Schneider
Widjaja

Entwurfshilfen

für Architekten und Bauingenieure

Faustformeln für die Vorbemessung
Vorbemessungstafeln
Bauwerksaussteifung

2. Auflage

Bauwerk
Beuth

Entwurfshilfen
für Architekten und Bauingenieure

Herausgeber
Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jürgen Schneider
Prof. Dr.-Ing. Eddy Widjaja

Entwurfshilfen

für Architekten und Bauingenieure

Faustformeln für Tragkonstruktionen, Tragfähigkeitstafeln, Bauwerksaussteifung

Mit Beiträgen von
Dr. sc. techn. Rudolf Hess
Prof. Dr.-Ing. Drs. h.c. Jörg Schlaich
Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jürgen Schneider
Prof. Dipl.-Ing. Heinz Volz
Prof. Dr.-Ing. Eddy Widjaja

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Bauwerk

© 2012 Beuth Verlag GmbH
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: info@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronischen Systemen.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden vom Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Druck und Bindung:
Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

ISBN 978-3-410-21716-9

Vorwort zur 2. Auflage

Die nun vorliegende 2. Auflage der „Entwurfshilfen für Architekten und Bauingenieure“ wurde aktualisiert und erheblich erweitert.

Nach wie vor spielt die überschlägliche Ermittlung von Abmessungen der einzelnen Konstruktionsteile eines Bauwerks beim Entwerfen von Tragkonstruktionen eine wichtige Rolle. Hierzu dienen insbesondere die Kapitel „Faustformeln“ und „Vorbemessungstafeln“.

Das Einführungskapitel „Erfinden, Entwerfen, Konstruieren“ wurde von Professor Jörg Schlaich völlig neu bearbeitet.

Wir danken allen Autoren und der Lektorin des Beuth Verlags, Frau Dipl.-Ing. Norma Müller, für die sehr gute Zusammenarbeit.

Berlin, im Juni 2012

Klaus-Jürgen Schneider
Eddy Widjaja

Vorwort zur 1. Auflage

In diesem Buch werden erstmals viele in verschiedenen Veröffentlichungen „verstreute“ Faustformeln zur Vorbemessung von Tragkonstruktionen sowie Tragfähigkeitstafeln für bestimmte Baukonstruktionen zusammenfassend dargestellt. Auch Neuentwicklungen wurden integriert.

Für den Architekten und den Bauingenieur – besonders für den noch nicht so erfahrenen – können Faustformeln und Tragfähigkeitstafeln für den Entwurf von Tragkonstruktionen von erheblichem Nutzen sein. In dieser Veröffentlichung geht es in erster Linie um „normale Konstruktionen“ und nicht um innovative Neuentwicklungen im Sinne des einführenden Beitrags „Erfinden, Entwerfen, Konstruieren“ von Professor Schlaich. Aber gerade für das „Erfinden“ von neuen Konstruktionen sind solide Grundkenntnisse Voraussetzung.

Auch Faustformeln für die Bemessung von Glas, das sich inzwischen in Verbindung mit Metallelementen zu einem wichtigen gestalterischen Konstruktionselement entwickelt hat, sind in diesem Buch enthalten.

Außerdem wurde ein Beitrag über den „neuen Baustoff“ Glas aufgenommen. Dieser enthält sowohl eine Übersicht über verschiedene Glasarten als auch baustoffliche und statisch-konstruktive Informationen.

Neben der Notwendigkeit der Standsicherheit einzelner Konstruktionsteile muss natürlich die Gesamtstabilität des Bauwerks ebenfalls gewährleistet sein. Der Beitrag „Aussteifung von Bauwerken“ gibt hierzu grundlegende Erläuterungen.
Herausgeber und Autoren freuen sich auf konstruktive Kritik und auf Hinweise, welche weiteren Faustformeln bei der neuen Auflage aufgenommen werden könnten. Allen Autoren sei für die konstruktive Mitarbeit gedankt, besonders Herrn Dr.-Ing. Eddy Widjaja für die zusätzliche Durchsicht des Manuskriptes und für konstruktive Hinweise.

Berlin, im Januar 2004

Klaus-Jürgen Schneider

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Entwerfen = Erfinden + Konstruieren* 11
(Prof. Dr.-Ing. Drs. h. c. J. Schlaich)

2 Faustformeln für die Vorbemessung 45
(Prof. Dipl.-Ing. H. Volz / Prof. Dr.-Ing. E. Widjaja, Abschnitt 2.1.9)

2.1 Dächer 45
2.1.1 Lastannahmen G_k, Q_k 45
2.1.2 Dachlatten 45
2.1.3 Windrispen 45
2.1.4 Sparrendach 46
2.1.5 Kehlbalkendach 46
2.1.6 Pfettendach 47
2.1.7 Sprengwerk / Hängewerk 48
2.1.8 Flachdächer 48
2.1.9 Tragwerke im Hallenbau 49

2.2 Geschossdecken 55
2.2.1 Allgemeines 55
2.2.2 Stahlbetonplattendecken (Vollbetondecken) 55
2.2.3 Stahlbeton-Rippendecken 56
2.2.4 Plattenbalkendecke / Π-Platten 56
2.2.5 Kassettendecken / Trägerrost 57
2.2.6 Flach- und Pilzdecken 58
2.2.7 Stahlträger-Verbunddecken 58
2.2.8 Holzbalkendecken 59

2.3 Unterzüge / Überzüge 59
2.3.1 Unterzüge aus Holz (unter Holzbalkendecken) 59
2.3.2 Stahlbetonunterzüge / -überzüge 59
2.3.3 Deckengleicher Unterzug 60

2.4 Stützen 60
2.4.1 Stahlbeton 60
2.4.2 Stahl 60
2.4.3 Holz 60
2.4.4 Planungshilfen für die Querschnitts- und Materialwahl von Geschossstützen . . . 61

Seite

3 Vorbemessungstafeln 63
(Prof. Dipl.-Ing. K.-J. Schneider / Prof. Dr.-Ing. E. Widjaja)

3.1 Mauerwerksbau 64
3.1.1 Tragfähigkeitstafeln für Mauerwerkswände 64
3.1.2 Tafeln für erforderliche Auflast min *F* bei Kellerwänden 81
3.1.3 Tragfähigkeitstafeln für Kellerwände aus bewehrtem Mauerwerk 84

3.2 Holzbau 88
3.2.1 Einfeldbalken aus Nadelholz C24 (S10) für NKL 1 88
3.2.2 Holzbalkendecken für Wohnräume 91
3.2.3 Einfeldträger aus Brettschichtholz 92
3.2.4 Pfettendächer 93
3.2.5 Sparren- und Kehlbalkendächer 95
3.2.6 Holzstützen 97

3.3 Stahlbau 101
3.3.1 Einfeldträger aus Stahl 101
3.3.2 Stahlstützen 112
3.3.3 Stahlrahmen 123

3.4 Stahlverbundbau 128
3.4.1 Vorbemessungstafeln für Stahlverbundträger 128
3.4.2 Stahlverbundstützen 131
3.4.3 Stahlverbundstützen (Varianten zu Abschnitt 3.4.2) 135

3.5 Stahlbetonbau 138
3.5.1 Vorbemessung Stahlbetonplatten und Stahlbetonbalken 138
3.5.2 Stahlbetonstützen 143
3.5.3 Schleuderbetonstützen (z. B. System Rotop) 145

4 Aussteifung von Bauwerken 149
(Prof. Dr.-Ing. E. Widjaja)

4.1 Allgemeines 149

4.2 Grundprinzip der Aussteifung 149

4.3 Anordnung von vertikalen Aussteifungselementen 150
4.3.1 Statisch bestimmtes Aussteifungssystem 150
4.3.2 Statisch unbestimmtes Aussteifungssystem 150

Seite

4.4 Vertikale Aussteifung . . . 151
4.4.1 Vertikale Aussteifungselemente . . . 151
4.4.2 Eingespannte Stützen als vertikale Aussteifung . . . 151
4.4.3 Rahmen als vertikale Aussteifung . . . 152
4.4.4 Fachwerke (Verbände) als vertikale Aussteifung . . . 153
4.4.5 Wandscheiben als vertikale Aussteifung . . . 154

4.5 Horizontale Aussteifung . . . 155
4.5.1 Deckenkonstruktionen als Horizontalaussteifung . . . 155
4.5.2 Fachwerke (Verbände) als Horizontalaussteifung . . . 156
4.5.3 Ringbalken . . . 156

4.6 Beispiel: Aussteifung einer Halle . . . 156
4.6.1 Hallenaussteifung in Längsrichtung . . . 156
4.6.2 Hallenaussteifung in Querrichtung . . . 157

4.7 Aussteifungskerne . . . 158
4.7.1 Bauwerke mit klassischen Aussteifungskernen . . . 158
4.7.2 Tragwerkskerne mit Outriggersystem (Auslegersystem) . . . 160
4.7.3 Röhrentragwerke . . . 161

5 Einführung in den Baustoff Glas . . . 163
(Dr. sc. techn. R. Hess)

5.1 Einleitung . . . 163

5.2 Der Begriff Glas . . . 163

5.3 Glasarten . . . 163
5.3.1 Floatglas . . . 163
5.3.2 Glas extraweiß (Weißglas) . . . 164
5.3.3 Gussglas . . . 164
5.3.4 Vorgespanntes Glas (ESG Einscheibensicherheitsglas) . . . 164
5.3.5 Teilvorgespanntes Glas (TVG) . . . 165
5.3.6 Verbundsicherheitsglas (VSG) . . . 165
5.3.7 Verbundglas . . . 166
5.3.8 Isolierglas . . . 166
5.3.9 Spezialgläser . . . 167

5.4 Kantenbearbeitung von Glas . . . 171
5.4.1 Allgemeines . . . 171
5.4.2 Gebrochene Kante . . . 171
5.4.3 Gesäumte Kante . . . 171
5.4.4 Maßgeschliffene Kante (mit blanken Stellen) . . . 172

Seite

5.4.5 Geschliffene Kante 172
5.4.6 Polierte Kante 172
5.4.7 Kantenbearbeitung von Verbundsicherheitsglas 172

5.5 Festigkeit von Glas 172
5.5.1 Allgemeines 172
5.5.2 Oberflächengröße 173
5.5.3 Belastungsdauer und -geschwindigkeit 173
5.5.4 Reale Festigkeit 174

5.6 Bemessung von Glaskonstruktionen 174
5.6.1 Stand der Technik 174
5.6.2 Tragendes Glas 175
5.6.3 Neuere Bemessungsmethoden 176

5.7 Referenzen und Literaturhinweise 178

6 Bemessungshilfen für Vertikal- und Überkopfverglasungen 179
(Dr. sc. techn. R. Hess)

6.1 Allgemeines 179
6.1.1 Durchbiegungsnachweis 180

6.2 Vertikalverglasungen 180
6.2.1 Einfachverglasung 180
6.2.2 Einfachverglasung aus VSG 185
6.2.3 2-fach Isolierverglasungen aus Einfachverglasungen 186
6.2.4 3-fach Isolierverglasungen aus Einfachverglasungen 188
6.2.5 2-fach Isolierverglasungen aus Verbundsicherheitsglas 188

6.3 Überkopfverglasungen 191
6.3.1 Einfachverglasung 191
6.3.2 Isolierverglasungen 192

6.4 Besonderheit für Isolierverglasung 192

6.5 Glasträger, Glasschwerter und Glasstützen 192

Anhang A – Hinweise zur Lastermittlung 193
Anhang B – Verbindungen, Verankerungen, Verbindungsmittel 194

Stichwortverzeichnis 197

1 Entwerfen = Erfinden + Konstruieren

Ein Exkurs

Der Bauingenieur – einer der letzten Generalisten

Beim Entwerfen von Ingenieurbauten mischen sich naturwissenschaftliche und intuitive Einflüsse unauflösbar. Selbst für unifunktionale Bauaufgaben gibt es unzählige subjektiv gestaltbare Lösungen. So ist das Berufsbild des entwerfenden Bauingenieurs wie wenige andere dadurch gekennzeichnet, dass es technisch-wissenschaftliche und gestalterische Begabungen zugleich anspricht.

Erfinden ist viel mehr als Entdecken. Der Wissenschaftler entdeckt, analysiert und beschreibt „nur", was in der Natur bereits vorhanden ist, der entwerfende Ingenieur aber erfindet, synthetisiert und konstruiert etwas Neues, Erstmaliges. Um aber immer wieder etwas Neues, der jeweiligen individuellen Aufgabe Angepasstes erfinden zu können, muss er zugleich als Wissenschaftler laufend neue Werkstoffe, neue Berechnungsmethoden, neue Fertigungstechniken kennen, erforschen und entwickeln, also die Fähigkeit haben, gleichzeitig sowohl induktiv als auch deduktiv zu denken und zu handeln. Ohne die technisch-wissenschaftliche Komponente, also allein mit Imagination, ist keine Innovation möglich.

Abb. 1.1: *Haus am Weißenhof in Stuttgart*

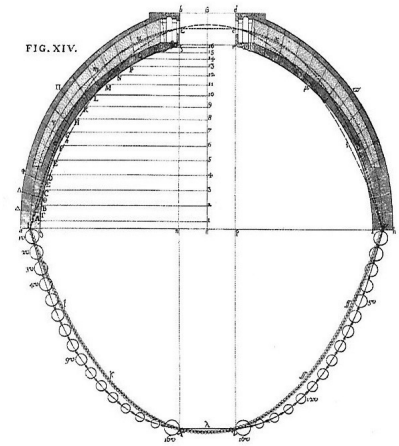
Umgekehrt: Wenn der Architekt Brücken entwirft, kann er nur in Zeitschriften blätternd kopieren und danach dekorieren, was schon da war. Der Ingenieur andererseits degradiert sich ohne die gestalterische Komponente zum Sicherheitsspezialisten, zum Statiker. Er berechnet und bemisst, was ihm vorgegeben wird, ohne in den Entwurfsprozess einzugreifen.

Abb. 1.2: *Ganterbrücke am Simplonpass, CH*

Besonders attraktiv macht diesen Beruf des entwerfenden Bauingenieurs, dass der Einzelne noch etwas bewegen kann. Er folgt einer Einladung zum Entwurf einer Brücke und schaut sich auf einem Spaziergang am Sonntagnachmittag den Ort an. Auf dem Heimweg entstehen bei einer Tasse Kaffee die berühmten Serviettenskizzen – und siehe da, ein paar Jahre später steht sie so da! Der Bauingenieur ist also keineswegs nur ein winziges Zahnrädchen im großen Getriebe sondern einer der letzten Generalisten!

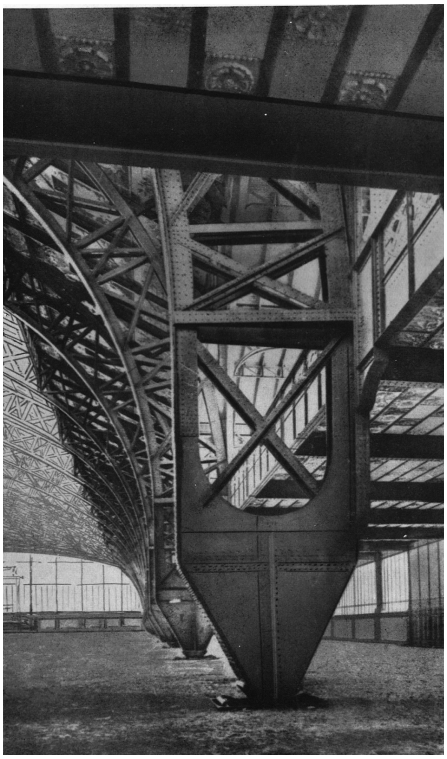
Ingenieur und Architekt

Als es dank der industriellen Revolution gelang, Eisen- bzw. Stahlkonstruktionen mit planmäßiger Geometrie und Festigkeit herzustellen und zu berechnen, gab es statt des bisherigen Allround-Baumeisters fortan zwei bauplanende Berufe: den Architekten und den Ingenieur.



Als Geburtstag des Bauingenieurs im konstruktiven Ingenieurbau gilt das Gutachten von Giovanni Poleni für die Petersdomkuppel in Rom im Jahr 1748. Genau betrachtet war Poleni in diesem Fall aber „nur“ Statiker, denn er analysierte lediglich, was bereits existierte.
Der entwerfende Ingenieur hingegen erfindet – wie gesagt mit Wissen und Fantasie ingeniös konstruierend – praktisch mit jedem Bauwerk etwas völlig Neues, bisher nicht Dagewesenes!

Abb. 1.3: *Petersdomkuppel in Rom*



Mit der großartigen Galérie des Machines für die Weltausstellung in Paris beispielsweise entwickelte Victor Contamin völlig neue, mit allem Bisherigen brechende Formen:

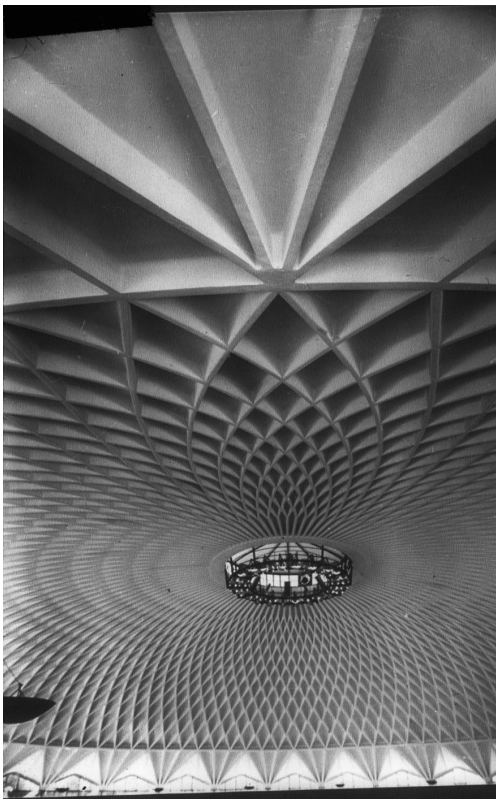
Die Fußgelenke dieser 115 Meter weitgespannten Halle stellen das Denken und bisherige Verständnis der Baumeister auf den Kopf, weil sie den Querschnitt einschnüren, wo die Kräfte am größten sind: am Fuß, knapp über dem Boden, dort wo das Tragwerk doch am dicksten sein müsste, wie uns die Natur das lehrt! Damit war denen, die Bauen ohne Statik gelernt und die höchstens ein Gefühl, aber keine Erfahrung mit Kraftfluss hatten, den Architekten also, der Boden entzogen.

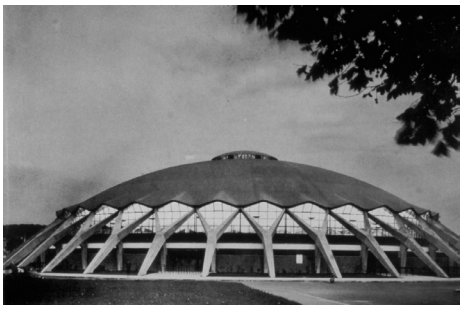
Abb. 1.4: *Galérie des Machines, Paris – Fußgelenke*

Offenbar leidet das Verhältnis zwischen den beiden Berufen teilweise noch heute unter diesem Geburtsfehler. Der Architekt zog sich, weil der aus seiner neuen Kreativität heraus selbstbewusste Ingenieur ihn nicht allein herrschen ließ, schmollend zurück, statt mitzudenken und sich anregen zu lassen. Er griff, die Zeichen der Zeit verkennend, für das Drumherum, an dem der Ingenieur wiederum kein Interesse zeigte, in den Geschichtsbaukasten. So dekorierte er die eleganten, filigranen Bahnhofshallen und Brückenköpfe des Ingenieurs mit kitschig-prunkvollen Fassaden und bombastischen Türmen.

Der Ingenieur dagegen nutzte sein neues Wissen als Machtmittel: „Das macht man eben so, sonst hält es nicht, basta!“, und degradierte sich so zum Statiker, statt sein Wissen in alternativen Entwürfen zu entfalten und gemeinsam mit dem Architekten die ganzheitlich beste Lösung anzustreben.

Müssen wir Ingenieure, um unseren Beitrag zur Baukultur zu markieren, wegen dieses Geburtsfehlers von Ingenieurbauten sprechen? Wollen wir nicht beide, Architekten und Ingenieure, dasselbe, nämlich gute Bauten, bei denen es gleichgültig ist – und meist sinnvoll durch die Aufgabenstellung definiert –, was von wem stammt? Die Baukunst ist unteilbar!





Durch den Stahlbeton verdrehten sich im Laufe der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Rollen „zugunsten“ des Architekten. Mit diesem fließenden Werkstoff konnte er Formen entwerfen, die den Ingenieur hinsichtlich ihrer Berechnung vor unlösbare Probleme stellten. Während sich nämlich der Laie problemlos eine aus Beton gegossene Wohnhausdecke als Alternative zu einer Holzbaudecke vorstellen kann, ist dies für den Ingenieur ein Riesenschritt. Für den Balken genügt statisch das Hebelgesetz, bei der ebenen Platte wird daraus eine partielle Differentialgleichung 4. Ordnung, ganz zu schweigen von der komplexen Mathematik einer gekrümmten, punktgestützten Schale.

Abb. 1.5: *Palazetto dei Sporte, Rom, Ingenieur P. L. Nervi*

In seinem berühmten Buch „Raum, Zeit, Architektur“ (1964) begrüßt Siegfried Giedion den Stahlbeton als den Werkstoff, der die Architektur von ihren Fesseln befreit. Ungegängelt vom Ingenieur kann der Architekt jetzt ungebunden plastische Formen entwerfen. In ihnen fließen die Kräfte – mit dem grenzenlosen, demokratischen Denken des 20. Jahrhunderts korrespondierend – frei in allen Richtungen. „Die Architektur ist (jetzt) voraus und verlangt vom Ingenieur oft mehr, als er erfüllen kann“. Dass die Architekten viel besser mit „ihrem“ Beton umzugehen verstanden als sie selbst, scheint wie ein Schock auf die Ingenieure gewirkt zu haben, von dem sie sich offenbar dank dem Computer inzwischen weitgehend erholten. Nach einem kurzen Aufbäumen, gekennzeichnet durch wunderschön schwebende Stahlbetonschalen von Pier Luigi Nervi, Felix Candela, Heinz Isler und charaktervolle Brücken von Robert Maillart, Christian Menn, Javier Manterola, Ulrich Finsterwalder, Fritz Leonhardt, René Walther, Alfred Pauser und Michel Virlogeux, gaben sie auf. Sie wurden zu liebedienerischen Sklaven der Architekten, die alles hinrechnen, was jenen aus dem 6B-Stift fließt, ohne zu merken, dass ein wirklich souveräner Architekt sich gerne durch eine gute Konstruktion „disziplinieren“ lässt und den Ingenieur als Entwurfspartner sucht.

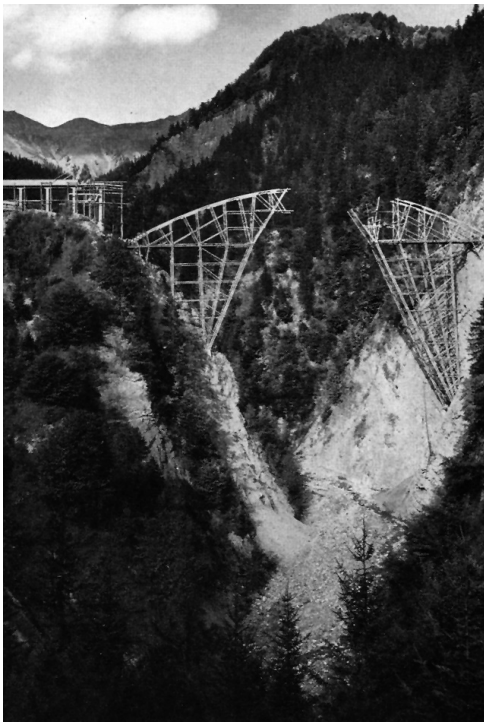


Abb. 1.6 a: *Das kühne Gerüst der Salginatobelbrücke*

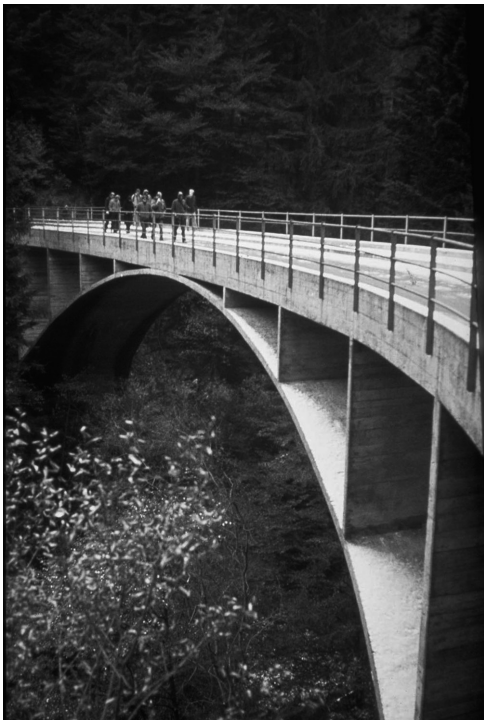


Abb. 1.6 b: *Schwandbachbrücke, in der Kurve*

So gingen Form und Konstruktion, Gestalt und Kraftfluss zunehmend getrennte Wege, obwohl sie zusammengehören, wie die Flüssigkeit und das Gefäß, die Musik und der Takt, der Tanz und der Rhythmus.

Abb. 1.7 a, b: *Dekorierte Brücken; Links: Kitsch, Rechts: Ringelsocken*

Wir haben also ein grundsätzlich falsches Rollenverständnis, wenn wir die Berufsbilder des Architekten und des Bauingenieurs wie üblich so definieren, dass der eine für die Gestalt (und Konstruktion) und der andere für die Statik (und Technik) zuständig ist. Nein, was Architekten und Bauingenieure von ihrem Berufsbild her trennt und was ihre Verantwortungsbereiche absteckt, ist die Aufgabenteilung, die Unterschiedlichkeit „ihrer“ Bauwerke.

Der Architekt formt Objekte, die einen komplexen menschlichen Bedarf unmittelbar befriedigen sollen und deshalb multifunktional sind. Er schafft Räume, die von Menschen benutzt werden. Solange die relativ klein sind, spielen die Lasten hinsichtlich der Formgebung keine große Rolle. Deshalb benötigt der Prototyp architektonischen Bauens, das Wohnhaus, aus statischer Sicht nicht unbedingt den Bauingenieur.

Abb. 1.8: *Sydney Opera House*
Es gibt auch Ausnahmen von der Regel: Eine fragwürdige Konstruktion (die Schalen sind gar keine Schalen) und trotzdem: ein architektonisches Kunstwerk

Der Ingenieur hingegen formt Objekte, die in „nur“ mittelbarem Bezug zum Menschen stehen. Sie dienen meist einem einzelnen, ganz speziellen Zweck, sind relativ groß oder schlank, so dass sich ihre Form oder Gestalt aus der Forderung ableitet, Belastungen zu widerstehen. Die Objekte des Ingenieurs im engeren Sinn sind Tragwerke; das typische Beispiel ist die Brücke, und mit ihr kommt der Ingenieur alleine zurecht, mehr oder weniger gut, und dafür braucht er keinen Architekten.

Wenn das Objekt einen komplexen menschlichen Bedarf befriedigen soll und seine Gestalt zusätzlich durch den Kraftfluss bestimmt wird, braucht es zwingend die Zusammenarbeit von Architekt und Ingenieur, wobei sicher niemand die Reihenfolge Mensch vor Gestalt in Frage stellen und der Ingenieur sich bescheiden wird. Typisches Beispiel ist das Hochhaus. Hier kann die Form entweder vom Ingenieur oder vom Architekten kommen; die Form kann das Tragwerk widerspiegeln – bekanntestes oder auffälligstes Beispiel das John-Hancock-Center in Chicago –, oder die Fassade kann aufgesetzt sein und das Tragwerk verdecken, frühes Beispiel das Plate Glass Building in Pittsburgh oder, aus heutiger Sicht triviales Beispiel, der Messeturm in Frankfurt am Main.

Abb. 1.9 a: *John Hancock-Center, Chicago*

Abb. 1.9 b: *Plate Glass Building, Pittsburgh*

Die großen Dächer gehören auch in diese Kategorie. Als Teil- oder Ganzüberdachung eines Gebäudes ist zunächst der Architekt für sie zuständig, für den Entwurf der Konstruktion braucht es aber, wenn nicht nur Bewährtes wiederholt oder variiert werden soll, den Ingenieur.

Abb. 1.10 a: *Hyparschalendach des Hallenbades Hamburg Sechslingspforte*

Abb. 1.10 b: *Frei tragende Randträger*

Ausgangspunkt sowie Aufgabe von Architekt und Ingenieur sind also verschieden. Jeder hat zunächst seine Aufgabe zu erfüllen: Das Haus muss bewohnbar, die Brücke dauerhaft tragfähig sein. Darüber hinaus aber werden sich beide – jeder bei seinem Objekt, wenn er für seinen Beruf taugt – der guten Gestaltung ihrer Bauwerke verpflichtet fühlen und im Einzelfall selbstkritisch die ergänzende Zusam-

menarbeit suchen, so dass eben nicht ein „Schuppen“ oder ein „Prügel“, sondern gute Architektur oder guter Ingenieurbau entsteht: in beiden Fällen Baukunst. Für die Zusammenarbeit und die natürliche „Rangfolge“ beim jeweiligen Projekt heißt das zunächst, dass beide dieses Rollenverständnis akzeptieren und respektieren sollten und auch dafür qualifiziert sein müssen. Bei einer guten Zusammenarbeit fragt am Ende keiner, was wessen Verdienst ist, sondern es zählt nur die gemeinsam ersonnene und erarbeitete Qualität. Natürlich kann der Bauingenieur innovative Ingenieurbauten und – zusammen mit einem interessierten Architekten – neue Strukturformen im Hochbau nur ersinnen, wenn er die wissenschaftlich-technologischen Grundlagen beherrscht und mit allen Werkstoffen umzugehen versteht. Und umgekehrt kann dies der Architekt eben nun mal nicht, weil er diese Kenntnisse nicht haben kann, ebenso wenig wie ein Ingenieur gelernt hat, einen Grundriss zu entwickeln. Wenn sie es trotzdem tun, werden sie keine individuell-innovative Lösung finden, und das wäre das Ende der Entwicklung.

Abb. 1.11 a: *Hauptbahnhof Berlin*

Abb. 1.11 b: *Hauptbahnhof Berlin: Montage der Bügelbauten*

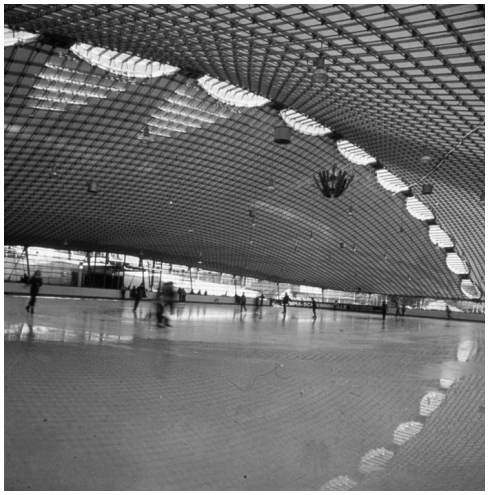


Abb. 1.12 a, b: *Eissporthalle München: Seilnetz mit Membraneindeckung*

Das schlimmste Hindernis für kreative und innovative Entwürfe ist, dass wir heute zu viel Zeit damit verbringen, nichts falsch zu machen, statt gleich das Richtige zu machen, eingedenk des Hegelzitats „… dass diese Furcht zu irren schon der Irrtum selbst ist“. Die Architekten entmündigen sich, indem sie sich mit einer Unzahl von Beratern umgeben, statt selbst zu konstruieren und zu entscheiden. Die Ingenieure, seien sie im Entwurf oder für den Bauherrn tätig, haben sich ein undurchdringliches Regelwerk

geschaffen, das sie nicht mehr verstehen und deshalb nur blind zu erfüllen trachten, um ja nichts falsch zu machen. Da Neues logischerweise nicht geregelt sein kann, ist es so nicht durchsetzbar. Dies ist für ein vom technologischen Fortschritt abhängiges Land tödlich! Die Ingenieure merken oft gar nicht mehr, dass sie damit den schönsten Teil ihres Berufs, das Entwerfen, verspielen und deshalb das Image ihres Berufs und seine Attraktivität für einen kreativen Nachwuchs ruinieren. Wir müssen die Ingenieure an ihre Verantwortung für Baukultur und Natur erinnern und gleichzeitig die Architekten daran, dass die ideale Form eines Tragwerks einen möglichst effizienten Kraftfluss widerspiegelt.

Brückenbau – Baukultur

Die typischen Bauwerke der Infrastruktur und insbesondere die Brücken sind meist relativ groß. Sie beherrschen ihr natürliches oder urbanes Umfeld, können es verderben oder bereichern. Deshalb haben wir Ingenieure eine schwerwiegende doppelte Verantwortung zu tragen, primär natürlich für das reibungslose dauerhafte Funktionieren und die vertretbaren Kosten unserer Werke, zugleich aber auch für deren Gestalt und Zwiesprache mit ihrem Umfeld.

Eine Infrastruktur, sei sie technisch oder funktionell noch so perfekt, wird eben erst durch Kultur zur Zivilisation.

Abb. 1.13: *Eisenbahnbrücke über den Humboldthafen, Berlin*

Der Brückenbau darf und muss deshalb für sich in Anspruch nehmen, was jedem anderen öffentlichen Bau – Museum, Theater, Bahnhof, Krankenhaus, Schule – mit größter Selbstverständlichkeit zugebilligt wird: dass er Teil unserer Baukultur ist und dass deshalb sein Anspruch auf gestalterische Qualität gleichberechtigt neben seiner Funktion und seinen Kosten steht.

Ja, die Baukunst ist unteilbar!

Abb. 1.14: *Eisenbahnbrücken über die Donau in Ingolstadt. Hinten (vor der Straßenbrücke) eine alte Fachwerkbrücke. Vorne eine neue „Wellenbrücke"; die Stege beschreiben den Momentenverlauf.*

Abb. 1.15: *Ingolstadt Donau: Straßenbrücke mit Unterspannung*

Wir dürfen nicht hinnehmen, dass man den Ingenieurbauwerken, also Brücken, Fahrwegen, Häfen, Staudämmen, Wasser- und Fernmeldetürmen, Müllverbrennungsanlagen, Hallen, Kraftwerken usw., unter dem Oberbegriff „Zweckbauten" den gestalterischen Anspruch abspricht. Nein, alles vom Menschen Gebaute, von reinen „nutzlosen" Kunstwerken abgesehen, dient selbstverständlich einem bestimmten Zweck. Mit derselben Berechtigung, mit der man leider heute noch häufig als einzige Entwurfskriterien einer Brücke deren Funktion, Bautechnologie, Bauzeit, Baukosten etc. anerkennt, würde für die Ausstellung von Werken der bildenden Kunst eine gut ausgeleuchtete Fertigteilhalle genügen und bräuchte es kein anspruchsvoll gestaltetes teures Museum. Dabei ist unter verschiedenen Betrachtern viel leichter Einigkeit über die gestalterische Qualität einer Brücke zu erzielen als im Hochbau, weil bei den Brücken konkrete Parameter im Hintergrund wirken – Kraftfluss, Effizienz, Bauablauf, Nachhaltigkeit, usw. –, während bei Häusern individuelle Geschmacksfragen im Vordergrund stehen können.

Natürlich hat auch im Ingenieurbau Qualität ihren Preis! Warum auch nicht? Wir müssen als Gesellschaft die öffentlichen Bauherren dazu ermuntern und ihnen Rückendeckung verschaffen, für Qualität den angemessenen Preis zu bezahlen, wie dies für andere (öffentliche) Bauten ganz selbstverständlich auch der Fall ist. Andererseits soll dies nicht als Aufruf zur Verschwendung missverstanden werden. Gerade im Ingenieurbau ist der Zwang zur Wirtschaftlichkeit ein guter Zuchtmeister, fördert effiziente, schöne, natürliche Lösungen. Gute Ingenieurbauten sind nicht teurer als banale, insbesondere nicht, wenn man die Lebenszeitkosten vergleicht. Bei einer guten Brücke kann man nichts weglassen und muss nichts hinzufügen; das beste Lager ist kein Lager. Sie wehrt sich gegen jede applizierte Dekoration und wir Ingenieure müssen diese Art von Gestaltung grundsätzlich ablehnen. Eine Brücke wird im Prinzip umso besser, auch wirtschaftlicher, je weniger Ressourcen sie verbraucht und je mehr Sorgfalt, also Arbeit, in sie investiert wird. Gute Brücken sind ökonomisch, ökologisch und schaffen Arbeit, sind also sozial und am Ende auf natürliche Weise schön. Ökonomisch, ökologisch, sozial, kulturell, was könnte zeitgemäßer sein?

Dieser gesellschaftspolitische und kulturelle Hintergrund verpflichtet die Bauingenieure, über ihr Wissen und Können hinaus ihre Phantasie einzusetzen, um ihre Bauten, insbesondere in ihrer Königsdisziplin, dem Brückenbau, so zu entwerfen und zu gestalten, dass sie die Natur, die sie verbauen (müssen), mit der einzig adäquaten Gegenleistung entschädigen: mit Baukultur.

Brücken sind unifunktional. Sie verbinden schlicht zwei Punkte beidseits eines Hindernisses mit einer Linie, der Straße, den Gleisen oder dem Weg. Trotzdem gibt es für jede einzelne Brücke viele völlig unterschiedliche Lösungen. Ihre Auswahl wird von zahllosen, vom jedem Ingenieur subjektiv zu gewichtenden Faktoren bestimmt. Deshalb gibt es auch auf die Frage, wie man zu einem guten Entwurf kommt, keine allgemeingültige Antwort – zum Glück, sonst wäre Entwerfen ja programmierbar und