



David P. Billington

Der Turm und die Brücke

Die neue Kunst des Ingenieurbaus

 Ernst & Sohn
A Wiley Brand

Inhaltsverzeichnis

[Geleitwort zur deutschen Ausgabe](#)

[Vorwort](#)

[Kapitel 1: Eine neue Tradition: Kunst im Ingenieurbau](#)

[Eine neue Kunstform](#)

[Die Ideale der *Structural Art*](#)

[Die Geschichte der *Structural Art*](#)

[Ingenieurbau und Wissenschaft](#)

[Bauwerke und Maschinen](#)

[Ingenieurbau und Architektur](#)

[Die drei Dimensionen von Bauwerken](#)

[*Structural Art* und die Gesellschaft](#)

[Teil 1: Das Zeitalter des Eisens](#)

[Kapitel 2: Thomas Telford und die neue Kunstform](#)

[Die zweite Eisenzeit](#)

[Thomas Telford und die Kunst der Brücke](#)

[Telford und die Grenzen des konstruktiv](#)

[Machbaren](#)

[Kunst und Politik](#)

[Telfords Ästhetik](#)

[Wissenschaft und Ingenieurbau](#)

Kapitel 3: Brunel, Stephenson und die Eisenbahn

Das Problem der Form

Robert Stephenson

Isambard Kingdom Brunel

Die Spannung zwischen *Structural Art* und Wirtschaft

Brunel und Stephenson

Kapitel 4: Gustave Eiffel und der Sichelbogen

Ein Turm und eine Ausstellung

Ingenieurbauwerk und Architektur

Gustave Eiffel

Der Crystal Palace von 1851 und die Pariser Weltausstellung 1867

Große Weiten, große Höhen

Die erste Sichelbogenbrücke: Douro

Die zweite Sichelbogenbrücke: Garabit

Kapitel 5: John Roebling und die Hängebrücke

Brunel und Roebling

Immigrant und Ingenieur

Roebling und die Grenzen des konstruktiv Machbaren

Die Ohio River Bridge

Roeblings Ideale

Kapitel 6: Die Brücke und der Turm

Höhepunkt und Aufklärung

Die Funktion folgt der Form

Die Kostenunsicherheit

Wirtschaftlichkeit und Kreativität

Structural Art und der Künstler

Vorläufige Gedanken zu *Structural Art*

Teil 2: Das neue Zeitalter von Stahl und Beton

Kapitel 7: Jenney und Root: Die erste Chicagoer Schule

Bürotürme

Gotik als Nostalgie

Wolkenkratzer und Kathedralen

Die erste Chicagoer Schule

William Le Baron Jenney

John Wellborn Root

Root und Sullivan

Kapitel 8: Große Stahlbrücken von Eads bis Ammann

Wolkenkratzer und Brücken

Chicago gegen St. Louis: Die Eads Bridge

Die Brücke über den Firth of Forth

Der Übergang: Gustav Lindenthal

Die Hell Gate Bridge

Moderne Formen aus Stahl: Othmar Ammann
Die George Washington Bridge
Wissenschaft und Konstruktion
Hell Gate und Bayonne
Zwei Visionen: Ammann und Steinman

Kapitel 9: Robert Maillart und neue Formen in Stahlbeton

Der Werkstoff des 20. Jahrhunderts
Deutsche Wissenschaft, französische Industrie
Die Schweizer Synthese
Robert Maillart
Neue Formen für Brücken
Neue Formen für Gebäude

Kapitel 10: Dachgewölbe und nationale Stile

Die Vorstellungskraft des Ingenieurs und lokale Traditionen
Dischinger, Finsterwalder und die deutsche Schule
Nervi und die italienische Tradition
Die spanische Schule: Gaudí, Torroja und Candela
Candela und die Tugend der Schlankheit

Kapitel 11: Eugène Freyssinets Leitgedanke

Ein neues Material
Eugène Freyssinet

Die Anfänge der Vorspannung in der freien Natur
Le Veudre und die Ästhetik von Bögen
Dünne Gewölbeschalen: Orly und Bagneux
Freyssinet und Maillart

Kapitel 12: Arbeit und Spiel: Neue Betongewölbe

Formen und Formeln
Candela, Maillart und die Aversion gegen die
Hässlichkeit
Die neue schweizerische Synthese
Heinz Islers Schalen
Isler und die wissenschaftliche Theorie

Kapitel 13: Neue Türme, neue Brücken

Wettbewerb und Spiel
Fazlur Khan und die Zweite Chicagoer Schule
Der Ausdruck des Tragwerks in hohen Gebäuden
Türme aus Beton
Türme aus Stahl
Khan und Teamarbeit
Der explosionsartige Ausbau der Fernstraßen
Christian Menn
Vom Felsenauviadukt zur Ganterbrücke
Die Konstruktion der Ganterbrücke
Demokratie und Konstruktion

Epilog: Ingenieurbau als Kunst

Konstruieren und Kunst

Konstrukteure und Künstler

Anmerkungen

Abbildungsverzeichnis

Stichwortverzeichnis

David P. Billington

Der Turm und die Brücke

Prof. David P. Billington
Palo Alto, Kalifornien, USA

Titelbild: Salginatobelbrücke, Schweiz (Foto: Nicolas Janberg,
www.structurae.de)

Titel der Originalausgabe:

„The Tower and the Bridge“

Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA

© 1983 by Basic Books, Inc.

Übersetzung: Dr. Michael Bär

Lektorat: Jens Völker, Nicolas Janberg, Jost Lüddecke

Bibliografische Information der Deutschen
Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Published 2014 by Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für
Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,
Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere
Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne
schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form –
durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren
– reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere
von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache
übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other
languages). No part of this book may be reproduced in any
form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor
transmitted or translated into a machine language without
written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen
oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht

zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin

Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Satz: BELTZ Bad Langensalza GmbH, Bad Langensalza

Print-ISBN: 978-3-433-03077-6

ePDF-ISBN: 978-3-433-60394-9

ePub-ISBN: 978-3-433-60396-3

eMobi-ISBN: 978-3-433-60395-6

O-Book-ISBN: 978-3-433-60393-2

Geleitwort zur deutschen Ausgabe

Das Buch „The Tower and the Bridge“ von David P. Billington ist, obwohl nun schon über 30 Jahre alt, ohne Frage für den am Bauen, insbesondere am Konstruktiven Ingenieurbau Interessierten wichtig, lehrreich und anregend zugleich.

Deshalb soll zuerst dem Verlag Ernst & Sohn dafür gedankt werden, dass er uns mit dieser gelungenen Übersetzung den Zugriff auf diesen anspruchsvollen Text wesentlich erleichtert hat. Hoffentlich finden sich viele Leser, um den Inhalt dieses Buches in Geist und Sinn zu erfassen und mit guten Entwürfen zu beantworten, aber auch, um den Verlag zu belohnen!

Ich bin mit David Billington seit Jahrzehnten befreundet. Insbesondere trafen wir uns häufig – irgendwo zwischen Leningrad, Yokohama, Madrid und Stuttgart – bei den stimulierenden Tagungen der IASS (International Association for Shell and Spatial Structures), weil uns dort der Leichtbau mit Ikonen wie Felix Candela, Frei Otto, Mamoru Kawaguchi, Heinz Isler und vielen anderen zusammenbrachte. Nach dem Erscheinen von „The Tower and the Bridge“ schrieb ich David Billington einen 7-seitigen Kommentar, der manche positivkritische Diskussion auslöste.

Gerne erinnere ich mich auch an unsere lebhaften Diskussionen in der Wettbewerbs-Jury für den Viaduc de Millau (1998) und unsere Auseinandersetzungen mit der französischen Bürokratie. Nicht zuletzt dank David Billington ging der Auftrag für den Entwurf an Michel Virlogeux und nur sekundär an Foster. Schön, dass das hier mal gesagt werden kann.

Nun soll in diesem Geleitwort keine Kurzfassung versucht werden, weil der kompakte Inhalt dieses bedeutenden

Buches in Gänze gelesen werden sollte, um das Entwerfen und Bewerten der eigenen Arbeiten zu stimulieren.

Die Kernaussage dieses Buches ist, dass nicht der Architekt für die Gestalt und der Ingenieur für die Standsicherheit zuständig ist, sondern dass es sich beim Konstruktiven Ingenieurbau um eine neue, eigenständige Kunstform handelt, um *Structural Art*, um Ingenieurbaukunst. Hier ist die kreative Kraft des Ingenieurs gefordert, der vor dem Hintergrund seines statisch-konstruktiven Verständnisses gestaltend tätig wird. Billington entwirft einen Rahmen für diese neue Kunstform, indem er ihre Ideale Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz herausstellt. Damit sind Maßstäbe formuliert, mit deren Hilfe die eigenen Arbeiten reflektiert und die Arbeiten Anderer einer fundierten Kritik unterzogen werden können.

Diese Ideale begründet Billington anhand zahlreicher herausragender Bauwerke, wobei der jeweilige Werkstoff – Gusseisen, Stahlguss, Walzstahl, Profilstahl, Stahlbeton – maßgebender Parameter nach Ort und Zeit ist. Die Beschreibungen und Analysen der Bauwerke sind dabei immer in die lehrreiche und unterhaltsame Biografie des jeweiligen Erbauers eingebettet. So lässt uns Billington die Ingenieure, die uns meist zumindest vom Namen her bekannt sind, noch vertrauter werden. Das Buch beginnt mit Darbys Brücke über den Severn bei Coalbrookdale (Gusseisen, 1779) und endet bei Christian Menns Ganterbrücke am Simplon (Spannbeton, 1980). Billington schildert somit einerseits die ersten 200 Jahre Geschichte der *Structural Art* anhand ihrer bedeutendsten Vertreter und Werke. Andererseits stattet er den entwerfenden Ingenieur mit einem Instrumentarium aus, das ihm auf dem Weg zum gelungenen Entwurf eine Richtschnur sein kann.

So ist dieses Buch „Pflichtlektüre“ und Hochgenuss für den „Ingenieurbaukünstler“, bei dessen Bauten der Zusammenhang von Form und Kraftfluss ablesbar ist und

die sich durch die Ideale Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz auszeichnen.

Jörg Schlaich

Berlin, 8. Juli 2013

Vorwort

Der Eiffelturm und die Brooklyn Bridge wurden zu herausragenden Symbolen ihrer Zeit, weil eine breite Öffentlichkeit in ihren Formen den Beginn einer neuen Ära der Technik sah. Ich habe dieses Buch geschrieben, um zu zeigen, dass dieser Turm und diese Brücke nur zwei von zahllosen neueren Ingenieurbauten sind, die eine neue Kunstform repräsentieren, die „*Structural Art*“ oder Kunst des Ingenieurbaus, welche parallel zur Architektur und vollkommen unabhängig von dieser existiert.

Die Gedanken, auf denen dieses Buch aufbaut, entstammen ursprünglich meinen Vorlesungen über Ingenieurbauwerke für fortgeschrittene Architekturstudenten. Gelangweilt von den üblichen Lehrbüchern für Ingenieure zeigten sie mir, was sie unter schönen Bauwerken verstanden, beispielsweise die Brücken des schweizerischen Bauingenieurs Robert Maillart oder die Bauten des katalanischen Architekten Antonio Gaudí. Ab etwa 1962 entwickelte ich für die Architekturstudenten eine Reihe von Diavorträgen über Ingenieurbauten. 1974 kombinierte ich diese Vorträge in Princeton zu einer neuen Lehrveranstaltung für Studenten des Ingenieurwesens, der Architektur und der freien Künste. Das vorliegende Buch entstammt direkt diesen Vorlesungen. Der zentrale Gedanke, dass Ingenieurbauwerke eine eigene Kunstform darstellen könnten, hat jedoch noch einen anderen Ursprung – meine Forschungen über Leben und Werk von Robert Maillart.

Zusammen mit meinem Kollegen Robert Mark organisierte ich 1972 in Princeton eine Konferenz anlässlich des 100. Geburtstags von Robert Maillart. Der schweizerische Brückenbauer Christian Menn, der spanische Planer und Erbauer von dünnen Schalentragwerken Felix Candela und

der Konstrukteur von Wolkenkratzern Fazlur Khan aus Chicago hielten dort denkwürdige Vorträge. Sie alle sprachen über Maillarts Einfluss auf ihre eigenen Werke und die Parallelen zwischen Maillarts Ideen und ihren eigenen. Ganz offensichtlich war die Ästhetik für alle vier ein zentraler Aspekt der Ingenieurplanung, und das Publikum war tief beeindruckt von der Schönheit ihrer fertigen Bauwerke. Für mich war das der erste Hinweis auf eine neue Tradition, die neue Kunst des Ingenieurbaus.

Im Anschluss an diese Konferenz befasste ich mich detaillierter mit Leben und Werk von Robert Maillart. Das erste sichtbare Resultat dieser Forschungsarbeiten erschien 1979: *Robert Maillart's Bridges: The Art of Engineering*. Während der Arbeit an diesem Buch erkannte ich, dass Maillart wirklich ein Künstler in demselben Sinne gewesen war wie beispielsweise Alberto Giacometti oder Le Corbusier. Natürlich war Maillart weder Bildhauer noch Architekt; all seine Arbeiten sind in der zahlendominierten, rationalen Welt des Ingenieurbaus verwurzelt. Und doch schaffte er es, aus dieser trockenen Disziplin heraus Werke von großer Schönheit zu erschaffen, die seine Persönlichkeit widerspiegeln. Bei der Erforschung von Maillart erhielt ich entscheidende Hilfe von Christian Menn, der mir nicht nur Kontakte zu den wichtigen Schweizern vermittelte, sondern mir auch seine eigenen Brücken zeigte und mir ihre Konstruktion erläuterte. Allmählich begann ich, aus den Werken von Maillart und Menn heraus zu verstehen, wie ein Ingenieurbau-Künstler denkt und arbeitet.

Noch ein weiteres Ereignis lenkte meine Aufmerksamkeit auf diese Kunstform. 1978 wohnte ich einem Vortrag von Heinz Isler bei, des schweizerischen Konstrukteurs von dünnen Schalentragsystemen, der atemberaubende Beispiele seiner fertigen Bauwerke zeigte. Zu dieser Zeit arbeitete ich gerade an einer neuen Ausgabe meines Buches *Thin Shell Concrete Structures*. Islers Entwürfe brachten mich dazu,

das Buch zu überdenken und ihm schließlich ein neues Kapitel über Dachkonstruktionen hinzuzufügen, das sich auf seine Schalentragwerke konzentrierte. Er war ein weiterer Ingenieurbau-Künstler auf einer Stufe mit Candela. Vor allem zeigte Isler, wie durch die Verbindung von striktem Ingenieursdenken und spielerischer Kreativität neue Formen entstehen können.

In der Zwischenzeit versuchte ich mit einiger Mühe, eine Biografie von Maillart fertigzustellen, die all diese Gedanken zur *Structural Art* enthalten sollte. Zu meinem Glück kam im Frühjahr 1981 dann Martin Kessler von Basic Books mit dem Vorschlag auf mich zu, ein Buch über diese neue Kunstform zu schreiben. Mein Bruder James H. Billington hatte ihm meine Forschung beschrieben, und schon im Herbst desselben Jahres arbeitete ich intensiv an dem Buch. Nach seiner Fertigstellung war ich mit einem klarer umrissenen Ziel wieder in der Lage, zu der Biografie von Maillart zurückzukehren, in der ich nun nicht mehr all die Gedanken im Detail entwickeln musste, die in dem anderen Buch abgehandelt waren.

Da das Thema *Structural Art* etwas grundlegend Neues ist, scheint es mir sinnvoll, vorab die Kriterien zu erklären, auf denen dieses Buch aufbaut.

Erstens wollte ich die besten Werke des Ingenieurbaus der letzten zwei Jahrhunderte zeigen. Dieser Gedanke hängt mit meinem Wunsch zusammen, eine Vorlesung über *Structural Art* analog zu Vorlesungen über Malerei oder Literatur zu halten, in der ich die herausragendsten Werke der Reihe nach behandle, um so die Evolution der Gestaltungsprinzipien aufzuzeigen. Dabei schien es mir entscheidend zu sein, die Geschichte anhand der Arbeiten ausgewählter Künstler zu beschreiben und nicht einfach alle Ingenieure aufzuzählen, die Beiträge zur modernen Baukunst geliefert haben. Ich glaube, dass es wichtig ist, sich auf die wesentlichen Bauwerke zu konzentrieren,

sowohl als Einführung für Studenten des Bauingenieurwesens als auch als Überblick für Nichtingenieure, genau wie man die Literatur der letzten 200 Jahre anhand der herausragendsten Künstler präsentiert, anstatt alle verdienstvollen Autoren zu berücksichtigen. Die ausgewählten Ingenieurbau-Künstler haben allesamt Pionierarbeit im Ingenieurbau geleistet, sind (mit wenigen Ausnahmen) an ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten ausgebildet und haben ein tiefes Interesse daran, Wirtschaftlichkeit und Eleganz zu verbinden.

Zweitens habe ich mich entschieden, meine Geschichte im späten 18. Jahrhundert zu beginnen, als Gusseisen erstmals zur Realisierung vollständiger Bauwerke eingesetzt wurde. Vor dieser Zeit waren Stein und Holz die wesentlichen Baumaterialien – Materialien, die es schwierig machen, die Konstruktion von der architektonischen Gestaltung zu trennen. Beginnend mit den eisernen Brücken von Thomas Telford entstanden jedoch neue Formen, die neue Prinzipien und eine andere Ausbildung erforderten und zur Entstehung des modernen Ingenieurberufs führten. Aus diesem Grund habe ich keine Bauwerke aufgenommen, die älter als die Iron Bridge von 1779 sind. Wie die andere aus der industriellen Revolution entstandene Kunstform, die Fotografie, brachte auch die Entwicklung des Industrieisens neue künstlerische Ausdrucksformen mit sich. So wie es Künstler wie Charles Sheeler gibt, die sich sowohl mit Malerei als auch mit Fotografie beschäftigten, gibt es auch Künstler wie Felix Candela, die sowohl großartige Ingenieurbauten als auch architektonische Bauwerke hervorbrachten. Wie ich in diesem Buch zu zeigen versuche, ist der Unterschied zwischen beiden jedoch ebenso klar wie der zwischen Fotografie und Malerei. In der Tat kann man sagen, dass die beiden traditionelleren Kunstformen Architektur und Malerei eine Art modernes Trauma aufgrund

der vermuteten Konkurrenz durch die neuen Kunstformen Fotografie und Ingenieurbau-Kunst erlitten.

Mein drittes Kriterium für den Aufbau des Buches war die gegenseitige Unabhängigkeit von *Structural Art* und Architektur. Oft werden Ingenieurbau und Architektur als zwei Seiten einer Medaille angesehen und es wird versucht, beide zu vereinigen. Die Motive hierfür sind verständlich, die Ergebnisse jedoch fragwürdig. Natürlich ist es ebenso wichtig für Ingenieure, etwas über Kunst und Ästhetik zu lernen, wie für Architekten, Konstruktion und Statik zu verstehen. Aber wie ich in diesem Buch zu zeigen versuche, entstehen die schönsten Bauwerke der *Structural Art*, wenn sie von Ingenieuren geplant werden, die im Ingenieurbau ausgebildet sind und nicht in Architektur. Es scheint, dass die besten Bauwerke der *Structural Art* fast ausnahmslos nicht von einer gestalterischen Zusammenarbeit mit Architekten profitiert hätten. Trotz dieser Tatsache haben scharfsinnige Architekten und Architekturautoren die Ingenieurbau-Künstler schnell erkannt und deren Arbeiten häufig schneller als die Ingenieure selbst verbreitet. Mein Hauptziel war es deshalb, diese neue Kunstform zusammenhängend aus der Perspektive des Ingenieurwesens vorzustellen und zu zeigen, dass die im strengen technischen Sinn besten Bauwerke häufig auch die schönsten waren.

Viertens und letztens bin ich der Überzeugung, dass es einen Satz von grundlegenden Idealen der *Structural Art* gibt, die sie von Architektur oder Bildhauerei unterscheiden. Der zentrale Punkt ist dabei die feste Überzeugung aller Ingenieure, die in diesem Buch zu Wort kommen, dass sie bei der Gestaltung ihrer Bauwerke eine große ästhetische Freiheit hatten, ohne dabei technische Zugeständnisse machen zu müssen. Kurz gesagt ist die naive Vorstellung, dass ein auf Effizienz optimiertes Bauwerk automatisch auch schön ist, ebenso falsch wie die moderne Auffassung,

dass ein schönes Bauwerk nur mithilfe eines nichttechnischen Beraters für Ästhetik entstehen kann. Ich versuche, in diesem Buch zu zeigen, dass die besten Ingenieure gewissen allgemeinen Gestaltungsprinzipien folgten, um außergewöhnliche Bauten zu erschaffen, und dass diese allgemeinen Prinzipien es ihnen erlaubten, ihre individuelle und persönliche Vision des Bauwerks zu verwirklichen.

Danksagungen

Während der zwanzig Jahre, in denen ich an diesen Gedanken gearbeitet habe, hat mir niemand mehr geholfen als Norman Sollenberger, der mich zunächst ermutigte, nach Princeton zu gehen und dann als Leiter der Fakultät für Bauingenieurwesen in den Jahren von 1961 bis 1971 meine Forschungen zu Kunst und Ingenieurwesen kontinuierlich unterstützte. Über ihn lernte ich Robert Mark kennen, der zu meinem engsten Kollegen wurde. Wir arbeiteten mehr als zwanzig Jahre lang forschend zusammen und starteten 1968 gemeinsam das Programm *Humanistic Studies in Engineering*. Er stand mir stets mit Rat zur Seite, las das gesamte Manuskript und half mit kritischen Kommentaren. Sowohl Robert Mark als auch ich erhielten Unterstützung von Joseph Elgin, dem damaligen Dekan der Fakultät für Ingenieurwesen und Angewandte Wissenschaft in Princeton; ihm habe ich für seine unschätzbare Unterstützung während des Sommers zu danken. Auch Whitney Oates, Vorsitzender des *Council of the Humanities* in Princeton, und Robert Coheen, damals Präsident der Universität Princeton, waren uns eine große Hilfe, indem sie uns auf das neu gegründete *National Endowment for the Humanities* hinwiesen, wo wir Herbert McArthur trafen, den Leiter der Ausbildungsprogramme, dessen frühe und zuverlässige Unterstützung uns sowohl die benötigte Finanzierung als auch persönliche Ermutigung sicherte. 1970 kam John Abel

(heute an der Cornell University) zu uns nach Princeton und arbeitete an unseren *Humanistic Studies* mit. Auch er ist seither ein vertrauter Kollege; vor allem Kapitel 12 hat sehr von seinen sorgfältigen Kommentaren profitiert.

Der Vorschlag zur Einführung der neuen Vorlesung *Structures and the Urban Environment*, auf der dieses Buch beruht, geht auf Ahmet Cakmak zurück, von 1971 bis 1980 Leiter des Bauingenieurwesens in Princeton; er unterstützte diese Vorlesung und hielt sie sieben Jahre lang gemeinsam mit mir. Auch Robert Scanlan hielt Teile dieser Vorlesung und hat mir bei den Abschnitten über Hängebrücken sehr geholfen; er brachte mir Roeblings Bericht über die Cincinnati Bridge zur Kenntnis, auf dem Kapitel 5 aufbaut. Der gegenwärtige Leiter unserer Fakultät, George Pinder, ermutigte unsere Arbeit ebenfalls und unterstützte uns.

Die finanzielle Unterstützung dieses Buches kam vor allem von der Abteilung Forschungsprogramme des *National Endowment for the Humanities* unter der Leitung von Harold Cannon sowie von dem Programm für Wissenschaftsgeschichte und -philosophie der *National Science Foundation* unter der Leitung von Ronald Overmann. Robert Mark und ich erhielten Zuschüsse von der *National Endowment for the Humanities*, der *Ford-Stiftung*, der *Rockefeller-Stiftung*, der *Andrew W. Mellon Foundation* und der *Alfred P. Sloan Foundation*, die alle die Untersuchungen förderten, die zu diesem Buch führten. Besonders hilfreich für die Aussage des Buches waren zwei Zuschüsse von der *National Endowment of the Arts* und vor allem die Ermutigung durch Thomas Cain. Meine Studien in der Schweiz wurden durch Zuschüsse von der ETH Zürich (vermittelt von Christian Menn) und des Vereins schweizerischer Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten ermöglicht, deren Direktor Hans Eichenberger uns eine große Hilfe war. Weiter unterstützten die Firma Ciba-Geigy und die *Swiss Center Foundation* (vermittelt von Charles

Ziegler) sowohl die Ausstellung „*Heinz Isler as Structural Artist*“ im *Princeton University Art Museum* als auch das Maillart-Archiv in Princeton. Großen Dank schulde ich den Leitern des *Princeton University Art Museum*, die an einer Reihe von Ausstellungen mitgewirkt haben, die den Ingenieurbau als Kunst präsentierten: David Steadman, Peter Bunnell, Fred Licht und Alan Rosenbaum. Marshall Claggett gebührt ein besonderer Dank, weil er mir ermöglichte, 1974 und 1977 als Gast am *Institute for Advanced Study* in Princeton zu arbeiten.

Im Herbst 1969 lernte ich Donald Egbert kennen, damals Professor für Geschichte der Architektur in Princeton, der meine ersten Notizen zum Thema Ingenieurbau als Kunstform kritisch las. Auf seine unschätzbare Hilfe folgten zahlreiche Diskussionen mit anderen Historikern, vor allem Carl Condit, George Collins und Edwin Layton, deren Einsichten dieses Buch stark beeinflusst haben. Merritt Roe Smith war so freundlich, große Teile des Manuskripts zu lesen und mich mit Rat zu unterstützen. Weitere Historiker, die eine große Hilfe waren, sind Tom Peters, Brooke Hindle, Ted Ruddock, Roland Paxton, Robert Vogel und Neal FitzSimons. Mein Bruder James H. Billington hat mich nicht nur direkt unterstützt und ermutigt, sondern war ein Muster an historischer Gelehrsamkeit. Ohne seine anfänglichen Bemühungen wäre dieses Buch nie begonnen worden und seine sorgfältige Durchsicht des ersten Kapitels verbesserte die Endfassung sehr.

Ich habe einer großen Zahl von Ingenieuren zu danken, deren Gedanken über den Ingenieurbau meinen Text sehr beeinflusst haben. Ich kann sie unmöglich alle aufführen, hebe aber gerne Arthur Elliott, Jack Christiansen, Louis Pierce, Fred Law, Mario Salvadori, Boris Bresler, Stefan Medwadowski, Fred Lehman, Charles Seim, Mark Fintel und auch Fritz Leonhardt heraus, der seine Ansichten über Ästhetik in einem anregenden Schriftwechsel freigiebig mit

mir teilte. Alexander Scordelis hat meine Arbeiten im Lauf der letzten beiden Jahrzehnte durch seine sorgfältige Kritik und seine herzliche Förderung stark beeinflusst. Vor allen anderen hat Anton Tedesko mein statisch-konstruktives Verständnis vertieft und das gesamte Manuskript sorgfältig gelesen.

All das wäre ohne mein langfristiges Studium von Robert Maillart nicht möglich gewesen, das auf das Jahr 1969 zurückgeht. Hierfür war Marie-Claire Blumer-Maillart meine wichtigste Kollegin und Unterstützerin. Unsere enge professionelle Beziehung war gleichermaßen fachlich anregend wie persönlich bereichernd. Auf sie geht das erhellende Licht auf Maillarts Persönlichkeit und seine Ideen zurück, die dieses Buch geprägt haben; ihre Offenheit und ihre kritischen Kommentare waren entscheidend für den möglichen Erfolg dieses Buches. Ihr verstorbener Mann Eduard Blumer arbeitete unermüdlich für das Maillart-Archiv und betrieb diese Forschungen systematisch und humorvoll.

Abgesehen von den Untersuchungen zu Maillart war es der direkte persönliche Kontakt zu einigen Ingenieurbau-Künstlern, der mir den Mut gab, dieses Buch zu schreiben. Christian Menn, Heinz Isler, Felix Candela und Fazlur Khan hielten in Princeton brillante Vorträge, sprachen ausführlich über ihre eigenen Arbeiten und teilten ihre Gedanken zum Entwerfen mit mir. Viele andere Planer haben mein Verständnis der Prinzipien der *Structural Art* verbessert. Besonders wichtig waren zahlreiche lange Diskussionen mit Myron Goldsmith, der freundlicherweise auch einige Teile dieses Manuskripts las. William F. Shellman vom Institut für Architektur in Princeton leitete meine frühen Recherchen zu Architektur und Kunst an. Sein tiefes Verständnis beeinflusst stets meine Versuche, über die *Structural Art* nachzudenken.

Während der Arbeiten an diesem Buch wurde ich von einer Reihe engagierter Assistenten unterstützt, vor allem von Paul Gauvreau, der mich über den gesamten Verlauf der

Arbeit begleitete, sowie Brenda Robinson, Lisa Grebner, Jane Billington und David P. Billington, Jr. Elizabeth Billington redigierte das gesamte Manuskript sorgfältig, erstellte das Register und half bei vielen Recherchen. Ich möchte den Archivaren an der ETH Zürich, Alvin E. Jaeggli und Beat Glaus, für ihre unablässige Unterstützung ebenso danken wie dem Bibliothekar der Ingenieurwissenschaften in Princeton, Dee Hoelle. Ich bin sehr dankbar für die andauernde Geduld und die Kompetenz meiner Sekretärin Anne Chase, die mich organisiert und Teile des Manuskripts getippt hat. Ich danke Jeanne Carlucci für das Tippen eines großen Teils des Manuskripts. Besonders möchte ich J. Wayman Williams danken, einem Ingenieur und Fotografen, mit dem ich bei der Erstellung von Ausstellungen für das Kunstmuseum, Materialien für Vorlesungen und Fotos für dieses Buch eng zusammengearbeitet habe. Weiterhin danke ich dem Team bei Basic Books, vor allem Martin Kessler, der nicht nur den ersten Anstoß zu dem Buch gab, sondern auch mit Rat und Tat zur Stelle war und das Manuskript kritisch prüfte, Sheila Friedling, die das Manuskript durch sorgfältiges und einfühlsames Redigieren wesentlich verbesserte, und Vincent Torre, der das Buch mit großer Sensibilität und Geschick gestaltete.

Schließlich gebührt meiner Frau Phyllis die letzte und höchste Anerkennung dafür, dass sie mir Unterstützung und Verständnis entgegen brachte, während ich schrieb, reiste und forschte; auch meine drei jüngsten Kinder Philip, Stephen und Sarah haben zur einen oder anderen Zeit mitgeholfen und als Maßstab bei der fotografischen und visuellen Suche nach *Structural Art* gedient.

David P. Billington

Princeton, New Jersey
29. April 1983

Kapitel 1

Eine neue Tradition: Kunst im Ingenieurbau

Eine neue Kunstform

Während die Automatisierung rasant voranschreitet, verfallen unsere Straßen, Brücken und städtischen Bauwerke. Unsere Kinder steuern Computer, während die Erwachsenen sich zwischen Schlaglöchern hindurch schlängeln. Je kühnere Fortschritte die Hochtechnologie erzielt, desto trauriger sieht es mit der bodenständigen Infrastruktur für die Wasserversorgung, den Verkehr oder das Wohnen aus. Zivilisation basiert aber auf Bauwerken, und wenn diese zerfallen, zerfällt trotz aller Hochtechnologie auch unsere Gesellschaft. Wir vergessen gerne, dass Technik gleichermaßen Bauwerke wie Maschinen umfasst und dass Bauwerke ebenso unseren Alltag symbolisieren wie Maschinen unsere private Freiheit. Viel zu oft wird Technik mit Maschinen und Geräten gleichgesetzt – den Werkzeugen, die uns Arbeit abnehmen, unsere Kraft vervielfachen und unsere Mobilität erhöhen. In Wirklichkeit sind die Maschinen aber nur die eine – dynamische – Hälfte der Technik, die notwendig um die zweite – statische – Hälfte ergänzt werden muss: Bauwerke, die uns mit Wasser versorgen, den Verkehr fließen lassen oder in denen wir wohnen können.

Dieses Buch ist der Vorstellung gewidmet, dass Bauwerke, die vergessene Hälfte der modernen Technik, ein Schlüssel für den Aufschwung des öffentlichen Lebens sind. Der

renommierte Historiker Raymond Sontag nannte sein Buch über die Zeit zwischen den beiden Weltkriegen *A Broken World* und charakterisierte die beständigen Hoffnungen dieser Zeit in seinem Schlüsselkapitel *The Artist in a Broken World* als „Vision, die gebrochene Welt durch die Einheit von Kunst und Technik zu heilen“. Dabei dachte er an Strömungen wie das vom Unglück verfolgte deutsche Bauhaus, aber er übersah wie alle anderen Historiker die Tatsache, dass eine derartige Einheit bereits lange Zeit existiert hatte. Es war eine Tradition ohne Namen, oft mit Architektur, manchmal auch mit angewandter Wissenschaft verwechselt, gelegentlich sogar fälschlich als *Machine Art* bezeichnet. Es ist die Kunst des Bauingenieurs, die sich am deutlichsten in Brücken, hohen Gebäuden und weitgespannten Dächern manifestiert.

Diese neue Tradition entstand mit der industriellen Revolution und ihrem Material, dem Industrieisen, das wiederum neue Annehmlichkeiten wie beispielsweise die Eisenbahn mit sich brachte. Diese Ereignisse führten direkt zur Entstehung einer neuen Berufsgruppe, die des modernen Ingenieurs, ausgebildet an speziellen Hochschulen, die wiederum eine Reaktion auf die Anforderungen der industriellen Revolution waren.

Diese Entwicklungen sind wohlbekannt und nahezu jedermann wird zustimmen, dass sie die westliche Zivilisation im Verlauf der vergangenen zweihundert Jahre radikal verändert haben. Weniger bekannt ist, dass diese Entwicklungen auch eine neue Kunstform hervorbrachten – ein Werk der Ingenieure und ihrer Vorstellungskraft. Mein Ziel ist in diesem Buch vor allem, diese neue Kunstform zu definieren und zu zeigen, dass manche Ingenieure diese Kunst seit dem späten 18. Jahrhundert bewusst praktizierten, dass sie parallel zur Architektur und vollständig unabhängig von dieser existiert und dass viele Ingenieur-Künstler auch in der Welt des späten 20.

Jahrhunderts noch derartige Werke erschaffen. Es ist eine Bewegung, die auf eine Sprache wartet.

Die Ideale der *Structural Art*

Obwohl die *Structural Art* dezidiert modern ist, kann man sie nicht einfach als eine weitere Strömung in der modernen Kunst abtun. Dies einerseits deshalb, weil ihre Ideale sich nur wenig verändert haben, seit sie von Thomas Telford im Jahr 1812 erstmals formuliert wurden. Es ist kein Zufall, dass diese Ideale in Gesellschaften entstanden, die mit den Konsequenzen nicht nur industrieller, sondern auch demokratischer Revolutionen rangen. Die Tradition der *Structural Art* ist demokratisch.

In unserem eigenen Zeitalter, in dem die demokratischen Ideale stetig von den Verlockungen totalitärer Gesellschaften herausgefordert werden – sei es von kommunistischer oder faschistischer Seite –, legen die Arbeiten der *Structural Art* Zeugnis ab, dass das Leben immer dann am besten gedeiht, wenn Freiheit und Regeln im Gleichgewicht stehen. Die Regeln der *Structural Art* sind Effizienz und Wirtschaftlichkeit, und ihre Freiheit liegt in den Möglichkeiten, die sie dem Konstrukteur bietet, seinen persönlichen Stil auszudrücken, der aus der bewussten ästhetischen Suche nach Eleganz in seinen Konstruktionen entsteht. Diese drei wegweisenden Ideale der *Structural Art* – Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz –, die ich im Verlauf des Buches erläutern werde, sollen zu Beginn kurz beschrieben werden.

Aufgrund des hohen Preises des neuen Industrieisens mussten die Ingenieure des 19. Jahrhunderts Wege finden, es so effizient wie möglich einzusetzen. Beispielsweise mussten sie für ihre Brücken Konstruktionen ersinnen, die

bei minimalem Verbrauch an Metall größere Lasten – Lokomotiven – als jemals zuvor tragen konnten. Schon seit dem Beginn der neuen Eisenzeit war daher die erste Anforderung an die Ingenieure, so wenig natürliche Ressourcen wie möglich zu nutzen. Gleichzeitig sollten sie immer größere und längere Bauwerke erschaffen – längere Brücken, höhere Türme und noch weiter gespannte Dächer –, und all dies mit geringerem Materialeinsatz. Sie trieben ihre Konstruktionen an die Grenzen, suchten nach neuen Formen, die leicht waren und dies auch zeigten. Sie begannen, das Eisen zu strecken, dann den Stahl und schließlich den Stahlbeton, genau wie die Konstrukteure des Mittelalters den Stein gestreckt hatten, bis sie die Skelette der gotischen Kathedralen erschaffen hatten.

Nach dem Ideal der Erhaltung der natürlichen Ressourcen entstand das Ideal der Erhaltung der öffentlichen Ressourcen. In Großbritannien, dem Zentrum der frühen *Structural Art*, standen öffentliche Bauten stets unter Beobachtung des Parlaments, private Bauwerke dagegen unter Kontrolle von Aktionären oder Unternehmern. Für die Ingenieure bedeutete das, dass sie neben der Zweckmäßigkeit auch immer die Wirtschaftlichkeit im Auge haben mussten. Was die Öffentlichkeit forderte, war stets mehr Nutzen für weniger Geld. Daraus entstand das Ideal der Erhaltung der öffentlichen Ressourcen. Die großartigen Bauwerke, die ich in diesem Buch beschreiben werde, entstanden nur, weil die Baumeister lernten, sie für weniger Geld zu bauen. Des Weiteren war auch die Zusammenarbeit mit führenden Vertretern aus Politik und Wirtschaft ein entscheidender Teil der Arbeit dieser Künstler. Sie erschufen ihre Werke nicht einsam in einem Labor oder Atelier, sondern unter den rigiden wirtschaftlichen Bedingungen der Baustelle.

Interessanterweise gedieh diese Kunst nicht, wenn die öffentliche Hand oder Unternehmer bewusst entschieden,

Bauwerke zu schaffen, bei denen die Kosten zweitrangig waren. Wirtschaftlichkeit war immer eine Voraussetzung für Kreativität in der *Structural Art*. Wieder und wieder werden wir feststellen, dass die besten Konstrukteure unter der Anforderung höchster Wirtschaftlichkeit über sich hinauswuchsen. Manchmal stießen sie auf unvorhergesehene Schwierigkeiten, die zu Kostensteigerungen führten, wenn sie gegen Ende ihrer Laufbahn an die Grenzen ihrer Konstruktionen stießen. Aber ihre Vorstellungen und ihr Stil entwickelten sich immer im Wettbewerb um die geringsten Kosten. Für die *Structural Art* ist Wirtschaftlichkeit nicht Hindernis, sondern Ansporn.

Nun mögen minimaler Materialeinsatz und geringe Kosten notwendig sein, sie reichen aber selbstverständlich nicht aus. Viele hässliche Bauwerke sind die Folge schlichter Planungen, die allzu einfachen Zusammenhängen zwischen Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz folgen. Stattdessen muss ein drittes Ideal hinzukommen, um die finale Gestaltung zu schaffen: die bewusste ästhetische Entscheidung des Ingenieurs. Es ist ein wichtiges Ziel dieses Buches, den Spielraum aufzuzeigen, den Ingenieure haben, um ihren persönlichen Stil auszudrücken, ohne die Ideale der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit zu verletzen. Seit Telfords Essay über Brücken aus dem Jahr 1812 sind sich die Ingenieur-Künstler der ästhetischen Ideale bewusst, die ihre Arbeiten leiten, und schrieben sie auch nieder. Die Tradition der *Structural Art* wurde daher ebenso verbal wie visuell geformt. Die Grundsätze der neuen Kunstform waren demnach Effizienz (geringer Materialeinsatz), Wirtschaftlichkeit (geringe Kosten) und Eleganz (maximale ästhetische Wirkung). Das sind die Grundsätze, die der modernen Zivilisation zu Grunde liegen.

Zivilisation bedarf des bürgerlichen oder städtischen Lebens, und das städtische Leben entwickelt sich in und um Bauwerke: für die Wasserversorgung, den Verkehr und

Wohnungen. Die Qualität des öffentlichen städtischen Lebens bemisst sich daher nach der Qualität öffentlicher Bauwerke, wie z. B. der Aquädukte, Brücken, Türme, Terminals oder Konferenzgebäude: nach der Effizienz ihrer Gestaltung, der Wirtschaftlichkeit ihrer Konstruktion und der Eleganz ihrer Formen. Im besten Fall erfüllen die Bauten ihre Funktionen zuverlässig, kosten die Öffentlichkeit wenig Geld und werden – wenn sie ansprechend gestaltet sind – zu Kunstwerken. Aber leider ist unsere moderne Welt voll mit Bauwerken, die fehlerhaft, kostspielig und überdies unfassbar hässlich sind.

Das muss nicht sein. Wenn die Öffentlichkeit und die Ingenieure die Reichweite und das Potenzial der *Structural Art* erkennen, können die Bauwerke des späten 20. Jahrhunderts effizienter, wirtschaftlicher und eleganter sein als jemals zuvor.

Die Geschichte der *Structural Art*

Ich werde das Potenzial der *Structural Art* anhand ihrer Geschichte erläutern und habe das Buch aus diesem Grund in zwei Teile geteilt, die die beiden wesentlichen geschichtlichen Perioden der *Structural Art* reflektieren. Der erste Teil spürt der Geschichte der *Structural Art* bis zur Vollendung des Eiffelturms nach, dem letzten großen Bauwerk aus Eisen. Der zweite Teil ist dem Einsatz von Stahl und Beton gewidmet und schließt mit einer Reihe von Bauten aus dem späten 20. Jahrhundert. Unsere Reise durch die Geschichte beginnt in Großbritannien gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Wir können hier erkennen, wie die Entstehung neuer Formen direkt mit der Anwendung neuer Materialien als Reaktion auf die von der Industrialisierung aufgeworfenen Transportprobleme zusammenhängt. Die

Verkehrswege – Kanäle, Straßen und Eisenbahnen – beschleunigten die technische Entwicklung und führten zu Urbanisierung und weiteren industriellen Veränderungen. Weil die Städte beengter wurden, wuchsen die Bürogebäude in die Höhe und Bahnhöfe und Brücken mit gewaltigen Ausmaßen wurden wirtschaftlich realisierbar.

Der zweite Abschnitt der *Structural Art* begann in den 1880er Jahren mit dem Sinken der Stahlpreise und der Entwicklung des Stahlbetons. Die Ingenieure begannen schnell, mit diesen neuen Materialien und entsprechenden neuen Formen zu experimentieren, sodass noch vor der Katastrophe von 1914 in einem schwindelerregenden Tempo eine unglaubliche Vielfalt von Gebäuden entstand. Ihre Reife erreichten diese neuen Formen in Stahl und Beton jedoch erst später, als die westliche Zivilisation von wirtschaftlicher Blüte durch Wirtschaftskrise und Inflation vom Ersten in den Zweiten Weltkrieg taumelte. Während dieser Zeit versprachen Bewegungen in Kunst und Architektur Lösungen für den Verfall der Städte, wobei sie jeweils entweder die Gefahren oder die Verheißungen der Technik betonten.

Die bekannteste dieser Bewegungen war das deutsche Bauhaus mit seinem Ziel, „die Versklavung des Menschen durch die Maschine zu verhindern“, indem es Architektur und maschinelle Produktion zusammenführte und den Künstler ebenso von der Kunst um der Kunst willen befreien wollte wie den Geschäftsmann vom Geschäftemachen als Selbstzweck.² In den Worten des Bauhausgründers Walter Gropius sollte der Architekt der Zukunft ein „koordinierender Organisator sein, dessen Aufgabe es ist, alle formalen, technischen, soziologischen und wirtschaftlichen Probleme zu lösen“ und dessen Arbeit von Gebäuden hin zu Straßen, Städten und „schließlich bis zu den weiten Feldern der regionalen und nationalen Planung“ führt.³ Das Bauhaus und andere derartige Bewegungen erkannten die Tradition