

## Motivation

Ein Großteil der Fachliteratur für Bauingenieure ist einseitig auf das rein technisch-naturwissenschaftliche Wissen und meist auch nur auf das Konstruieren und Bemessen für eine bestimmte Bauart wie Holzbau, Stahlbau oder Massivbau ausgerichtet. Die Tätigkeit des konstruktiven Bauingenieurs umfasst aber weit aus mehr als das „Rechnen“ in Verbindung mit Regelwerken für eine Bauart, sondern hat auch eine kreative Komponente, die im ingenieurmäßigen Planen und Entwerfen liegt. Außerdem ist die moderne Baupraxis stark durch Mischkonstruktionen aus verschiedenen Baustoffen und Bauarten geprägt, so dass von Ingenieuren verlangt wird, nicht mehr nur als „Holzbauer“, „Stahlbauer“ oder „Massivbauer“ zu denken, sondern in der jeweiligen Situation die jeweils sachgerechte Entscheidung für diese oder jene Bauart zu treffen.



Dieses Lehrbuch möchte diesen Anforderungen gerecht werden, indem es an die nunmehr seit vielen Jahren erfolgreich in Stuttgart praktizierte *Entwurfsorientierte und Werkstoffübergreifende Lehre* anknüpft und versucht, die Belange von Entwurf, Bemessung und Konstruktion der verschiedenen Bauarten themenorientiert gemeinsam darzustellen.

### 1.1 Berufsbild der Bauingenieure

*Baumeister.* Seit der Antike vereinbarten sich im Beruf des Baumeisters die unterschiedlichen Aufgabenbereiche des Entwurfs, der Bemessung und der Konstruktion für ein Bauwerk. Die Baumeister realisierten und verantworteten das Bauwerk von

der ersten Entwurfsskizze bis zum Setzen des letzten Steins. Ihr Wirken umspannte eine Vielzahl von Disziplinen und Fachbereichen und erforderte Vielseitigkeit, Generalistentum und Organisationstalent. Die Ergebnisse ihres Schaffens werden nicht selten heute noch als „Baukunst“ empfunden, d. h. Technik und Kunst bildeten eine Einheit.

*Arbeitsteilung.* Dank neuer Baustoffe mit höheren Festigkeiten, wie z. B. dem Baustahl, konnten mit Einsetzen der Industrialisierung ab etwa 1800 Bauwerke mit schlankeren und weiter gespannten Tragwerken realisiert werden. Dies führte zwangsläufig zu einer Zunahme der Komplexität der Bauaufgabe. Neuartige Produktions- und Fertigungsmethoden eröffneten auch neue Möglichkeiten für Strukturformen und Realisierungen, so dass in weiten Bereichen die Bautechnik stärkere Betonung fand. Infolgedessen spaltete sich der Aufgabenbereich der Baumeister auf: Er wird heute arbeitsteilig von Architekten und Bauingenieuren wahrgenommen. Die Architekten übernehmen vorrangig die entwerfend-gestalterischen Aufgaben, unter Umständen auch mit künstlerischem Anspruch, und die Bauingenieure suchen hauptsächlich nach geeigneten technischen Lösungen. Ihre Planungs- und Entwurfsleistung ist durch Analyse, Bemessung und Konstruktion geprägt.

*Schnittstellenproblematik.* Die Aufgabenteilung zwischen Architekten und Bauingenieuren kann jedoch nur dann erfolgreich sein, wenn beide Experten ihres Faches sind und immer auch gleichzeitig prüfen, welche Auswirkungen ihre Entscheidungen nicht nur auf die Aufgabenbereiche der anderen Beteiligten, sondern vor allem auf den Bauwerksentwurf als Ganzes besitzen. Doch genau darin besteht gelegentlich der Nachteil der Aufgabenteilung. Das Verständnis der einzelnen Experten für die Anforderungen der anderen Beteiligten geht verloren und kann auch nicht durch einen noch so harmonisierend und integrierend wirkenden Koordinator kompensiert werden. Besonders deutlich tritt dieses Unverständnis an den sog. Schnittstellen zu Tage, wo z. B. die Arbeiten der Architekten auf denen der Bauingenieure aufbauen und umgekehrt.

## 1.2 Entwurfsorientierung

*Beteiligung am Entwurf.* Obwohl bei vielen Bauwerksentwürfen der entwerfend-gestalterische Aufgabenteil schwerpunktmäßig von den Architekten übernommen wird, bedarf es für ein gelungenes Bauwerk eines ganzheitlichen Entwurfes, bei dem das architektonische Gestaltungskonzept mit einer angemessenen Konstruktion harmonisiert. Ein solcher Entwurf kann nur das Ergebnis einer interdisziplinären Kooperation von Architekten und Bauingenieuren sein.

Der Entwurf muss von Architekten und Bauingenieuren gemeinsam entwickelt und getragen werden. Daher ist es zu kurz gegriffen, die Tätigkeit der Bauingenieure auf die reine Bemessung zu reduzieren. Es genügt nicht, wenn die Ingenieure erst dann aktiv werden und mit „rechnen“ beginnen, wenn der Entwurf durch die Architekten feststeht. Bereits in der Vorplanung im Rahmen der Entwurfsfindung ist der Beitrag der Ingenieure unerlässlich.

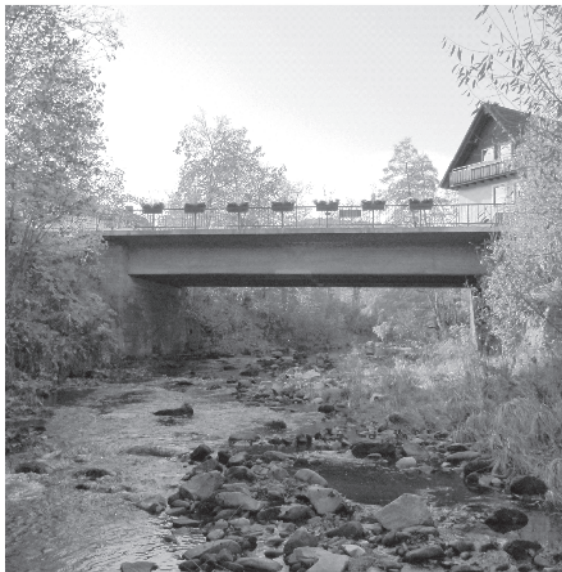


(a)



(b)

**Bild 1.1** (a) Traditionelle Fachwerkwand (Rückseite des Rathauses zu Grimma), (b) Treppenauge (Biozentrum Martinsried, LMU)



(a)



(b)



(c)



(d)

**Bild 1.2** (a) Straßenbrücke, (b) Untersicht, (c) ausgeführter Querschnitt, (d) alternativer Querschnitt

*Ästhetik.* Die Ästhetik beschreibt die Theorie, wie Menschen Gegenstände in ihrer Umwelt sinnlich wahrnehmen. Die Ästhetik besitzt nicht nur für reine Kunstgegenstände, sondern auch für die Architektur große Bedeutung. Das Wort *ästhetisch* wird heutzutage synonym für „ansprechend“, „geschmackvoll“ etc. verwendet.

Die Frage, mit welchen ästhetischen Maßstäben ein Bauwerks- und Tragwerksentwurf beurteilt werden sollte, ist Gegenstand der Architekturtheorie. Eine allgemeingültige Antwort ist schwer, da das ästhetische Urteil letztendlich subjektiv ist und von vielen Einflüssen wie z. B. dem Kulturkreis, dem der Betrachter entstammt, abhängt. Dennoch lassen sich einige objektive Regeln für ästhetische Tragwerke aufstellen:

*Widerspiegelung des Kraftflusses.* Ein im statischen Sinne logisch aufgebautes Tragwerk wird i. A. auch gestalterisch als gelungen empfunden. Dieses Empfinden lässt sich einfach beim Betrachten alter Wohn- und Wirtschaftsgebäude aus dem 13. bis 19. Jahrhundert studieren, Bild 1.1a. Hier ist oftmals das Tragwerk in der Fassade sichtbar, und man empfindet i. d. R. das sich am Kraftfluss orientierende, logisch aufgebaute, klar strukturierte Tragwerk als ästhetisch.

*Naturformen als Vorbild.* Nicht selten wird beim Tragwerks- oder Bauteilentwurf indirekt die Formensprache der Natur aufgenommen, die i. d. R. von der Effizienz der Lastabtragung und Funktion bestimmt wird. In Bild 1.1b ist eine Treppenkonstruktion dargestellt, dessen Tragwerk aus einem geformten Stahlblech (Schalenkonstruktion) besteht, das gleichzeitig als Treppengeländer fungiert. Hier verschmelzen auf anschauliche Weise die Gestaltung und die Konstruktion zu einem „Kunstwerk“, das man in ähnlicher Form auch in der Natur beobachten kann.

*Optimale Proportionierung.* Stark über- oder unterproportionierte Tragwerke werden i. d. R. auch von Nicht-Bauingenieuren als weniger gelungen erkannt. Bild 1.2a zeigt eine innerstädtische Straßenbrücke. Auf den ersten Blick fällt die gewaltige Querschnittshöhe der Brücke im Vergleich zu deren geringer Spannweite auf. Die Brücke erscheint weniger als eine Verbindung der gegenüberliegenden Ufer sondern eher wie eine Barriere oder Bollwerk in dem kleinen Bachlauf.

Der fachliche Laie besitzt ein relativ gutes Gefühl für angemessene Brückenproportionen aufgrund ihrer großen Häufigkeit im Landschaftsbild und wird daher die betrachtete Brücke an dieser Stelle als „eine Nummer zu groß“ empfinden. Der Blick unter die Brücke bestätigt diesen Eindruck, Bild 1.2b. Tatsächlich wird der nach Außen hin als mächtiger Balken erscheinende Querschnitt durch drei schmale Stege gebildet. Hier klaffen die durch die besondere Gestaltung hervorgerufene Wahrnehmung der Brückenkonstruktion und die tatsächliche Beanspruchung auseinander. Die Brücke erscheint überdimensioniert. Mit Blick auf die ausgeführte Konstruktion wäre die Wahl eines kompakten Querschnitts mit gleichem Trägheitsmoment bei geringerer Ansichtshöhe aus landschaftsgestalterischer Sicht sicher zu begrüßen gewesen, Bilder 1.2c und d.

*Ortsverbundener Entwurf.* Zu planende Bauwerke sollten sich zwar nicht in jedem Fall der vorhandenen Umgebungsbebauung anpassen oder gar unterordnen, dennoch sollten sie sich einfügen und in Dialog zur Nachbarbebauung treten. Neubauten, die wie Fremdkörper wirken, werden selten als gelungen empfunden.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Bild 1.3** Beispiele für Bauwerke mit klassisch gestaltetem Tragwerk: (a) Geschossbau (Foto: F.-D. Müller), (b) Hallenbau (Foto: Fa. Goldbeck, Bielefeld); Beispiele für Gebäude mit künstlerisch gestaltetem Tragwerk: (c) Campus Universität Stuttgart, (d) Museo de las Ciencias, Valencia

*Detailausbildung.* Die oben genannten Grundsätze gelten nicht nur für die Bauteile des Tragwerks, sondern auch für die Konstruktionsdetails wie Anschlüsse, Verbindungen etc.

Im Allgemeinen wird man versuchen, die hier genannten Grundsätze zu verwirklichen. Dadurch entstehen klassisch-zeitlose Bauwerke, Bilder 1.3a und b. In einzelnen Fällen kann es aber auch sinnvoll sein, im Bauwerksentwurf gewollt den Konflikt mit dem ästhetischen Empfinden des Menschen zu suchen. Dadurch lassen sich interessante Bauwerke erzielen, die durch ihr „Anecken“ Aufmerksamkeit beim Betrachter wecken, Bilder 1.3c und d.

### 1.3 Werkstoffübergreifendes Konstruieren und Bemessen

In unserer modernen Welt gibt es wenige Tragwerke, die nur Bauteile eines einzigen Baustoffs umfassen. In der Regel werden mehrere Baustoffe in einem Tragwerk eingesetzt, da sich der einzelne Baustoff für die verschiedenen Beanspruchungen in einem Tragwerk mehr oder weniger gut eignet. Mit Mischkonstruktionen (*Hybridkonstruktionen*) versucht man den Materialeinsatz zu optimieren, indem die verschiedenen Baustoffe im Sinne ihrer besten Eignung für das Tragwerk eingesetzt werden.

Als Beispiel zeigt Bild 1.4 die *dm-arena* der Messe Karlsruhe. Das Tonnendach der Hallenkonstruktion bildet eine weitspannende, mit Stahlzuggliedern unterspannte Holzkonstruktion aus rautenförmig angeordneten Brettschichtholz-Elementen und einer oberseitigen Beplankung aus Holzwerkstoffplatten [1][2]. Die Dachkonstruktion lagert auf Stahlbetonwänden. Dieses Beispiel soll verdeutlichen, dass die Baustoffwahl für die einzelnen Bauteile eines Tragwerks nicht von der Spezialisierungsrichtung des bemessenden Ingenieurs abhängen, sondern sich ausschließlich am Aspekt der größten Eignung für das Bauwerk orientieren sollte.

Vergleicht man die Bemessungsregeln für die unterschiedlichen Baustoffe in den Regelwerken, offenbaren diese auf den ersten Blick nur wenige Gemeinsamkeiten.



**Bild 1.4** *dm-arena* der Messe Karlsruhe (Foto: Karlsruher Messe- und Kongress-GmbH)

Tatsächlich haben sich traditionell für den gleichen Sachverhalt, wie z. B. das Stabilitätsverhalten eines Druckstabes, in den einzelnen Baustofffächern äußerlich zum Teil sehr unterschiedliche Bemessungs- und Nachweiskonzepte entwickelt, obwohl sie im Grunde einen gemeinsamen physikalischen Hintergrund besitzen.

Ziel dieses Lehrbuches ist es, diese physikalische Basis werkstoffübergreifend anschaulich darzustellen, bevor anschließend auf die Details der Bemessung bei Verwendung eines bestimmten Baustoffes eingegangen wird. Gleichzeitig wird ein vertieftes Verständnis für das Zusammenwirken von Bauteilen verschiedener Baustoffe im Bauwerk gefördert. Durch diese Darstellung sollen Ingenieure in die Lage versetzt werden, eine optimale Entscheidung für ein Tragwerk und dessen Bauteile zu treffen, denn:

*Man entwirft kein Holz-, Stahl- oder Massivbauwerk, sondern ein gutes Bauwerk.*

