

# Der Einfluss des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren

Autor(en): **Polóny, Stefan**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Werk, Bauen + Wohnen**

Band (Jahr): **72 (1985)**

Heft 6: **Immer wieder : Wettbewerbe = Toujours : concours = Again a again : competitions**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-54776>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

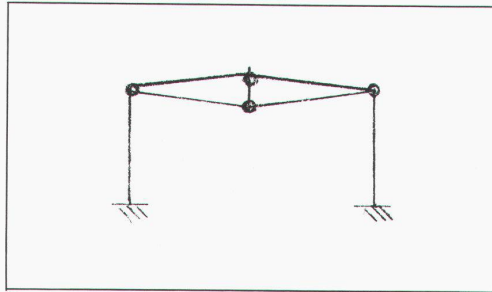
## Der Einfluss des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren

Ausschnitte aus dem Vortrag von Prof. Dipl.-Ing. Stefan Polónyi anlässlich des Kolloquiums «Geschichte des Konstruierens» am Institut für leichte Flächentragwerke in Stuttgart am 22./23. Februar 1985

Keine Ingenieursparte ist so stark auf die Theorie, also auf die Wissenschaft, angewiesen wie das Bauingenieurwesen, insbesondere der Tragwerksingenieur. Unsere Prototypen sind in der Regel gleich das Endprodukt. Daher waren die Tragwerksingenieure schon sehr früh bemüht, eine Basis für die Vorhersage des Tragverhaltens und der Tragfähigkeit für die Bauwerke zu entwickeln. Eine umfassende Theorie konnte erst auf der Grundlage der Naturwissenschaften erfolgen. Zu den ersten Problemen, die die Naturwissenschaften gelöst bzw. zu lösen versucht hat, waren Tragverhaltensprobleme. Denken Sie an Galileis Kragträger. So ist es verständlich, dass die Entwicklung der Statik und Fertigkeitsslehre mit der allgemeinen Entwicklung der Wissenschaften und daher mit dem Wissenschaftsverständnis eng verknüpft war.

*Es folgt ein Abriss der Entwicklung des rationalen und empirischen Denkens, welcher mit der Feststellung endet: «Zwar fand die Induktion der Empiriker schliesslich auch Anerkennung, jedoch blieb die Deduktion die bevorzugte Methode der Ingenieure.»*

Die Ingenieure waren überglücklich, als sie ein geschlossenes Denkgelände in der Elastizitätstheorie fanden, das die Zusammenhänge zwischen Last, Spannung, Verformung für ein idealisiertes Werkstoffverhalten mathematisch formuliert. Die Folgerichtigkeit der Elastizitätstheorie ist unbestritten. Das idealisierte Werkstoffverhalten wird mit dem Hookschen Gesetz beschrieben, das nur für Porzellan zutrifft. Selbst der Stahl verhält sich lediglich im Gebrauchsbereich so, aber dort, wo es für uns eben interessant wird, im Versagensbereich, verhält er sich anders. Zweihundert Jahre lang hat das



1

niemanden gestört.

Wir haben dank dem Einfluss der Rationalisten die Reihenfolge von Roger Bacon, Erfahrung, Experiment, Mathematik, umgedreht und es sogar allein bei der Mathematik belassen. Wir haben die Ermahnung Leonardos nicht beachtet: «Eitel und voller Irrtümer ist alle Wissenschaft, die nicht von der Erfahrung, der Mutter aller Gewissheit, getragen wird, die nicht geprüft wird durch Erfahrung.»

Wie ist es mit der Folgerichtigkeit der Elastizitätstheorie? Solange sie nicht angewendet wird, ist sie folgerichtig, also eine Wissenschaft. Wird sie angewendet, dann trifft sie nicht zu, also ist sie nicht folgerichtig und damit keine Wissenschaft. Das heisst, dass die Elastizitätstheorie nur als Selbstzweck Wissenschaft ist.

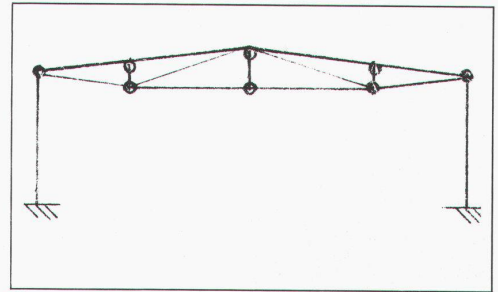
Die Selbstzweckgebiete jedoch müssen wir durch ein zweites Kriterium aus den Wissenschaften ausschliessen, sonst gehörten die Spiele, die dem Folgerichtigkeitskriterium entsprechen, z.B. Schach, ebenfalls zu den Wissenschaften. Damit würden wir aber auch die Königin der Wissenschaften rupfen, da dann nur die angewandte Mathematik als Wissenschaft übrigbliebe.

Eben das «Selbstzweckgebiet», die Elastizitätstheorie, haben wir Ingenieure in den Mittelpunkt gestellt, damit unser Fachgebiet als Wissenschaft anerkannt wird. Was haben wir uns da eingehandelt?

1. Das ingenieurmässige Vorgehen haben wir mit einem vermeintlich wissenschaftlichen Vorgehen vertauscht.
2. Daraus resultierte das Auseinanderdriften der Architekten und Bauingenieurberufe und infolgedessen die Trennung in der Ausbildung.
3. Irrwege in unseren eigenen Fachdisziplinen.

Zu 1

Das ingenieurmässige Vorgehen ist induktiv; selbstverständlich



2

das des Architekten auch. Er analysiert die Aufgabe, untersucht die Probleme und tastet sich an die Lösung heran. Die bevorzugte «wissenschaftliche» Methode ist die Deduktion, wobei ein allgemein gültiger Lehrsatz formuliert und dessen Anwendung gezeigt wird.

Zu 2

Da der Ingenieur der Deduktion den Vorrang gab, suchte er nach der Anwendungsmöglichkeit seines Instrumentariums und nicht nach der Lösung der Probleme. Der Architekt war verständlicherweise nicht bereit, auf diese Denkart einzugehen. Er verstand den Ingenieur nicht mehr. Er gab auf, sich um die Dimensionierung zu kümmern und überliess die Quantifizierung des Tragverhaltens dem Ingenieur. Das Entwerfen der Tragkonstruktion blieb beim Architekten: weil die Tragkonstruktion gestaltbestimmend ist, aber auch, weil der Ingenieur für diese Aufgabe immer weniger geeignet war. Er hat sich vom Ingenieur zum Statiker degradiert.

Diese Entwicklung schlug sich auch in der Ausbildung nieder mit der Trennung der Studiengänge bei beinahe völligem Verzicht auf Verknüpfungen.

Die Folge ist, dass der Architekt im Ingenieur den «Feind» sieht, der seine besten Ideen zunichte macht, und der Ingenieur seine Hauptaufgabe darin erkennt, dem Architekten beizubringen, dass das, was er sich ausgedacht hat, nicht realisierbar ist. Mit Sicherheit keine ideale Voraussetzung für eine Kooperation.

Ich sagte: das Entwerfen der Tragkonstruktion blieb beim Architekten. Es wäre also nichts zu beklagen, wenn der Architekt das mit seinem induktiven Vorgehen könnte. Wir Ingenieure, die die Ausbildung der Architekten früher in Statik und Fertigkeitsslehre, heute in Tragwerkslehre im wesentlichen versorgen, sorgen dafür, dass die Architekten das

auch nicht können. Wir bringen ihnen einen abgemagerten, deduktiv aufgebauten Lehrstoff bei, der mehr zur Verwirrung und Hemmung als zur Entfaltung von Fähigkeiten beiträgt.

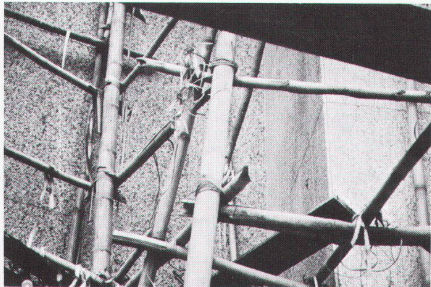
Zu 3

Das vorherrschende Wissenschaftsverständnis führte zu Irrwegen in den eigenen Fachdisziplinen. Von der Elastizitätstheorie waren die Ingenieure so angetan, dass sie sich daran festklammern bis zum Geht-nicht-mehr. Dies gilt insbesondere für die Bundesrepublik. Die erste Veröffentlichung über Plastizitätstheorie/Traglastverfahren stammt von Kazinczy aus dem Jahr 1914. Bis daraus die erste zaghafte Konsequenz in der DIN lediglich für Stahlpfetten gezogen wurde, verging beinahe ein halbes Jahrhundert. Jetzt endlich liegt die neue Stahlbau-Norm vor, die auf dem Traglastverfahren basiert.

In der Statik werden die statischen Systeme nach der eigenen Logik des Faches gelehrt. Also erst die statisch bestimmten und dann die statisch überbestimmten (oder unbestimmten) Systeme. Das wäre an sich nicht schlimm, wenn die Lehre der Statik über die eigentliche Aufgabe – Verdeutlichen des Kräfteverlaufes und Ermöglichen der Quantifizierung – hinaus nicht entwurfsbestimmend geworden wäre. Die Folgen davon möchte ich an einigen Beispielen zeigen.

Wenn ein Vollwandträger wegen der grossen Spannweite nicht mehr wirtschaftlich ist, dann greifen wir zum Fachwerkträger. Der nächstliegende Träger müsste jedoch der unterspannte Träger sein.

Die unterspannten Träger waren im vergangenen Jahrhundert und am Anfang dieses Jahrhunderts sehr beliebt. Plötzlich sind sie verschwunden. Wir haben nachgeforscht und festgestellt, dass die unterspannten Träger verschwanden, als die Statik eingeführt wurde. Der unterspannte Träger ist statisch unbestimmt, daher



3



4



5

schwerer zu rechnen als der statisch bestimmte Fachwerkträger. Einen Cremona-Plan kann sogar ein Architekt zeichnen. Wir wählen die Konstruktion nach dieser Reihenfolge, in welcher wir sie in der Statik gelernt haben. Also erst Fachwerkträger. Damit ist die Aufgabe gelöst.

Wir lernen den Fachwerkträger. Uns wird gezeigt, dass die Diagonale möglichst keine flachere Neigung haben soll als 45°. Aber bei dem unterspannten Träger ist die Neigung viel kleiner, und er ist mit einer Spreize auch ein Fachwerkträger, mit zwei Spreizen beinahe noch.

Es wird nicht gesagt, dass die Stabführung vom M/Q-Verhältnis abhängig ist. Ist das Moment gross im Verhältnis zur Querkraft, was bei Hallendächern der Fall ist, so kann die Stabführung ruhig flach sein. Ist die Spannweite so gross, dass der unterspannte Träger mit zwei Spreizen nicht mehr wirtschaftlich ist, so wird eine dritte Spreize mit den dazugehörigen Diagonalen eingeführt. Damit haben wir wieder den Fachwerkträger. Somit ergibt sich der kontinuierliche Übergang vom unterspannten Träger zum Fachwerkträger.

Eben das Denken in statischen Systemen hat den Holzbau meines Erachtens auf völlig falsche Wege geführt. Die Holzbauer wollen mit allen Mitteln zeigen, dass aus Holz jedes statische System baubar ist, statt Systeme herauszustellen und zu entwickeln, die für das Holz besonders geeignet sind. So wird das Holz mittels «Ingenieurverbindungen» vergewaltigt. Oft finden wir so viel Stahl für die Übertragung der Kraft aus einem Holz ins andere in den Knoten, quer zur Tragrichtung, dass damit gleich die Spannweite überbrückt werden könnte, legte man den Stahl in die richtige Richtung.

Wir betrachten die Tragwerke grundsätzlich in orthogonalen Ebenen. So bilden wir das zentrisch belastete Einzelfundament quadratisch

aus. Den statischen Nachweis führen wir in den orthogonalen Ebenen. Die logische Form des Fundamentes ist jedoch der Kreis. Das Tragverhalten ist rotationssymmetrisch.

Die Verzweigungen, die Knoten in der Natur sind biegesteif, z.B. die Verzweigungen des Baumes, die Knoten der Spongiosa im Knochen. Wir bilden die Knoten der räumlichen Stabwerke gelenkig aus, damit sie unseren statischen Vorstellungen entsprechen. Ebenso schliessen wir die Stäbe axial an, weil wir das System so besser rechnen können. Dafür zerschneiden wir lieber die Stäbe und setzen sie mit aufwendigen Knoten wieder zusammen.

Die nichtaxiale laterale Verbindung von Stäben, wie sie die Chinesen seit Jahrhunderten praktizieren, ist nur bei Gerüsten als Provisorium denkbar.

Sicher, ab und zu gelingt es Otto, eine Konstruktion durchzusetzen, die nicht aus der Lehre der Statik hergeleitet ist, z.B. die Multihalle mit den nichtaxialen lateralen Anschlüssen.

Schliesslich sollten wir auf die Frage eingehen: Wieweit kann die Wissenschaft des Tragwerksingenieurs Anhaltspunkte für die architektonische Gestaltung von Bauwerken geben? Wir haben schon vorher gesehen, wie fraglich der Einfluss der Statik auf die Entwicklung der Tragkonstruktionen war. Wenn aber bei den Tragkonstruktionen schon Skepsis angebracht ist, dann müssen wir bei Aussagen für die Gestalt erst recht vorsichtig sein. Joedicke schreibt 1962 in seinem Buch «Schalenbauten als Kritik» über eine Schale: «Der Unterschied zwischen Schale und Randglied ist verwischt.» Dass wir die Schale und das Randglied getrennt gerechnet haben, basierte auf unseren damaligen Möglichkeiten. Sollen wir aus einem statischen Unvermögen ein ästhetisches Kriterium herleiten?

Wenn wir die Forderung von

Ungers, «die Architektur muss sich – ähnlich wie die Musik – Themen, die sie ausdrücken will, selbst setzen», akzeptieren, dann kann von der Konstruktion nur dann ein architektonisches Kriterium hergeleitet werden, wenn das Thema der Architektur die Konstruktion ist. Wie fraglich dieser Konstruktionismus ist, möchte ich Ihnen an einem allgemein hochgeschätzten Bauwerk, dem Palazzetto von Nervi, zeigen.

Die schrägen Stützen erfordern ein Ringfundament für die Aufnahme der horizontalen Kraftkomponenten. Ordnet man das Zugband bei der Traufe an, so ist sie kürzer, und dann kann man auf die abgestützten Schrägstützen ganz verzichten. So wird die stark konstruktive Geste als gestalterisches Beiwerk entlarvt.

Die Schale ist vorgefertigt. Was ist die Zielsetzung der Vorfertigung? In erster Linie Einsparung von Schalung und Gerüst. Das Gerüst benötigt Nervi für die Auflagerung der verlorenen Ferro-Cemento-Schalungselemente. Dafür bewehrt und betonierte er zweimal, unten und oben. Wir können feststellen: eine recht ungünstige Herstellungsmethode wurde zur Erzielung einer ornamentalen Architektur angewendet.

Das heisst, dieses Bauwerk, dessen Thema eigentlich die Konstruktion ist, wird man nur dann gelten lassen, wenn man die statische und herstellungstechnische Folgerichtigkeit bei der Wertung nicht als Kriterium ansetzt.

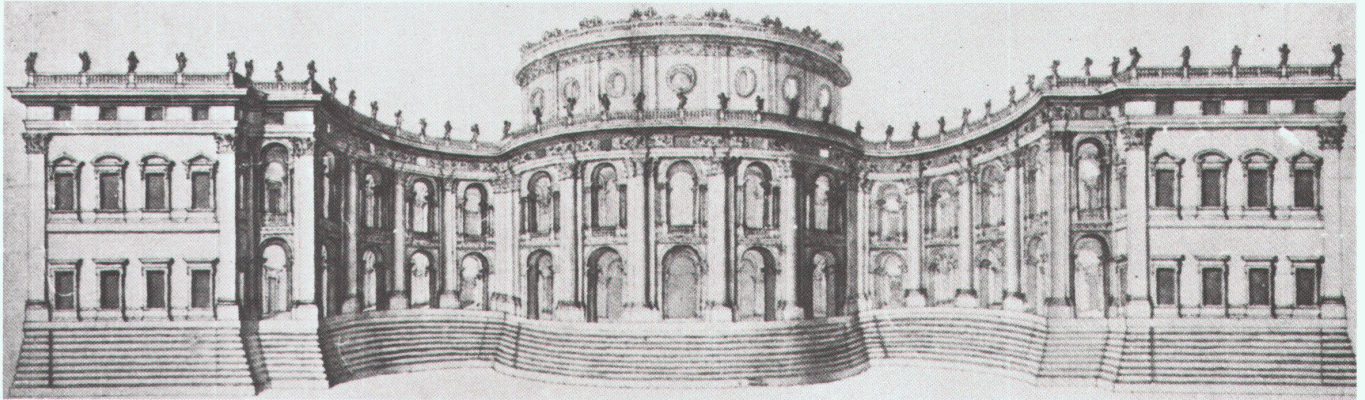
Ich befürchte, eben dann wird die Konstruktion statisch und herstellungstechnisch inkonsequent und dadurch auch aufwendig, wenn der Architekt die Konstruktion zum Thema seiner Architektur macht. Daher sollen wir Tragwerksingenieure uns beim Entwerfen grösste Zurückhaltung auferlegen. Selbstverständlich tragen wir unsere statischen und herstellungstechnischen Gesichtspunkte vor und unterbreiten Vorschläge, wie diesen unter Einhaltung der Archi-



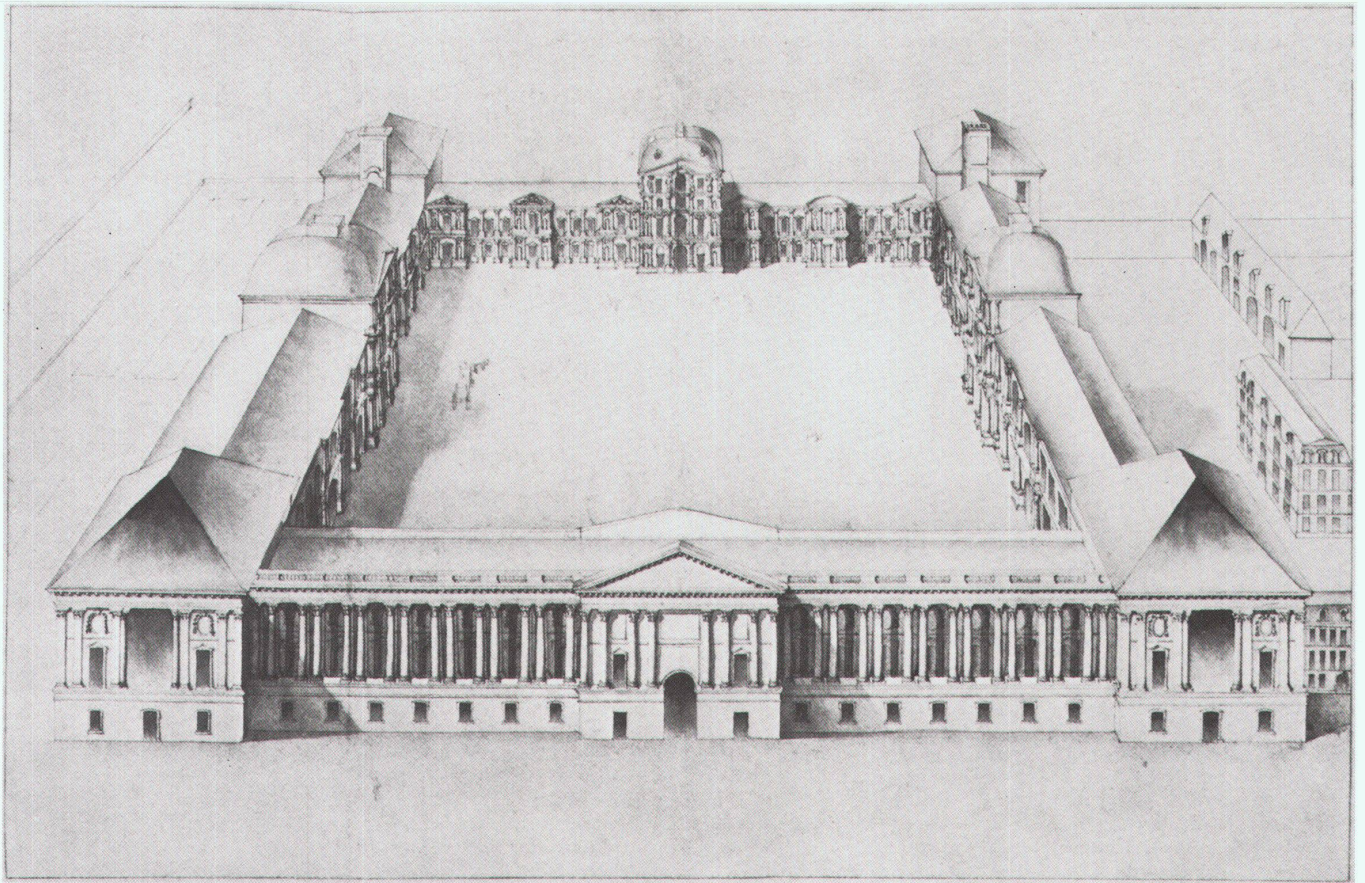
6

tekturkonzeption Genüge getan werden kann. Und wenn das Thema der Architektur formuliert ist, dann stellt sich dem Tragwerksingenieur die Frage: Was muss man dazu tun, damit es trägt? In manchen Fällen werden nur die dünnen Diagonalstriche sein Beitrag sein. S.P.

- 1 Unterspannter Träger
- 2 Aus dem unterspannten Träger hergeleiteter Fachwerkträger
- 3 Knoten eines chinesischen Bambusgerüsts
- 4 Knoten des Lattenrostes der Multihalle Mannheim
- 5 Nervi: Palazzetto in Rom
- 6 Ungers: Galleria der Frankfurter Messe



1



2