foto Werner Zellien, Berlin)



parallel zu den so genannten Mutterstäben.¹¹ Die Ebene mit Diagonalen – bei Regalen also die in die Tiefe zeigenden Leitern – wären ohne Versteifungen wegen der Abplattung weich, während die sich über den Rohrdurchmesser verbreitende Abplattung im Verbund mit den Noppen in der anderen Richtung – bei Regalen in der Ansichtsebene – eine natürlich geformte versteifende Rahmenecke bildet.

1990 plante Jürg Steiner für das Museum am Ostwall in Dortmund auf der Gartenterrasse eine temporäre Garderobe mit Kassenbereich. Es entstand ein einstöckiger Vorbau aus ›System 180‹ mit pulverbeschichteten Rohren mit 28 mm Durchmesser und 1,5 mm Wandstärke. Der entstandene Vorbau des Museums am Ostwall in Dortmund war als temporäres Bauwerk geplant und wurde demonstriert. Die Einzelteile wurden später in anderen Bauwerken weiter verwendet.

1991 übernahm das Deutsche Historische Museum das Berliner Zeughaus. Der Generaldirektor, Christoph Stölzl, beauftragte die ›System 180‹ mit der Herstel-

¹¹ Jürg Steiner (Hg.), Museumstechnik, Berlin 2003, S. 76 ff



lung eines dem Gebäude entsprechenden Windfangs.

1991 erhielt ›System 180‹ die Möglichkeit, für den Stand der Berliner Design-Agentur Berliner Zimmer anlässlich der Internationalen Möbelausstellung in Köln einen Stand aus einer Serie von Kuppeln zu bauen. Ähnlich einem Netz bestanden die Haupttragrichtungen aus gleich langen Stäben, die unterschiedliche Rhomben und dadurch eine sphärische Form bilden. Diagonalen unterschiedlicher Länge versteifen die Rhomben.

1991 wurde aus der Museumstechnik GmbH heraus die ›System 180 Stahlrohrentwicklungs- und Vertriebsgesellschaft mbH‹ gegründet. Jürg Steiner vertrat die Ansicht, dass es nicht vorteilhaft wäre, mit dem Namen ›Museumstechnik‹ das Rohrsystem zu vertreiben. Die Geschäftsführung übernahm die Geschäftsführerin der Mutterfirma, Sybille Fanelsa.

1993 verlangte der Impresario Christos M. Joachimides den Lichthof des Martin-Gropius-Baus in Berlin im Rahmen der Ausstellung ›Amerikanische Kunst im 20. Jahrhundert‹ in eine *huge gallery* zu verwandeln. Ebene Fachwerk-Kragarme wachsen aus den Seitenwänden zur Raummitte. Die Konstruktion aus ›System 180‹ umfasste schonend die Säulen aus schwarzem Granit ohne formschlüssige Verbindungen.

1993 fand im Dortmunder Museum für Kunst und Kulturgeschichte die Ausstellung ›Chinas Goldenes Zeitalter‹ statt. Ein Vorbau, der den vierspurigen Königs-



Internationale Möbelmesse Köln, Stand der ›Berliner Zimmer Design Agentur‹ 1991

Vorbau für die Ausstellung ›Chinas goldenes Zeitalter‹ 1993

Belastungstest mit Lasteintrag bis zur Zerstörung unter der Maßgabe, den Einfluss geringer Exzentrizitäten nachzuweisen.

Ausstellung ›Amerikanische Kunst im 20. Jahrhundert‹, 1993. Wände und Glasdach aus ›System 180‹ (Fotos Werner Zellien, Berlin)



Gut Sarnow, Gemeinde Groß Schönebeck (Schorfheide, Brandenburg), Gaststättenerweiterung aus den Bauelementen des temporären Vorbaus am Museum am Ostwall, Dortmund, 1990, (Fotos oben und links: Horst Ziegenfusz, Frankfurt, 1995)

Zustand der Gaststättenerweiterung am 23. November 2002, 14:40 bis 14:45 Uhr (Fotos Mitte rechts und rechts unten). Das bedingungslos Technische und Nüchterne lässt auch eine gewisse gemütliche Überformung zu.



wall überbrückte, beinhaltete eine später nicht weiter verfolgte Variante des ›Systems 180‹: Die Mutterstäbe (Pfosten) waren sowohl in den Stützen als auch in der Brücke vertikal angeordnet. Dadurch mussten sie in den Stützen auch Zugkräfte übernehmen. Um dies zu gewährleisten wurden die Gewindehülsen mit Spannstiften gesichert. Am Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig wurden Einzelträger bis zur Zerstörung belastet um den Einfluss von Exzentrizitäten auch durch Versuche zu definieren.

1994 entstand die Restauranterweiterung auf dem ›Schorfheidegestüt Sarnow‹, Groß Schönebeck (Brandenburg), ein pavillonartiges Bauwerk, welches im Wand- und Deckenbereich ausschließlich aus Systemrohr besteht. Im Bauwerk kamen die neuesten Wärmeschutzrichtlinien für das eingeschossige Bauwerk zu Einsatz. Die Rohre stammen größtenteils aus dem temporären Vorbau des Museums am Ostwall von 1990. Den damaligen Betreibern des Gestüts lag es daran, eine zeitgenössische Gestaltungssprache dem behäbigen Rest schmuckloser Zweckbauwerke aus der DDR-Zeit zur Seite zu stellen. Ein Nacheigentümer sorgte dann – wie ein Ausflug am 23. November 2002 offenbarte – dafür, dass brandenburgische Gemütlichkeit einziehen konnte. Holzstapel gaben dem Äußeren einen entsprechenden Habitus. Dank des Rohrgeflechts lassen sich im Inneren Dekorationen mannigfaltiger Art aufstellen und aufhängen (Bilder ganz unten und Mitte).

1994 wird die Systemkomponente ›Systemholz‹ zum ersten Mal hergestellt. Es handelt sich um eine gehobelte Holzleiste mit einer Breite von 45 mm in unterschiedlichen Stärken, die auf einen Flachstahl von 40 mm Breite und 3 mm Stärke aufgebracht wird. Der Flachstahl ist 90 mm länger als die Holzleiste und hat die gleichen Enden wie die Systemrohre. Werden 4 Systemhölzer kreuzförmig zusammengesetzt, verwendet man dabei 4 Systemhölzer mit Höhenunterschieden von jeweils 3 mm. So erhält man eine ebene Oberfläche, auf die Gipskarton-, Holz- oder Stahlplatten montiert werden können.¹² Die Gesamtconfiguration – Systemholz, Diagonalen, Pfosten und Untergurte aus Systemrohr mit einem Durchmesser von 28 mm – lassen sich dank der vertikalen Durchdringung ebener Fachwerke auch als Podeste, die in beiden Richtungen schief sind, herstellen.

Die Ausstellung ›Feuer und Flamme – 200 Jahre Ruhrgebiet‹ bildete 1994 gleichsam ein Experimentierfeld für Systemrohanwendungen. Ein überaus stabiler Aussichtsturm in zylindrischer Bauform wie die Aneinanderreihung von ebenen Trägern als Schwerlastträger seien hier als Beispiele genannt.

1995 wurde Uwe Kolb zum zweiten Geschäftsführer der ›System 180‹ berufen, 1996 übernahm der Produktionsleiter Matthias Broda die alleinige Geschäftsführung, die beiden bisherigen Geschäftsführer konzentrierten sich auf die Entwicklung der ›Museumstechnik GmbH‹.

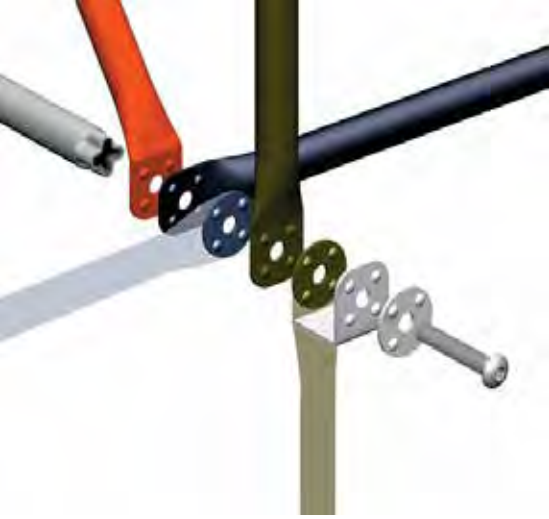


Ausstellung ›Feuer und Flamme – 200 Jahre Ruhrgebiet, 1994 im Gasometer Oberhausen:

Zylindrische Wendeltreppe ohne Mittelstütze, trotzdem ohne inneres Geländer (Foto: Peter Lippsmeier, Bochum)

Schwerlastpodeste auf Last verteilenden Systemrohrrosten (Foto: Peter Lippsmeier, Bochum)

Schwerlastträger aus sechs nebeneinander verkoppelten geraden Fachwerkträgern zur hängenden Aufnahme einer mehr Tonnen schweren Abrissbirne (Foto: Michael Rasche, Dortmund)



Zweites Prototyp-Regal aus Rohr mit einem Außendurchmesser von 20 mm, 1991.

Präsentation von ›System 180‹ beim Wettbewerb des Product Design Award in Hannover, 1999

Das ausgezeichnete ›System 180‹ anlässlich der Weltausstellung in Hannover mit den neusten Automobilen im Jahr 2000.

Die Möbel des ›System 180‹ in aller Welt, wie hier in einem gerade eröffneten Geschäft in der Regent Street in London (Foto 28. Juli 2006, 17:58 Uhr)



Exkurs

1996 gelang es Jürg Steiner, die Geschäftsführer von ›System 180 GmbH‹ und ›Museumstechnik GmbH‹, Matthias Broda und Uwe Kolb zu überzeugen, dass das bisher meist verwendete Stahlrohr mit einem Außendurchmesser von 28 mm für Möbel zu mächtig ist. Karl Schwaiger, alt gedienter Museumstechniker, war schon davor, Anfang der 1990er Jahre, bereit, nach Entwurf des Erfinders für dessen Wohnung Möbel wie das nebenstehende Regal aus Rohr mit einem Außendurchmesser von 20 mm herzustellen – noch ohne spätere Merkmale und Hilfsmittel wie die vier Noppen.

Seitdem werden Möbel, im Gegensatz zu Raum- und Bauprojekten aus Stahlrohr mit einem Außendurchmesser von 20 mm, bei einer Wandstärke von 1 mm gefertigt. Ein Erfolgsmodell, das in vorliegender Publikation nicht weiter verfolgt wird. Das Möbelsystem erhielt 1999 als Bester seiner Kategorie in Hannover den *Product Design Award 2000* und wird mit bemerkenswertem Exportanteil in Berlin-Schöneberg produziert.

1995 fand im Alten Museum Berlin die Ausstellung ›Von allen Seiten schön‹ mit Meisterwerken der Bronzeskulptur der Renaissance und des Barock statt. Dem Ausstellungsgestalter Jürg Steiner lag es daran, eine Binnenarchitektur zu schaffen, in der die Exponate gleichsam in einer der jeweiligen Stilepoche entsprechenden idealen Stadt mit Plätzen, Fassaden, Fenstern und Straßen an ihren selbstverständlichen Ort standen. Die Fassadenelemente wurden aus ›System 1890‹ gebaut und mit Blech verkleidet. Die Konstruktion bestand aus einem Regal ähnlichen Aufbau, der dank der Konfiguration des Systems gebogene Grundrisse aller Art ohne Aufpreis gewährleistete.



1995 aus Anlass des 200. Geburtstags des preußischen Königs Friedrich Wilhelm IV. wurde im Orangerie-Komplex in Sanssouci aus klimatischen Gründen ein Pavillon aus ›System 180‹ eingebaut, in dem Ölgemälde der ersten Träger des Ordens *Pour le Mérite* und das Krönungsbild Friedrich-Wilhelms IV. gezeigt wurden. Gerade, feine Zweigelenk-Fachwerkträger halten mit Verbundsicherheitsglas gefüllte Holzrahmen zu einem leichten und doch stabilen Bauwerk zusammen.



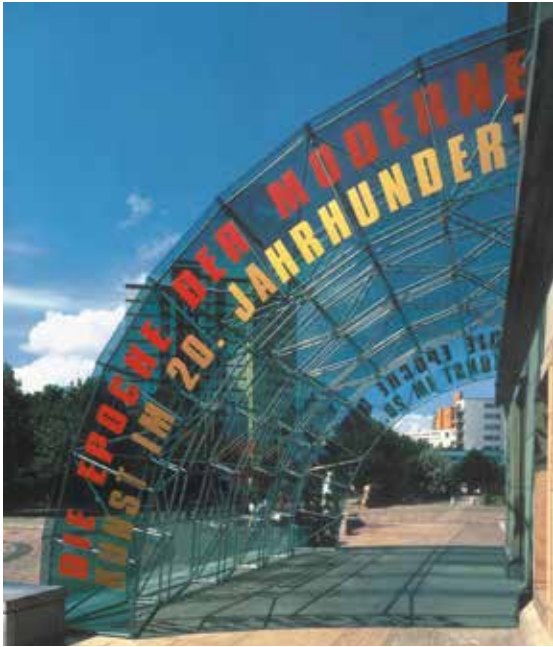
1996 entstand für eine temporäre Eingangssituation am Museum am Ostwall in Dortmund zum ersten Mal eine weit gespannte einlagige Tonnenkonstruktion aus ›System 180‹, die zwei kräftige Auflagerfachwerkbalken überspannte. Die Stabilität, die durch real vorhandene Schneelast offensichtlich wurde, bewirkte eine gewissen Bauhöhe des einlagigen System, die der Rost durch die Kombination von diagonal angeordneten Quadraten mit im Bogen dazwischen gespannten Diagonalen aufwies. Ein verschieblicher Reinigungsträger aus zwei geraden Fachwerkbögen half, das Dach, das über mehrere Jahre stehen blieb, sauber zu halten.



Ausstellung ›Von allen Seiten schön‹ im Alten Museum Berlin, 1995, mit Wänden aus ›System 180‹ (Foto: Werner Zellien, Berlin)

Galerie-Einbau in der Orangerie Potsdam-Sanssouci, 1995 (Foto: Wolfgang Schackla)

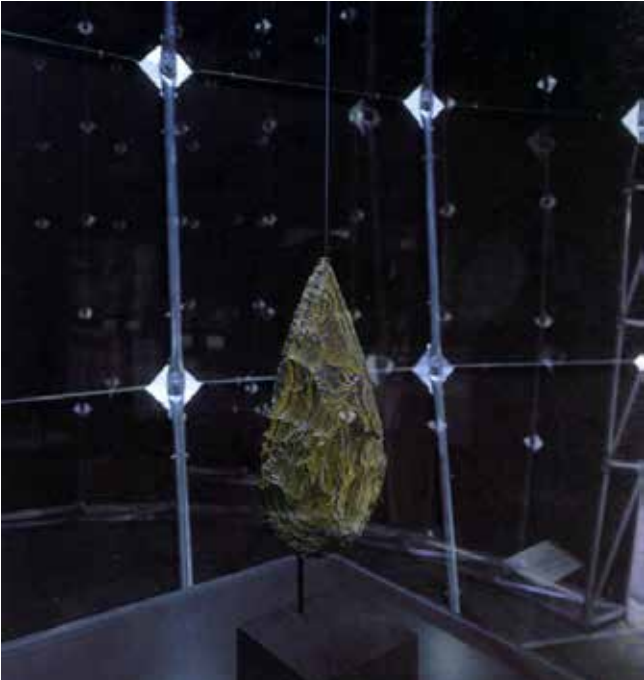
Vorbau in Form einer einschaligen Tonnen gelagert auf zwei Containern am Museum am Ostwall, Dortmund, 1996



Vorbau am Martin-Gropius-Bau, 1997, mit grünem Einscheibensicherheitsglas (Foto: Werner Zellien, Berlin)

›Urhütte‹ anlässlich der Ausstellung ›Afrika – die Kunst eines Kontinents‹ im Lichthof des Martin-Gropius-Baus, Berlin (Fotos: Werner Zellien, Berlin)

Ausstellung der Schrift ›Plaste und Elaste aus Schkopau‹ im Kraftwerk Vockerode, 1998 (Foto: Christiane Eisler, Leipzig)



1996 galt es im Martin-Gropius-Bau in Berlin anlässlich der Ausstellung ›Afrika – Die Kunst eines Kontinents‹ für die ältesten Objekte der Menschheit eine ›Urhütte‹ zu bauen, deren Abmessungen und Form Beispielen in afrikanischer Architektur folgte. Die Konstruktion aus Rohren mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Wandstärke von 1 mm wurden lediglich in den Längengraden montiert und Stahlblechkassetten mit ihnen verschraubt. Die sehr stabile Konstruktion galt es an den Schnittstellen Durchgänge und Bodenaufleger durch ebene Fachwerkträger zu versteifen. Das Rauminnere ließ sich aus dem 20 m darüber liegenden Lichthofdach mit Parabolscheinwerfern durch den ›Rauchabzug‹ der Hütte zu beleuchten. Nebenlicht, das durch die Ausschnitte der Verkleidung an den Knoten in das Innere vordrang, erzeugte eine bezaubernde Zeichnung auf den innen schwarz lackierten Blechen.

1997 wurde am Martin-Gropius-Bau in Berlin ein werblich nutzbarer und zugleich nützlicher Vorbau konstruiert, der die Besucher zum damals versteckt liegenden Eingang führte. Die Gitterträger fanden Halt auf einem Sandsteinprofil des Gebäudes. Als Eindeckung wurde grün eingefärbtes Glas verwendet.¹³

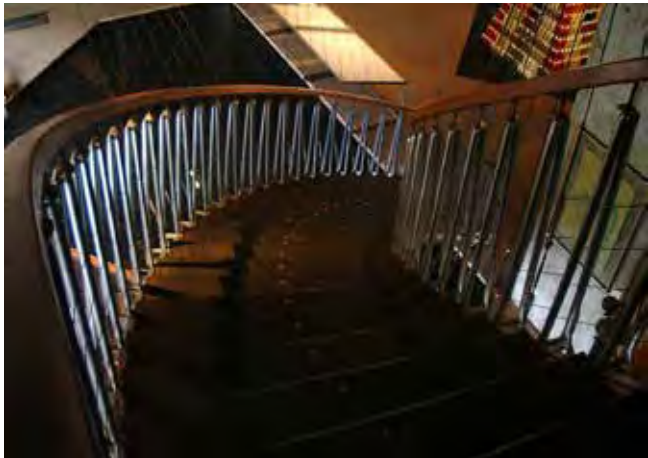
1998 fand das typografische Denkmal ›Plaste und Elaste aus Schkopau‹ wieder Einzug nach Anhalt, nachdem man es von seinem angestammten Platz am Brückenbauwerk an der Kreuzung der Autobahn 9 (Berlin–München) und der Elbe nach der Vereinigung Deutschlands demonitierte, da es als Werbung zu nah an der Autobahn prangte. Im Kraftwerk Vockerode hing für die erste und einzige Gesamt-Präsentation der Schrift seit ihrer Demontage, die sich heute im Besitz des Deutschen Historischen Museums befindet, ein Rahmen aus ›System 180‹, an dem die fragilen Objekte mit Draht einfach und sicher zu befestigen waren.

13 Hasso von Elm und andere: Jürg Steiner – Katalog der Werke, Essen 2000, S. 99

1999 mutierte die Mischanlage der Kokerei Zollverein in Essen zu einem Experimentierfeld für innovative Systeme. Wohl nur aus ›System 180‹ ließ sich die später von den Mitarbeitern *stairway to heaven* getaufte Treppe herstellen. Die Geländer formulieren zusammenwirkend mit den Gitterträgern der Wangen an den Stufen einen versteiften Stabbogen. Die Konstruktion hatte primär lastverteilende Wirkung, die Eigen- und Verkehrslast übertragen dünne Stahlseile in die Betonkonstruktion der darüber liegenden Bunkertrichter. Diese vielgelobte Treppe wurde später in abgewandelter Form mehrfach gebaut.

Die Kokerei Zollverein in Essen erschloss dem ›System 180‹ einen Markt, in dem es sich besonders zu Hause fühlt, nämlich dem sanft ungenutzten Baudenkmal¹⁴. Durch vergleichsweise einfache Planungsschritte sind Formen, Module, Steigungen nachzuvollziehen und zu produzieren. Der Transport zur Baustelle und vor allem innerhalb der Baustelle, auch auf verschiedenen Geschossen, ist unproblematisch, der Einbau behindert im Allgemeinen keine anderen Gewerke. Verbindet das ›System 180‹ damit faktisch Vergangenheit und Zukunft?

14 vergl.: Jürg Steiner: Umnutzen ohne Renovieren, Wuppertal 2007



Messestand aus ›System 180‹ für ›System 180‹ anlässlich der Ausstellung ›Deco in‹, 1999 in Berlin

Stairway to heaven – das erinnerungswirksame Treppengebilde aus ›System 180‹ in der Mischanlage der Kokerei Zollverein, Essen, 1999 (Foto in der Mitte: Michael Rasche, Dortmund)

Das ›Sytem 180‹ eignet sich auch bestens als Unterkonstruktion für Bauschilder, wie bei der Kokerei Zollverein, Essen, 1999

Das ›System 180‹ eignet sich auch hervorragend für Geländerkonstruktionen. Durch die Einspannungsmöglichkeit mit einstellbaren Bodenhaltern ist das Geländer in der Hauptlastrichtung so stabil, als ob das Rohr angeschweißt wäre; in der Nebenlastrichtung (parallel zum Handlauf) ist die Anordnung von Diagonalen sinnvoll. Kraftwerk Vockerode, 1998

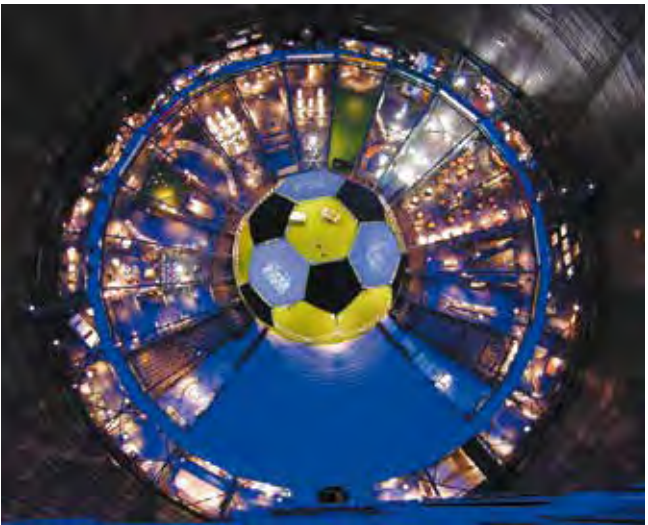
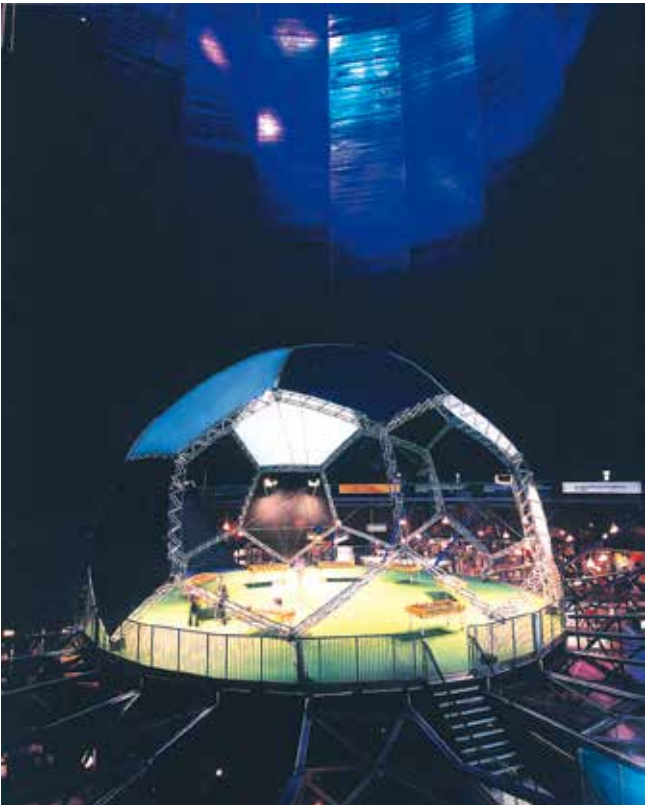


Kuppel in Fußballform im Gasometer Oberhausen, 2000. Durchmesser ; 20 m (oberes Foto: Werner J. Hannappel, Essen)

Überdachung mit einer Spannweite von 14 m aus Rohr mit einem Durchmesser von 28 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm auf der Kokerei Zollverein, Essen, 2000

Muster der Knoten (Mitte dieser Spalte), die wegen der steilen Diagonalen mit einem großen Paket Noppenscheiben den Kraftfluss durch das Zentrum leiten.

Der Architekt als Belastungsgewicht (Foto: Uwe Kolb, Berlin)



Dank der Ausstellung ›Der Ball ist rund‹ im Gasometer Oberhausen ließ sich die Beschäftigung mit Kuppeln wieder aufnehmen. Was lag näher, als das Hauptobjekt des Fußballspiels in ästhetisierender und nutzbarer Weise zu adaptieren? Die Form des Fußballs als geodätische Kuppel wurde technisch durch jeweils zwei nebeneinander liegenden, sich versteifenden ebenen Fachwerkträgern an den Kanten der einzelnen Fünf- und Sechsecke gelöst. Die oberen drei Fünfecke (beim Fußball die schwarzen Lederecken) erhielten eine Bespannung mit einer Spezialfolie, die aufprojizierte Bilder sowohl von Innen als auch von Außen sichtbar machte.

Für die Überdachung der Außengastronomie auf der Kokerei Zollverein verlangte im Jahr 2000 die große Spannweite einen entsprechend hohen Träger. Die Lösung bestand aus Traggliedern mit dreieckigem Querschnitt. Zur Erlangung der Bauhöhe musste eine Teilung der Höhe in der Mitte angeordnet werden. Um die Kräfte ohne Exzentrizitäten durch die Knoten zu leiten, war das Einbringen ganzer Pakete von genoppten Unterlegscheiben nötig. Die Obergurte bildeten zwei parallel geführte Rohre (28 mm Durchmesser, 1,5 mm Materialstärke)

Der Entwerfer dieser Konstruktion ließ sich als Testperson auf zwei zusammengeführten Trägern ablichten.



2001 bestimmten zwei Bauwerke aus ›System 180‹ den Außenbereich der Orangerie des Schlosses Charlottenburg anlässlich der Ausstellung ›Preußen 1701 – Eine europäische Geschichte‹:

Für Kasse, Shop, Garderobe und Vortragssaal war ein temporäres Gebäude zu errichten, das aus einer Bodenplatte, Wänden und einem Dachrost bestand. Die Wände wurden aus Holzrahmen hergestellt, mit einseitiger Glas- oder Sperrholzfüllung. Alle Rahmen hatten die gleichen Abmessungen. Den Dachrost bildeten sich rechtwinklig durchdringende Fachwerkträger aus Rohr mit einem Außendurchmesser von 28 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm. Die Wandrahmen – verankert in der Bodenplatte und befestigt am Dachrost – nahmen sowohl vertikale Kräfte als auch horizontale Windkräfte auf und waren in einem mit den Statikern von HEG abgestimmten Maximalabstand zu positionieren, wobei es unerheblich war, ob in der Außen- oder Innenwandebene. Durch die Form des Fachwerks – wie schon bei den ersten ähnlichen Konstruktionen 1989 mit einem Pfosten am Kreuzungspunkt der Fachwerkträger – war es möglich, ein Gefälle einzuplanen: Die Untergurte verliefen waagrecht, in der Obergurtebene war ein Gefälle zur Entwässerung in eine Richtung vorhanden. Die Dachplatten konnten unmittelbar auf den Deckenrost aufgelegt werden.

Eine Kombination aus Vierkantholzständern, Rohr-Versteifung und -Auslegern mit einer textilen Bespannung übernahm eine Doppelfunktion: Das Publikum konnte außerhalb der Orangerie wieder zum Eingang gelangen ohne möglicherweise nass zu werden und die direkte Sonneneinstrahlung auf die Fenster



Vorbau vor der Orangerie des Schlosses Charlottenburg in Berlin, 2001
Fotos: Udo Meinel, Berlin

Sonnenschutzgang an der Orangerie des Schlosses Charlottenburg in Berlin, 2001
Fotos: Udo Meinel, Berlin

Zwei Treppen im Gasometer Oberhausen, 2000

2002: 12 m lange Brücke aus ›System 180‹ im Medienhafen Düsseldorf mit praktischer Beweisführung der Tragfähigkeit: Trotz statischen Nachweises verlangte der Prüfstatiker einen praktischen Test. Die Brücke wurde mittels Wasserbehälter mit der dreifachen rechnerischen Verkehrslast belastet, die Durchbiegung während des Tests gemessen und für normgerecht befunden. Nach Ablauf der Belastung ist die Brücke wieder bis auf 1 cm in die ursprüngliche Lage zurück gefedert und hatte auch den Test bezüglich des Schlupfs in der Konstruktion bestanden.



der Orangerie wurde im Textil absorbiert. Die Kombination mit anderen Materialien – besonders mit Holz – ist eine Stärke des ›System 180‹. Dem Konstrukteur kommt das System ohne Knoten entgegen, verfügt er doch über zwei unterschiedliche Stabendenausformung und er kann wählen zwischen Gewindebolzen in Kraftrichtung bei den so genannten Mutterstäben und Anschlüssen über Winkel oder Kopfplatten bei den Geraden und Diagonalen.

Bei einer Doppeltreppe im Gasometer Oberhausen im Jahr 2000 und einer Brücke als Zugang zu vier Ausstellungsschiffen im Medienhafen Düsseldorf 2002 waren folgende Konstruktionsmerkmale bestimmend:

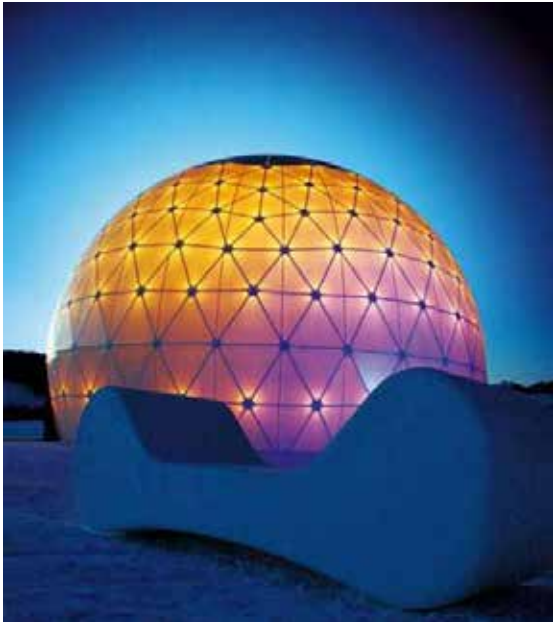
1. Die Treppenwangen bzw. Gehstegverstärkungen gehen einen statisch eindeutigen Verbund mit den Geländern ein, sodass ein vergleichsweise hoher Träger entsteht, ohne nach oben oder unten auszuladen.
2. Der Obergurt der statisch wirksamen Konstruktion wird durch den Handlauf gebildet. Dieser wird räumlich versteift. Geländer, zusammen mit Wange oder Stegunterkonstruktion formen einen Träger mit dreieckigem Querschnitt.
3. Um anfallende Kräfte aufnehmen zu können, bilden zwei oder drei Rohre die Hauptzug- und Druckglieder, also die Ober- und Untergurte. Der errechnete und konstruktionsbestimmende Kräfteverlauf liegt bei zwei Rohren in der Mitte dazwischen und bei drei Rohren in der Mittelachse des mittleren Rohres.
4. Die Knicklängen werden wegen des vergleichsweise dünnen Rohres minimiert, die Anzahl der Rohre also erhöht um möglichst kurze Einzelstäbe zu bekommen.
5. Treppenstufen und Stegboden übernehmen neben ihrer primären Funktion als Gehbelag auch statische Funktionen; sie sorgen vor allem für die Absorption von horizontalen Kräften.

Kuppelbauten von Claus Klimek

Kuppeln, oder geodätische Dome, haben sich zur Liebhaberei von Leistungsträgern der ›System 180‹ entwickelt. Zu den geodätischen Kuppeln kam System 180 im Jahr 2001 anlässlich der Ausstellung ›Otto der Große‹ in Magdeburg, als Christoph Bode, ein Partner der Firma, eine Konstruktion für eine 360° Projektion suchte. Bis dahin bereits im Bau von Fachwerken und Fachwerkskuppeln engagiert, fiel den Verantwortlichen sehr schnell die besondere Eignung des eigenen Systems für diese Konstruktionsmethode auf, die bestechende Einfachheit der ›System 180‹-Rohrkonfiguration korrespondiert mit der bestehenden Einfachheit der geodätischen Form. Ein speziell für diese Anwendung konstruiertes Knotenblech löst das Problem der exzentrischen Kraftübertragung und die bekannten Noppen lassen die Konstruktion bereits während der Montage selbstständig ausrichten. So werden geodätische Formen schnell und sehr präzise realisierbar. Das so genannte Biatron, anlässlich der Biathlon Weltmeisterschaft 2004 in Tirol errichtet, erreichte eine Toleranz von gerade einmal 2 mm bei einem Durchmesser von 20 Metern. Nachdem die Kuppel ihre Aufgabe als Veranstaltungshalle der Weltmeisterschaft erfolgreich absolviert hatte, wurde sie innerhalb von 4 Tagen demontiert und in 20 Kilometern Entfernung wieder aufgebaut, um seit dem ihren Dienst an einer Liftstation im Skigebiet zu tun.

Am Beispiel einer 2002 realisierten Mehrzweckhalle mit einem Durchmesser von 30 Metern im italienischen Lamezia Terme lässt sich die Errichtung eines großen ›System 180‹-Domes gut nachvollziehen. Die oberste Kappe wird gebaut und von einem Kran angehoben, die Kuppel wird Reihe für Reihe von oben nach unten vervollständigt und schließlich auf einem Fundament befestigt. Danach wird die maßgeschneiderte Plane über die Kuppel gezogen und fixiert. Aussparungen für Eingänge liefern das benötigte Spiel, um auch geschlossene Kuppeln zu realisieren, die eine höhere Geometrie als eine Halbkugel aufweisen. Kleinere Dome werden in vormontierten Teilen zum Bauplatz geliefert, wo diese dann zunächst als Ober- und Unterhälfte gebaut und schließlich mit Hilfe eines Kranes oder einer Hebebühne aufeinander gesetzt und zusammengefügt werden.

Anwendung finden die ›System 180‹-Dome momentan vor allem bei der Ausstellungsgestaltung, im Ladenbau und bei vielerlei Events im Innen- und vielfach im Außenbereich. So realisierte Toshiba, einer der Hauptsponsoren der Fußball Weltmeisterschaft 2006, seine Fanzelte in Berlin, München und Dortmund mit ›System 180‹ und für das *Public-Viewing* der WM lieferte ›System 180‹ die Hauptbühne in Düren in Form einer aufgeschnittenen Kugel. Doch die ehrgei-



Gegenüberliegende Seite:
Dom in Lamezia di Terme aus ›System 180‹, 2002
Fotos Andreas Stadler

Diese Seite
Biatron in Hochfilzen, Tirol (Österreich) 2005
http://www.system180.com/media/img/projekte/kuppeln/Biatron/DSC_5523.jpg (10. Juli 2007)
Fotos: Bernhard Kogler



zigen Pläne gehen weit darüber hinaus, für Kuppeln mit einem Durchmesser von 50 Metern sind die statischen Nachweise bereits erbracht, an neuen Konstruktionen für Eindeckung und Dämmung wird emsig geforscht, neue Geometrien werden entwickelt und neue Anwendungsbereiche kontinuierlich erschlossen. Ein Kuppeldach für einen drehbaren Rundhangar in Berlin, ›Aerodome‹ genannt, befand sich bereits in der Projektierung.

Warum geodätische Kuppeln bei ›System 180‹?

Weil sich die Geometrie der geodätischen Kuppel und das Prinzip des ›System 180‹ perfekt ergänzen und was so stimmig harmoniert, schafft Begeisterung, nicht nur bei den Kunden, sondern auch beim Hersteller und Entwickler, auch wenn momentan noch die Möbelproduktion den deutlich höheren Anteil zum Unternehmenserfolg beisteuert.

2006 erfolgt die Bestellung von Andreas Stadler zum zweiten Geschäftsführer der ›System 180‹ GmbH.



»System 180« - Produktion

»System 180« ist konzipiert als einfaches, leicht handhabbares, anpassungsfähiges Baukastensystem aus Stahlrohr. Es wird aus geschweißten Stahlrohren gefertigt, die an beiden Enden flach gepresst und mit einer Bohrung versehen werden. Bei schrägen und diagonal verlaufenden Stäben sind die flachen Enden im erforderlichen Winkel abgebogen. Die Verbindung der Enden erfolgt mit einer handelsüblichen Schraube. Sind Stäbe in der Schraubachse erforderlich, kann ein Rohr mit eingepresster Mutter montiert werden. Die Stabverbindung erfolgt dabei ohne ein extra anzufertigendes Knotenstück. Die Rohrenden werden direkt mit einer Schraube verbunden. Stäbe können in jedem beliebigen Winkel angeordnet werden. Eine vierfache Vernoppung an den Enden der Stäbe erhöht die Festigkeit durch Formschluss, bewirkt eine bedingte Einspannung, richtet die Konstruktion selbstständig aus und ermöglicht eine einfache und schnelle Montage. (Redundanz)

Gegenüber anderen Systemen besticht das »System 180« durch die Einfachheit der Herstellung. Den eigenen Teil zum Knoten bringt jeder Stab an beiden Enden mit. Bei der Produktion entstehen keinerlei Emissionen, aus Rohr und Energie entstehen die fertigen Stäbe. Den Nachteil gegenüber einem System wie Mero, nämlich dass durch das Aufeinanderschichten der Stabenden Exzentrizitäten entstehen, muss durch geschickte Konfiguration wettgemacht werden. Die Kräfte der Hauptachsen sollten sich möglichst in einem Punkt treffen.¹⁵

Das System verfügt über eine besonders einfache und preiswerte Verbindungstechnik. Das Rohr wird ohne Applikation von Zusätzen kalt umgeformt. Das einzige, was hinzukommt ist eine Schraube. Vergleicht man das System beispielsweise mit der Königin der Fachwerksysteme, dem Mero-System, erkennt man bei diesem eine hochkomplexe Kugel mit 18 maßgeschliffenen Flächen und ebenso vielen Gewindebohrungen. An beiden Enden der Stäbe werden konische Rohstücke mit beweglichen Schrauben angeschweißt. Die gesamte Knotenzone aus Kugel, Gewinde- und Schlüsselansatz und konisches Rohrstück, ist raumgreifend, dominant und unruhig. Die Verbindungen können nur Normalkräfte, also Zug- und Druckbelastungen aufnehmen. Die Vorteile des Mero-Systems liegen ebenfalls offen. In den Verbindungen entsteht kein Schlupf, durch etwaige Luft in den Bohrungen. Weiter treffen alle Kräfte im Zentrum des Knotens aufeinander. Beim »System 180« ist dies nicht möglich, durch Knotenpakete entstehen

¹⁵ siehe auch Ausführung von Jürg Steiner zur Exzentrizität



Links oben:
Drittelkugel anlässlich des Design-Mai im ehemaligen Postbahnhof in Berlin, 2006

Links Mitte:
Entwurf für einen leichten, preiswerten Hangar
Entwurf: und Zeichnung: Andreas Stadler, Berlin

links unten:
Stolze Systemmonteure nach getaner Arbeit

Rechte Spalte:
Dom aus einer Dreiviertelkugel
Kombinierte Viertelkuppeln mit einer Tonne dazwischen
Knoten für geodätische Kuppeln von Außen und von Innen
Fotos: Colin Steiner, Berlin, 27. Juli 2007



Linke Spalte:
Treppenanlage als Wasserkaskade im Rahmen der Expo 2000 auf der Halbinsel Stralau, Berlin, 2000 (Fotos: 10. September 2000, 13:52 Uhr und 14. Oktober 2000, 17:01 Uhr)

Dachkonstruktion im Nationalmuseum, Rom, 2003
http://www.system180.com/media/img/projekte/daecher/GNAM_Roma/GNAM04.jpg (10. Juli 2007)
http://www.system180.com/media/img/projekte/daecher/GNAM_Roma/GNAM07.jpg (10. Juli 2007)
GNAM Roma, http://www.system180.com/media/img/projekte/daecher/GNAM_Roma/GNAM09.jpg (10. Juli 2007)



Kraftrichtungsexzentrizitäten. Die Abplattung der Rohrenden und das Zusammenschrauben zweier Stäbe ergeben eine Verbindung, die in einer Richtung weich, in der anderen aber durchaus steif auf Momente, die im Knoten auftreten reagiert.¹⁶

Ein weiterer großer Vorteil des »System 180« liegt in der freien Wahl der Diagonalstäbe in einem Winkel von 20 bis 70 Grad. Inzwischen gibt es Berechnungsprogramme, die Länge und Winkel von Stäben selbstständig errechnen, je nach Eingabe der Systemkonfiguration. Dadurch können in diesem System problemlos unregelmäßige und polygonale Konstruktionen hergestellt werden.¹⁷

»System 180« wird nach einem festgelegten Prinzip aufgebaut. Nur durch die Einhaltung dieses Prinzips wird gewährleistet, dass alle Elemente zusammenpassen, sich das Bauwerk selbstständig ausrichtet und eine spätere Erweiterung oder ein Ausbau reibungslos klappt.¹⁸

Grundlage des Systems ist das entwickelte Systemmaß von 180 Millimetern. Hierdurch lassen sich unendliche Kombinationen in Höhe und Breite zusammenstellen. Der »kleinste gemeinsame Nenner« von ursprünglich 180 und jetzt erweitert auf 90 mm, ermöglicht eine systematische Planung und Umsetzung von Systemkonstruktionen.¹⁹ Aufgrund der modularen Ordnung des Systems wurde das System Steiner in »System 180« umbenannt. Es entstand eine Normung der Rohre auf einen Außendurchmesser von 28 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm für den Innenausbau und 20 mm Durchmesser bei einer Wandstärke von 1 mm für Möbel.

Aufgrund komplizierter Berechnungen für die Diagonalstäbe wurde ein festes Maß von 180 mm und ein Vielfaches davon festgelegt. 180 mm ist eine optimale Treppensteighöhe, 360 mm lange Stäbe eignen sich gut für Regale in Ordnerhöhe, 720 mm lange Stäbe ergeben eine ideale Tischhöhe und Stäbe in 900 mm und 1080 mm ergeben Geländerhöhe.²⁰

Materialien

»System 180« ist lieferbar in verzinktem Stahl oder Edelstahl. Die Verzinkung schützt das Material im Innbereich vor Korrosion. Für intensiv genutzte Bereiche wie Arbeitsplätze oder Küchen wird jedoch der Einsatz von Edelstahl empfohlen, da sich die verzinkte Oberfläche auf Dauer abnutzt und ermattet. Die Rohre aus Edelstahl sind absolut korrosionsfrei. Selbst bei inten-

¹⁶ Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 76 / 77
¹⁷ Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 82
¹⁸ Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 80
¹⁹ <http://www.system180.com/deutsch/system180/prinzip/systemmaas180> (12. Juli 2007)
²⁰ Jürg Steiner (Hg.): Museumstechnik, Berlin 2003, S. 78

sivster Nutzung bleibt die Oberflächenqualität erhalten.²¹

Stäbe

›System 180‹ verwendet hauptsächlich Stäbe mit flachgedrückten Stabenden.²² Der Fertigungsprozess ist schneller als Sägen oder Profilieren und erübrigt die Ausbildung räumlicher Verschneidungskurven. Mit flachgedrückten Stabenden lassen sich Knotenpunktverbindungen wirtschaftlich konstruieren. Die Verwendung von Hohlmaterialien ermöglicht einen stetigen Querschnittswechsel.²³ Weiter wurde bei Bauteilen älterer Stahlkonstruktionen mit flachgedrückten Enden, die zu Untersuchungszwecken entnommen wurden, nie Innenkorrosion beobachtet, so dass ein Dichtschweißen der Profilenden offensichtlich nicht nötig ist.²⁴

Knoten

Die Stabilität basiert auf dem Verbindungsknoten, der technischen Grundidee des Systems. ›System 180‹ besteht je nach Größe der Konstruktion aus unterschiedlich vielen einzelnen Knoten. Als Knoten bezeichnen wir den Punkt, in dem sich die verschiedenen Stäbe vereinigen. Im Normalfall treffen an einem Knoten eine Diagonale, vier Geraden, ein Mutterstab und Noppenscheiben zusammen, die mit einer Schraube zusammen gehalten werden.

An den Rändern und Ecken eines Regals werden die fehlenden Rohre durch Noppenscheiben ersetzt. Das Ersetzen der Rohre durch Noppenscheiben ist Teil des Systems, da ansonsten die Geometrie des Bauteils nicht mehr stimmt und die Einlegeböden nicht passen.



diese Seite:

Villa Bertha, Rouen (Frankreich) 2004
Foto: Jean Baptiste Trystram

Einhausung eines Swimming Pools
Fotos: José Ignacio Rodríguez-Díaz 2004

Treppe in der Kärntener Straße 23, Berlin-Schöneberg, 2003

gegenüberliegende Seite:

Katholische Hochschule Limburg, Hasselt (Belgien) 2003. Innenausbau einer Kapelle mit Besprechungsräumen für Dozenten
Fotos: Ole Griep

Home Store Madrid, 2003
Fotos: Francesco Coccia

Style Park in Residence, Köln: virtuell vergrößert sich eine Vierteltonne in alle Richtungen.
Foto 16. November 2006, 20:56 Uhr

Vordach in der Kärntener Straße 23, Berlin-Schöneberg, 2003



²¹ <http://www.system180.com/deutsch/system180/prinzip/materialien> (12. Juli 2007)
²² Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 65
²³ Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 65
²⁴ Friedrich Grimm: Konstruieren mit Hohlprofilen, Berlin 2003, S. 21

»System 180« - Produktpalette

Das »System 180« ist in die vier Produktbereiche SystemUnits, SystemCube, SystemModule und SystemTexture gegliedert. Die vier Bereiche haben jeweils ein eigenes Logo, basieren aber auf dem gleichen Schema.²⁵

SystemUnits

Units sind fertige Möbel, die als »Cash&Carry«-Produkte verkauft werden. Die Konstruktionen sind teilweise Sonderkonstruktionen, teilweise basieren sie auf dem Raster 180 GmbH, wären theoretisch erweiterbar, was aber bei Units keine Rolle spielen soll. Sie sollen als geschlossene Einheiten – »Units« eben – kommuniziert werden. SystemUnits sollten dem Kunden eher sinnlich und emotional vermittelt werden. Da die Units fertige Produkte sind, stehen Designbewusstsein und Lebensgefühl im Vordergrund, statt Variabilität.²⁶

SystemModule

SystemModule ist das »Profi-System«. Es basiert auf dem Größenraster 180 mm und bietet mit seinen 56 verschiedenen Modulen – abgesehen von Sonderkonstruktionen – die größte Vielfalt an Möglichkeiten. Das SystemModule wendet sich an eine eher technisch interessierte Gruppe von Menschen, die sich an Funktionalität und Design erfreuen. Sie sind an technischen Informationen und Darstellung von Details interessiert. Sie bringen die Geduld für eine Konfiguration auf, da sie es als Möglichkeit sehen, ihren eigenen Entwurf zu verwirklichen.²⁷

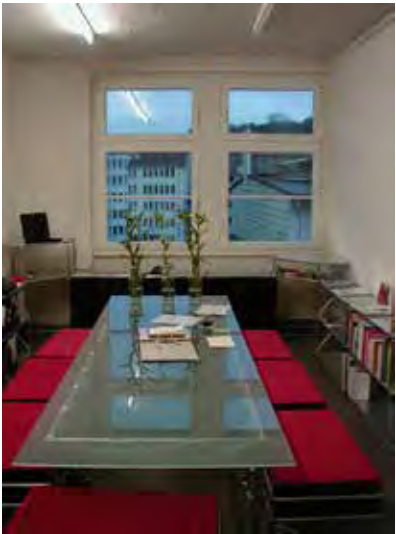
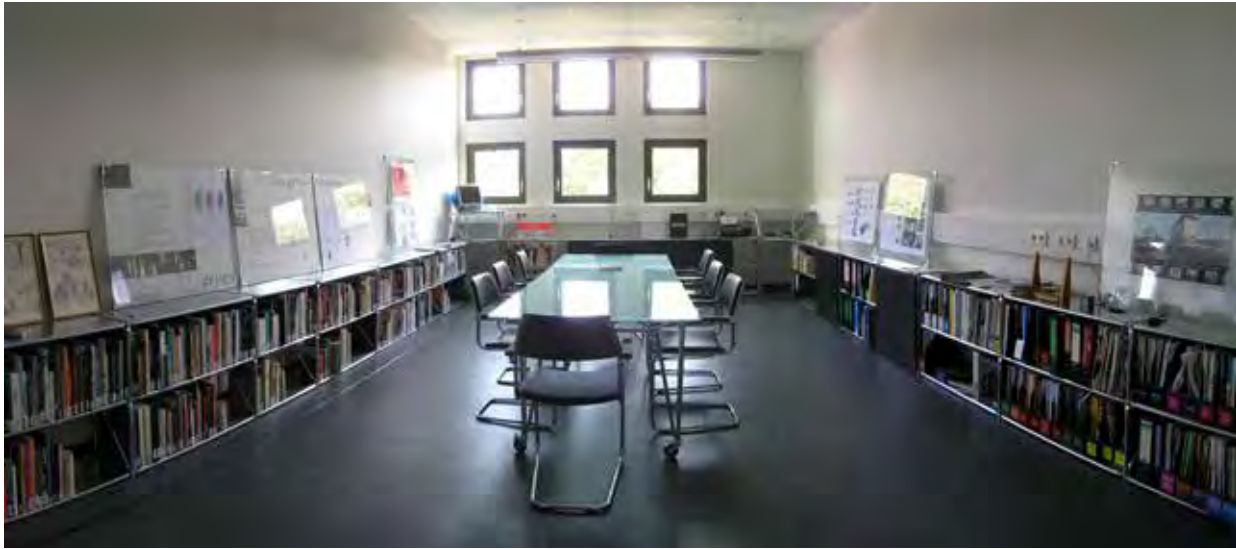
SystemCube

Das Bücherregalsystem SystemCube ist eine abgespeckte Version des System-Module. Es ist besonders einfach zu konfigurieren, da es Module nur in einer Größe gibt – die »Cubes«. SystemCube ist ein Einstegersystem. Es soll animieren, selbst Möbel zu konfigurieren, ohne durch ein Überangebot zu überfordern. Es ist der leichte Einstieg für Leute, die zögern, ob sie Zeit und Aufwand in die Konfiguration investieren sollen, um ein passendes Produkt zu erhalten. System-Cube steht für diese Einfachheit, die trotzdem zu einem individuellen Ergebnis führt.²⁸

SystemTexture

In der SystemTexture vereinigen sich alle Großprojekte, wie Kuppeln, Dächer,

25 <http://www.system180.com/deutsch/system180/produkte> (10. Juli 2007)
26 <http://www.system180.com/deutsch/system180/produkte> (10. Juli 2007)
27 <http://www.system180.com/deutsch/system180/produkte> (10. Juli 2007)
28 <http://www.system180.com/deutsch/system180/produkte> (10. Juli 2007)



Die Produktlinie »SystemModule« (Sideboards und Pentagonecken) gruppiert sich um eine »SystemUnit« (Tisch »Conference«) im Zimmer von Jürg Steiner in der Bergischen Universität Wuppertal (oberes Bild 2006). Die Systemmöbel wurden 2000 für einen kleineren Raum konzipiert und ließen sich nach dem Umzug 2006 problemlos auf den größeren Raum erweitern. Die roten »SystemUnit«-Hocker »Easy« werden in einem Seminarraum verwendet, die jetzigen Stühle (Freischwinger von Mauser aus den 1950er Jahren) passen sich gut in das Ensemble ein.

Schrank aus dem Programm »SystemCube« für Materialien der Museumspädagogik in der Luisenhütte in Balve (Märkischer Kreis), 2006



Natürlich muss die Produktionsstätte der »System 180« GmbH in der Kärntener Straße 21 in Berlin-Schöneberg ein Musterbild von Systemanwendungen sein:

Der Prototyp für eine Schwimmbadüberdachung (oben in dieser Spalte) ist nun lauschiges Plätzchen für die Beschäftigten. Das früher von der Berliner Stadtreinigung als Fuhrhof genutzte Areal mit seinen um einen großen rechteckigen Hof Gebäuden ist bereits der dritte Produktionsort – die vorherigen waren nicht erweiterbar.

Mittlere Spalte:
Andreas Stadler entwarf das große Dach für ein Außenlager als Kombination von Rohren mit einem Außendurchmesser von 48,3 mm für die Hauptkrafttragstäbe und Rohren mit einem Außendurchmesser von 28 mm für die Überbrückung der Felder zur Aufnahme der Dachhaut.
obere 4 Fotos: Colin Steiner, 27. Juli 2007, unteres Foto: 15. Dezember 2005, 11:24 Uhr



Treppen etc. Diese sind Sonderkonstruktionen, die für professionelle Kunden individuell geplant, die benötigten Teile produziert und montiert werden. Dieses Angebot muss als »Haute-Couture« zwar als »hochwertig« präsentiert werden, nicht aber als »edel«. Dies widerstrebt dem industriellen ehrlichen Charakter des »System 180« und würde eine klare visuelle Linie verwischen.²⁹
»System 180« bietet mit seiner Vielzahl an Kombinationen Lösungen sowohl für Solitäre wie für Objekteinrichtungen. Arbeitsbereiche, Empfangstresen, Konferenztische und Regale sprechen eine Formsprache und ergeben in der Synergie mehr als nur die Summe der einzelnen Teile.³⁰ Als Bausystem ist »System 180« vielfältig einsetzbar.

29 <http://www.system180.com/deutsch/system180/produkte> (10. Juli 2007)

30 <http://www.system180.com> (10. Juli 2007)

Die Verwendung des ›System 180‹ im Brauerei-Museum Dortmund

(Architekt: Jürg Steiner, Eröffnung: April 2006)

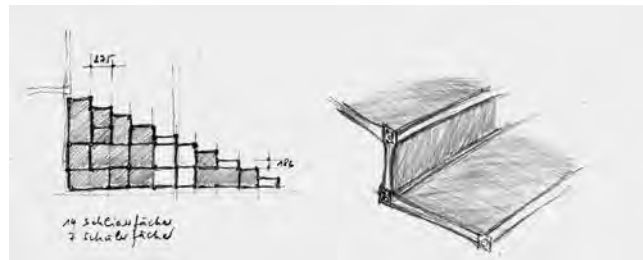
Wie bereits 1990 bei der Umnutzung und Sanierung des Museums am Ostwall in Dortmund, bei der neben einem temporären Vorbau eine doppelt geschwungene Treppe zu entwickeln war, offenbarte sich auch in der Umnutzung von ehemaligen Arbeitsbereichen wie einer Maschinenhalle, des Maschinenhauses und des Durchfahrtsgebäudes auf Seiten der Dortmunder Actien-Brauerei die Innovationsbereitschaft von Dortmunder Unternehmen und Dienststellen, welche das Adaptationsvermögen und die Entwicklungsfähigkeit des ›System 180‹ erkannten und förderten.

In der Eingangshalle entstand ein 8 Meter hohes Schaudepot, hergestellt aus schwarz lackiertem ›System 180‹ -Rohr mit einem Durchmesser von 60,3 mm und einer Wandstärke von 3,25 mm. Der Vorteil des ›System 180‹ besteht dabei in der leicht zu bewerkstelligenden Möglichkeit, Applikationen – in diesem Fall ausragende Laufstege – an jedem beliebigen Knoten montieren zu können. Ausstellungsgut, das thematisch oder wegen des Platzes nicht mehr optimal in die Ausstellung zu integrieren war, empfängt so das Publikum unaufdringlich und stimmt dieses auf die Vielfalt der Relikte aus der industriellen Braukunst ein.

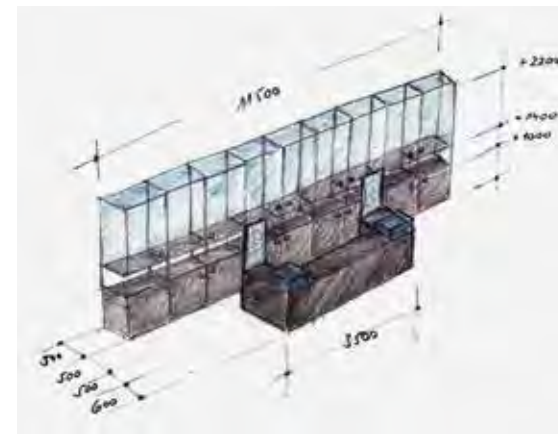
Eine Neuentwicklung ist die bauliche Einheit aus treppenförmig arrangierten Schließfächern, auf denen das Publikum den Ausstellungsrundgang beginnt. Die Schließfächer verfügen über Türen aus mattiertem Glas; speziell geformte Stufen bilden den oberen Abschluss und zeigen die Stärke des ›System 180‹ im Synchronisieren verschiedener Funktionen.

Der Empfangstresen und Museumsshop verbinden sich gestalterisch durch ›System 180‹. Die Wandelbarkeit für künftige Ergänzungen und Umnutzungen verrät das fertig durchgestaltete Konzept nicht, birgt sie aber dank des ›System 180‹ in sich.

Zwischen Maschinenhaus und Maschinenhalle besteht im Untergeschoss eine Höhendifferenz von 0,85 m. Eine weitgehend frei spannende Rampe aus ›System 180‹ ermöglicht die Verbindung auch für Rollstuhlfahrer und für Kinderwagen. Die Besonderheit der Rampe aus Rohr 28/1,5 mm liegt in der Ausformung der beiden Geländer, die als stark belastbare Fachwerkträger fungieren. Dank der biegesteifen Einspannung der Diagonalen am Fußpunkt wird der Druckgurt,



Die 8 m hohe Eingangshalle ist ein gebautes Beispiel von der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von ›System 180‹: die östliche Wand bedeckt das Schauregal, in dem auch die beiden Treppen und Hebebühnen zu den Ausstellungsgeschossen verlaufen. Die Treppe als Überbau einer Schließfächeranlage nutzt die Potenziale des ›System 180‹ im Möbelbau.



Die westliche Wand der Eingangshalle nehmen Kasse und Museumsshop ein – sozusagen Standardprogramm von ›System 180‹.

Im Untergeschoss war ein Höhenversatz von 0,85 m für die bedingungslose Behindertengerechtigkeit des Museums mit einer Rampe zu überbrücken.

der zugleich Handlauf ist, am seitlichen Ausknicken gehindert und kann seine volle Tragfähigkeit zur Aufnahme von Normalkräften zur Anwendung bringen. Die Rampe zeigte auch nach einer Belastungsprobe mit einem tonnenschweren Steinrelief mitsamt Hubwagen und vier Transporteuren unter dem gestrengen Auge des Bauleiters Gerhard Herr keine Anzeichen von dauerhafter Durchbiegung.

Im Brauerei-Museum Dortmund war es 2006 möglich, die derzeitige Bandbreite des ›Systems 180‹ an einem Ort zusammenzufassen. Die Rohrstärken von 60,3 mm für das Schauregal, 28 mm für die Rampe und 20 mm für Shop, Kasse und Schließfachtreppe decken die Felder Hochbau, Innenausbau und Möbel ab. Bei allen drei Rohrdurchmessern ist sowohl die Produktion umweltfreundlich als auch Montage und Statik hervorragend.

Dank

An der Entwicklung des ›System 180‹ haben viele mitgewirkt. Zuvorderst ist allen Bauherren und Auftraggebern zu danken, die bereit waren, auch neue Wege mit uns zu gehen.

In der ersten Hälfte der 1980er Jahre, während der bescheidenen Anfänge, unterstützten mich Christoph Schwarz und Gaby Sehringer. In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre waren es Matthias Broda, Uwe Kolb, Armin Krum, Christian Beck, der verstorbene Schlossermeister Bernd Woitschach und als erste Geschäftsführerin Sybille Fanelsa. Dann kamen Dirk Uptmoor, Francesco Coccia, Andreas Stadler, Valeria Rabuske dazu und haben sich in den inneren Leitungskreis der Firma eingearbeitet. Inzwischen arbeiten 40 Handwerker, Techniker, Designer, Verwaltungskräfte und Auszubildende in der Firma, denen allen hier ganz herzlich für ihre Einsatzbereitschaft und ihre innovative Mitarbeit gedankt sei.

Freunde, die das System unterstützen, gibt es zu viele, um sie alle hier zu nennen, stellvertretend sein hier genannt: Jean-Jacques Gubler und Christian Wanner (Zürich), Brigitte und Ulrich Borsdorf (Düsseldorf), Hans Helmuth Seitz und Rüdiger Proske (Berlin)

Berlin und Wuppertal, Juli 2007 Jürg Steiner



Home Store, Paris, Boulevard de la Madeleine, 2007
Das System 180 ermöglicht in goldener Pulverbeschichtung ein edles, gut nutzbares Ambiente, ohne Wände und Decken anzufassen.

Einer der ersten Dome unter dem stolzen Geschäftsführer Matthias Broda
Foto: 11. Juni 2001, 17:46 Uhr



Entwürfe von Jürg Steiner aus 2003 für die Verwendung des ›System 180‹ bei Bauten für Energie und Energietransport, mit der Maßgabe, Rohstoffe im großen Stil zu sparen und notwendige Eingriffe in das Landschaftsbild zu ästhetisieren.



Ausblick

Mit dem ›System 180‹ ist es gelungen, ein Bausystem am Markt zu etablieren, das vor allem durch einen Vorzug überzeugt: Das System hat keinen eigentlichen Knoten, obgleich optisch die Stäbe in einem Knoten ähnlichen Gebilde zusammenlaufen. Alle Stäbe bringen einen Teil des Knotens mit, die Zusammensetzung mehrerer Stäbe formuliert dann den virtuellen Knoten, den je nach Konfiguration Unterlegscheiben komplettieren. Durch entsprechende Biegung der flachen Stabenden oder Verdrehung derselben gegeneinander in der Stabachse sind dem Formenkanon praktisch keine Grenzen gestellt.

Exzentrizitäten, die durch das Aufeinanderschichten einzelner Stabenden im Verbindungsbereich entstehen, können ich fast allen Fällen durch geschickte Anordnung der Kraftlinien oder durch Knoten bildende Platten im unkritischen Bereich gehalten werden.

Dieses einmalige Grundprinzip bedingt auch eine einfache Fertigung, die lediglich kalte Umformung ohne jegliche Emission beinhaltet, also ein Dreiklang aus Rohmaterial, Energie und menschlicher Arbeitsleistung bildet.

Jede einmal gebaute Form kann unterschiedlichen Inhalten zugeordnet werden – *function follows form* – jede Kombination aus Stäben wird so zu einem *ready made*

Heute erleben Bausysteme eine Renaissance. Die Möglichkeit, mit modularen Systemen auf die wechselnden Anforderungen in der Gebäudenutzung ohne viel Energieaufwand reagieren zu können, erhöht die Gebäudelebenszeit. Der gezielte Einsatz von Verbundmaterialien und die Verwendung einzelner, austauschbarer Elemente, die bei einem Abbruch des Gebäudes schnell wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden können, trägt zur Ressourcenschonung bei. Nicht zuletzt erlauben neue technologische Fertigungsverfahren eine Kostenreduzierung und kürzere Bauzeiten. Die vorangegangenen Beispiele belegen die Anwendbarkeit und den Nutzen von Bausystemen für eine moderne und nachhaltige Architektur.¹¹³

Es war die Absicht, an den verschiedenen konkreten Projekten und theoretischen Darstellungen im Detail und im Ganzen den Einfluss der Industrialisierung auf die Konzepte des Bauens erkennbar zu machen. Die Bauindustrie und das Baugewerbe bedingen den Fachmann, der in Beherrschung der zur Verfügung stehenden Mittel imstande ist, den Forderungen des Baubedarfs zu entsprechen. Fundamentale Prinzipien, die lange Zeit grundlegende Voraussetzungen baulichen Denkens waren, verlieren nun durch völlig neue Ursachen und Einflüsse ihre ursprünglich dominierende Bedeutung – sie werden durch etwas gänzlich anderes ersetzt. Da es sich bei den genannten Entwicklungen nicht lediglich um technische Verbesserungsmethoden handelt, sondern um Entwicklungen von Technologien, erfordern diese von vornherein, alle Zusammenhänge auf ihre Werte neu zu untersuchen.¹¹⁴ Der Baustoff, seine Formen und Gefüge und die daraus konzipierte große Bauidee ist nicht mehr Sache und allein abhängig von Talent und Geschicklichkeit des Meisters, sondern wird lange vorher in den Teams aus Wissenschaftlern und Technikern im industriellen Prozess entwickelt und vorbestimmt.¹¹⁵

113 <http://www.arcguide.de/usm/html/artikel1-00.html> (12. Juli 2007)
114 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 202 ff.
115 Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Dresden 1989, S. 204

Zylindrische Wendeltreppe ohne Mittelstütze, trotzdem ohne inneres Geländer im Gasometer Oberhausen, 1994
Foto: Michael Rasche, Dortmund

