

Probekapitel

Karl Culmann und die graphische Statik

Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs

Autoren: Bertram Maurer, Christine Lehmann

Copyright © 2006 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01815-6

Christine Lehmann, Bertram Maurer



Karl Culmann und die graphische Statik

Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs

 Ernst & Sohn
A Wiley Company

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de

 Ernst & Sohn
A Wiley Company

Kapitel 1

Zeichnen heißt erklären



Karl Culmann, 1821–1881

»Leibniz zum Beispiel scheiterte, weil er nicht recht zeichnen konnte. Er hat seine technischen Aufgaben im Kopf schon richtig gelöst, hat sie aber im Harz den Bergleuten nicht verständlich machen können«¹⁾, meinte der Technikhistoriker Karl Heinz Manegold. Vermutlich scheiterte Leibniz als Techniker nicht an Kommunikationsproblemen, aber eines veranschaulicht das Zitat: Es reicht nicht, mit Worten zu erklären, wie eine Brücke aussehen soll. Man muss sie zeichnen.

Eine solche Bauzeichnung aus dem neunzehnten Jahrhundert steht, 300 Meter hoch, in Paris: der Eiffelturm. 1887 fertig, hätten Bildungsbürger ihn am liebsten gleich wieder abgerissen. Damals zeichneten angehende Architekten noch klassische Tempel mit Säulen, Tympanon und Figurenfries. Dabei ging es hauptsächlich um Proportionen, also um Schönheit. Der Eiffelturm dagegen ist ins Bild gesetzte Statik, und sein Zeichner und Konstrukteur hieß Maurice Koechlin, stammte aus dem elsässischen Bühl und war in Zürich Schüler eines gewissen Karl Culmann gewesen.

»Kein Fach gibt es, in welchem das exacte Zeichnen mit Zirkel und Lineal so sehr geübt wird als im Ingenieursfach.« So beginnt dieser Karl Culmann 1860 sein erstes Manuskript über graphisches Rechnen, das er Reißrechnen nennt. Erstmals formuliert er sein Ziel, die graphischen Methoden unter dem Dach einer umfassenden Theorie zusammenfassen. Sein Hauptwerk, das sechs Jahre später veröffentlicht ist, trägt bereits den Titel *Die graphische Statik*. Im Vorwort bringt Culmann seine Vision auf den Begriff: »Zeichnen ist die Sprache des Ingenieurs.«

Die zeichnerischen Verfahren in eine mathematisch fundierte Ordnung zu bringen, war Culmanns Bedürfnis, und, dass es gelang, macht ihn zum Begründer einer neuen Disziplin, die an den Poly-

technischen Hochschulen binnen zehn Jahren eine rasante Karriere machte. Bedeutete die graphische Statik doch den Aufstieg der Technik zur Wissenschaft.

Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts verschwand sie wieder, und zwar nicht, weil sie sich als unpraktisch oder ungenau erwiesen hätte, sondern weil sich die Trends änderten. Die Maler begannen, abstrakte Bilder zu malen, und in der Physik sprengten die Relativitätstheorie und die Quantenphysik die Grenzen des Vorstellbaren. Verbildlichung geriet in Verruf. Heute bringen Computeranimationen von Baukörpern und Innenräumen die Anschaulichkeit ins Rechenwerk der Statiker zurück.

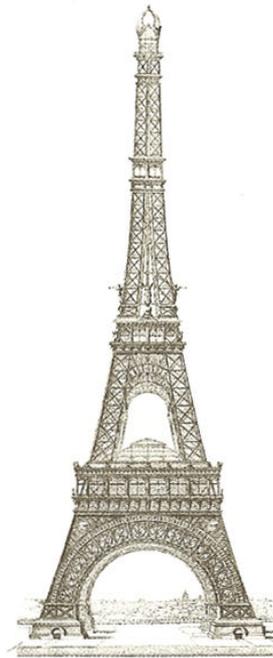
Wer war Karl Culmann? Was hat er gemacht, was wollte er, was hat er bewirkt, woran ist er gescheitert? Davon handelt dieses Buch. Von Geometrie, Projektionen und Visualisierung, von Technischen Hochschulen, von einem begabten Jungen aus der Pfalz, der Pfarrer werden sollte und dann Ingenieur wurde, Bahntrassen baute, nach Amerika reiste und schließlich Professor und endlich Rektor der ETH Zürich wurde. Von einem ehrgeizigen und liebenswürdigen Mann mit pädagogischer Leidenschaft, dessen Vorlesungen dennoch niemand so recht verstand.

Die technischen Hochschulen

Dass der Konstrukteur eines Bauwerks wie Koechlin eine Hochschule besucht hatte, war relativ neu. Im Mittelalter studierte man in Klöstern. Renaissancekonstrukteure und Architekten wie Leonardo da Vinci (1452–1519) kamen von der Malerei und sahen sich als Universalgenie. Das galt auch noch für Goethe (1749–1832), der Jura studierte, Naturwissenschaften betrieb, einen menschlichen Kieferknochen entdeckte, eine Farbenlehre entwickelte und Dramen und Romane schrieb.

Die Techniken am Bau waren dem Handwerk zugeschlagen und wurden in Zünften tradiert. Universitäten gab es bereits seit dem zwölften Jahrhundert, doch Schulen oder Hochschulen für Technik entstanden in Europa erst Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. Man brauchte sie vor allem für Waffentechnik und Befestigungsanlagen. Bedeutend war beispielsweise die Kriegsschule zu Mézière, 1748 gegründet. Dort entwickelte Gaspard Monge (1745–1818) seine *Géométrie descriptive*. Sie stellte das Zeichnen auf eine mathematische Grundlage und begründete damit das wissenschaftliche Zeichnen der darstellenden Geometrie.

1794 gehörte Monge zu den Gründern der École Polytechnique in Paris, deren erster Rektor er auch war. Auch sie war als militärische



Der Eiffelturm ist ins Bild gesetzte Statik.

1) Gespräche der Georg-Agricola-Gesellschaft zum 29.2. und 1.3.1968. In: Manegold: *Das Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik im 19. Jahrhundert im Spiegel der Wissenschaftsorganisation*. In: *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, Göttingen 1976, S. 282

Grundlagenschule konzipiert und sollte in zweijährigen Kursen Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften vermitteln, damit der Unterricht in den Anwendungsschulen für Straßenbau und Artillerie auf höherem Niveau einsteigen konnte.

Über den Unterricht an der Kriegsschule zu Mézière berichtet der Mathematiker Carl Gustav Jacob Jacobi (1804–1851): »Im ersten Jahr des zweijährigen Kursus wurde hauptsächlich das mathematische Zeichnen mit seinen Anwendungen auf Steinschnitt, Perspektive und Schattenkonstruktionen, im zweiten Fortifikationszeichnungen, Aufnahme von Terrain, Gebäuden und Maschinen eingeübt. In diesen Objekten wurde kein eigentlicher fortlaufender Unterricht erteilt, sondern der Lehrer war nur immer gegenwärtig, um die Vorlegeblätter zu erläutern und die Schüler zur eignen Arbeit anzuweisen.«²⁾

Das wissenschaftlich fundierte Zeichnen bildete sich an der École Polytechnique heraus. Die 1794/95 in Paris gegründete Schule wurde Modell für das technische Bildungswesen in Europa. Sie lieferte eine mathematisch-naturwissenschaftliche Grundausbildung und war Voraussetzung für die höheren Staatsämter im technischen Bereich. Allerdings mussten sich ihre Absolventen noch zwei Jahre an den Écoles d'applications weiterbilden. Solche Spezialschulen gab es für Brücken- und Wegebau, Bergbau, Schiffsbau, das militärische Ingenieurwesen und für Artillerie. In Frankreich waren die technischen Schulen so gut wie ausschließlich militärischen Bedürfnissen unterworfen. An ihnen wurden die Offiziere für das Revolutionsheer und später Napoleons Armee herangebildet. Sie waren mehr ein Instrument des absolutistischen Staates als der neuen bürgerlichen Gesellschaft.

In Mitteleuropa entstanden im Vormärz ähnliche Schulen, zum Beispiel 1806 in Prag, 1815 in Wien, 1825 in Karlsruhe und 1829 in Stuttgart, aber im Unterschied zu Frankreich waren sie nicht militärisch ausgerichtet und bezogen die Fachschulen für Bauwesen und Maschinenbau mit ein. Die liberale Opposition des Vormärz betrachtete die Polytechnika als bürgerliche Ausbildungsstätten, die nicht nur das Gewerbe fördern, sondern auch zum handlungsfähigen Staatsbürger ausbilden sollten.

So unterschiedlich diese technischen Schulen im deutschsprachigen Raum auch konzipiert waren, ihnen gemeinsam war, dass sie Fachschulen für Bauingenieure, Maschinenbauer oder Land- und Forstwirte waren. Mit dem französischen Vorbild gemein war ihnen, dass das Zeichnen eine besondere Rolle spielte.

In Stuttgart bestand beispielsweise für die angehenden Bauingenieure im Jahr 1876/77 der Unterricht im ersten Jahr zu fast elf

Prozent aus zeichnerischen Fächern, im zweiten Studienjahr zu gut fünfundvierzig Prozent und im dritten Studienjahr zu dreiunddreißig Prozent. Wobei übrigens die Abiturienten humanistischer Gymnasien mehr Unterricht in zeichnerischen und konstruktiven Fächern zu absolvieren hatten als die Abgänger von Realgymnasien und Oberrealschulen. Der Zeichenunterricht an den Technischen Hochschulen hatte zwei selbstverständliche Ziele: Er sollte das räumliche Vorstellungsvermögen fördern und Handwerkszeug für die spätere praktische Ingenieur Tätigkeit bereitstellen. Er hatte aber noch ein drittes Ziel: Er sollte die wissenschaftlichen Ansprüche der Technischen Hochschulen untermauern, denn sie waren keineswegs den Universitäten gleichgestellt. Erst nach und nach erhielten sie Hochschulverfassungen und schließlich 1900 das Promotionsrecht. Im Kampf um Anerkennung spielte der Nachweis von Wissenschaftlichkeit eine große Rolle. Am besten taugte dazu die Mathematik. Und so wurde die darstellende Geometrie regelrecht zum Spezifikum der technischen Hochschulen.

Ein Motor der technischen und wissenschaftlichen Entwicklung war im neunzehnten Jahrhundert der Eisenbahnbau. Er stellte Mechaniker und Baumeister vor neue Aufgaben. Auf Straßen fuhren nur Kutschen, auf Schienen und Eisenbahnbrücken aber bewegten sich Tonnen schwere Dampfmaschinen mit Waggons. Steigungen mussten flach, Kurven weit geführt werden. Das erforderte Damm- und Brückenbauten. Hinzu kamen große Hallen für Bahnhöfe, Remisen und Ausbesserungswerke. Noch größer waren die Herausforderungen an den Maschinenbau: Es wurden Unmengen von Lokomotiven gebraucht. All diese neuen Bedürfnisse beschleunigten den Aufbau der Polytechnika. Maschinenbau und Bauingenieurwesen begannen um die Jahrhundertmitte als eigenständige wissenschaftliche Disziplinen Kontur zu gewinnen. Ihnen diente zunächst das mathematisch-naturwissenschaftliche Methodenideal als Vorbild. Und einer der wichtigsten Protagonisten war Karl Culmann. Er gehörte zu jenen Ingenieurgestalten der frühen Phase, die vom Eisenbahn- und Eisenbau geprägt waren. Mit der graphischen Statik führte er die Disziplin ein, die höchste wissenschaftliche Ansprüche mit großen praktischen Erfolgen vereinte.



TH Stuttgart, Bau von 1864,
Foto um 1900

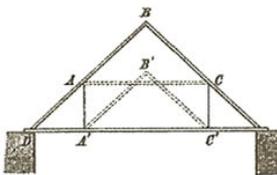
2) Carl Gustav Jacob Jacobi:
Über die Pariser polytechnische Schule. (Vortrag gehalten am 22. Mai 1835 in Königsberg.)
In: Gesammelte Werke.
Band 7. Berlin 1891, S. 357

von Lodomus war einer dieser Versuche. Die nachhaltigste Wirkung hatten die Reformvorschläge Wilhelm Fiedlers (1832–1912), der seine Ziele so formulierte: Er wolle versuchen, »den Organismus aufzudecken, durch welchen die verschiedenartigsten Erscheinungen mit einander verbunden sind. Es gibt eine geringe Zahl von ganz einfachen Fundamentalbeziehungen, worin sich der Schematismus ausspricht, nach welchem sich die übrige Masse von Sätzen folgerecht und ohne alle Schwierigkeit entwickelt. [...] Es tritt Ordnung in das Chaos ein, und man sieht, wie alle Teile naturgemäß in einander greifen, in schönster Ordnung sich in Reihen stellen und verwandte sich in wohlbegrenzten Gruppen vereinigen.«¹²⁴⁾

Fiedler wechselte übrigens auf Betreiben Culmanns 1867 von Prag an das Züricher Polytechnikum, und zwar als Professor für darstellende Geometrie und Geometrie der Lage, auch neuere Geometrie und projektive Geometrie genannt.

Visualisierte Erklärung

Culmanns Interesse an graphischen Methoden lässt sich bis zu seinen ersten Veröffentlichungen zurückverfolgen, bis zur Fachwerktheorie aus dem Jahr 1851, die zwar noch analytisch ist, aber bereits graphische Verfahren enthält.



Im zweiten Kapitel seines Reiseberichts behandelt Culmann zunächst die Theorie der Fachwerkbrücken und macht Versuche, die Statik des Fachwerks durch anschauliche Transformationen begreiflich zu machen. Zum Beispiel leitet er die Gleichgewichtsbedingungen für eine Howe'sche Brücke her und schreibt:

»Man kann sich demnach die Fachwerkbrücke dadurch erzeugt denken, dass man den oberen Teil ABC eines gewöhnlichen Sprengwerkes DBE geradezu abnimmt und nach A'B'C' heruntersetzt. Die beiden Hängeisen AA' und CC' haben dann natürlicher Weise das Gewicht sämtlicher zwischen ihnen verteilten Lasten zu tragen. Der Druck in AD hat sich währenddessen gar nicht geändert.«¹²⁵⁾

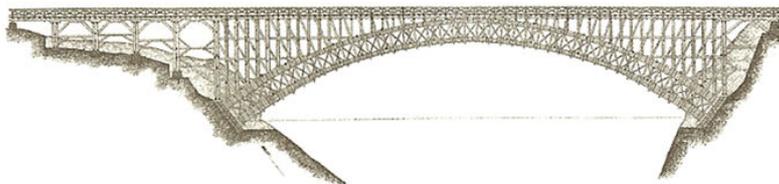
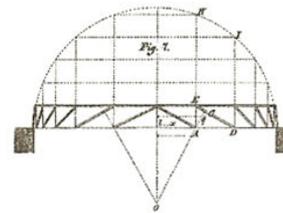
Die analytische Methode wird von Veranschaulichungsversuchen unterstützt. Wir werden in Anlehnung an Kurrer¹²⁶⁾ von Visualisierung sprechen, um den philosophisch allzu schillernden Begriff der Anschauung zu vermeiden. Man kann hier schon vermuten, dass für Culmann Verstehen eng mit Sehen verbunden war. Erklären heißt dann zeigen oder eben zeichnen. Die visualisierende Erklärung wird schließlich zum Berechnungsverfahren.

Die Aufgabe, die Culmann hier graphisch behandelt, ist die Frage nach der »vorteilhaftesten Neigung« der Streben, wenn sie alle gleich dick sind. Die Neigungen, die sich dabei rechnerisch ergeben, lassen

sich konstruktiv bestimmen, wenn man »sich vorstellt, die Brücke sei aus dem öfters abgebrochenen, in Form eines Kreises gesprengten Bogen gebildet worden.«¹²⁷⁾ Die Streben des Fachwerks ergeben sich demnach aus den parallel vom Bogen nach unten versetzten Abschnitten.

Das graphische Verfahren dient hier nur der visuellen Erklärung einer statischen Berechnung. Culmann spricht noch nicht aus, dass er mit seiner Visualisierung bereits eine graphische Lösung hat.

Im dritten Kapitel wendet Culmann die Fachwerktheorie an, um die Tragfähigkeit einiger Brücken zu analysieren. Dabei untersucht er auch Bogenbrücken, darunter die von Brown 1845 konstruierte hölzerne Cascade Bridge der Erie-Eisenbahn mit einer damals spektakulären Spannweite von fast hundert Meter. »Ich kann nicht umhin«, schrieb er hingerissen in seinem Bericht, »hier nochmals die Schönheit, Einfachheit und Zweckmäßigkeit des Baus hervorzuheben.«¹²⁸⁾



Cascade Brücke, Culmann

Culmann behandelt die Brücke als Gewölbe und analysiert die Statik des Bogens approximativ. Eine gute Gelegenheit, die graphischen Gewölbetheorien von Poncelet anzuwenden. Das Ziel: Einfachheit, Deutlichkeit und Visualisierung: »Die Berechnung der Mittellinie und des Moments aller am Bogen wirkenden Kräfte führt zu äußerst langwierigen Rechnungen. Da aber Einfachheit das Hauptergebnis der Formeln und Operationen ist, deren sich der Techniker bedienen soll, so habe ich hier zur graphischen Methode von Poncelet gegriffen, und zwar um so mehr, als diese zu gleicher Zeit ein deutliches, leicht zu überschauendes Bild von den am System wirkenden Kräften und ihrem Wachsen und Abnehmen gibt.«¹²⁹⁾ Einfachheit ist allerdings nicht das Stichwort, das uns als erstes einfällt, wenn wir diese Zeichnung betrachten.

Zeichnen statt rechnen

Culmanns erste Züricher Veröffentlichung erschien 1856 und handelte von den Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen. Thematisch blieb er in der Spur Poncelets und auch methodisch zeigte er sich als dessen Schüler: Analytische Herleitung und graphische Übersetzung, einfach deshalb, weil die Rechnungen zu kompliziert

124) Jacob Steiner, zitiert nach Fiedler. 1877, S. 84 f.

125) Culmann: *Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika*.

In: *Allgemeine Bauzeitung*, 16. Jahrg., 1851, S. 89

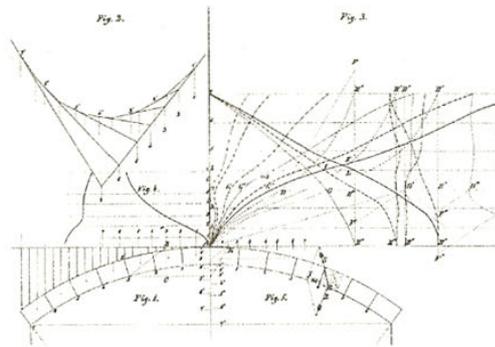
126) Kurrer, Karl-Eugen: *Von der graphischen Statik zur Graphostatik. Die Rezeption des Theorieprogramms Culmanns durch die klassische Baustatik*. *Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften*. Heft 23/1, 1994, S. 79–86

127) Culmann. 1851, S. 91

128) Culmann. 1851, S. 80

129) Culmann. 1851, S. 120

Graphische Methode in
Culmanns Hölzernen Brücken



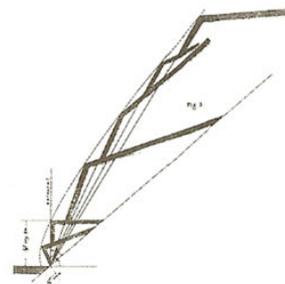
sind: »Die Formeln über die Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen gehören mit zu den kompliziertesten der Statik, und obgleich die Resultate sich unter eine sehr einfache Form bringen lassen, so ist die Ableitung derselben gewöhnlich äußerst langwierig. [... Ziel ist es daher,] hier eine direkte und sehr einfache Ableitung des Erddrucks kennen zu lernen, die außer der Einfachheit noch den großen Vorteil besitzt, immer die wirkenden Kräfte evident zu halten, indem dieselben nie durch ein Labyrinth algebraischer Deduktionen der direkten Anschauung entzogen werden.«^{130]}

Wieder die beiden Grundmotive: Einfachheit und Visualisierung. Hinzu kommt aber nun auch die graphische Herleitung anstelle umständlicher Rechnungen. Damit hat Culmann erstmals die Philosophie seiner graphischen Methoden formuliert. Sie sollen nicht nur einen hohen pragmatischen Nutzen haben, sie sollen vor allem ein statisches Problem augenfällig machen. Culmann wünschte sich dabei einen Benutzer graphischer Verfahren, der sich nicht vertrauensvoll der Mechanik der Zeichnung hingibt, sondern der in jedem Augenblick das statische Problem in seiner Konstruktion sieht. Die Konstruktion ist zugleich Lösungsmethode und Verständigungsmittel.

In all seinen Arbeiten zur Untersuchung des Erddrucks und der Stabilität von Stützmauern benutzt Culmann das Coulomb-Prinzip des abrutschenden Prismas vom größten Druck. Der erste Teil seiner Abhandlung von 1856 beschränkt sich auf die Stabilität aufgeschütteter Dämme, die nicht durch Mauern abgestützt werden. Culmann geht von der »natürlichen Böschung« aus – von der steilsten möglichen Böschung, die stabil bleibt – und stellt fest, dass unter diesem Winkel Material beliebig hoch aufgeschüttet werden kann.

Ist die Böschung steiler als die natürliche Böschung, dann bleibt sie bis zu einer gewissen Höhe dennoch stabil. Allerdings, je steiler die Böschung ist, desto weniger kann man aufschütten, ohne dass alles abrutscht. Um den Zusammenhang zwischen Böschungswinkel

und der Aufschütthöhe oder der maximalen Länge einer solchen Böschung zu bestimmen, stellt Culmann »Formeln für das Gleichgewicht des Erdkörpers« auf. Im Unterschied zu Coulomb und Poncelet berücksichtigt Culmann nicht nur die Reibungs-, sondern auch die Kohäsionskräfte. Sein rechnerisch ermitteltes Ergebnis deutet er folgendermaßen geometrisch: »Konstruiert man daher über der natürlichen Böschung des Geländes, welche mit der Vertikalen einen Winkel α bildet, eine Parabel, als deren Brennpunkt man den Fuß der Dammböschung betrachtet, so wird bei allen denjenigen Profilen, deren oberes Eck auf der Parabel liegt, deren obere Begrenzungsfläche mit der natürlichen Böschung konvergiert, das Bestreben des Prismas vom größten Druck mit dem Kohäsionswiderstand im Gleichgewicht sein.«¹³¹⁾ Die Neigung der oberen Fläche ist beliebig, muss aber kleiner als der sein, den die natürliche Böschung hat.



Parabelmethode
von Culmann

Zeichnen geht schneller

Ein Jahr später, 1857, schrieb Culmann eine weitere Arbeit im Stil von Poncelet, und zwar über den *Druck kreisförmiger Tonnengewölbe auf ihre Lehrgerüste*.

»Viel hat man sich in der letzten Zeit mit der Stabilität der Gewölbe beschäftigt, und die Arbeiten von Bauernfeind, Carvallo und Villarceau, welche diesen Gegenstand analytisch, dann die Poncelets und Michons, die ihn wunderschön graphisch behandelten, haben beinahe alles geleistet, was geleistet werden kann, bei so unbestimmten, meistens nur auf Vorraussetzungen beruhenden Daten«¹³²⁾, leitet er seine Untersuchung ein.

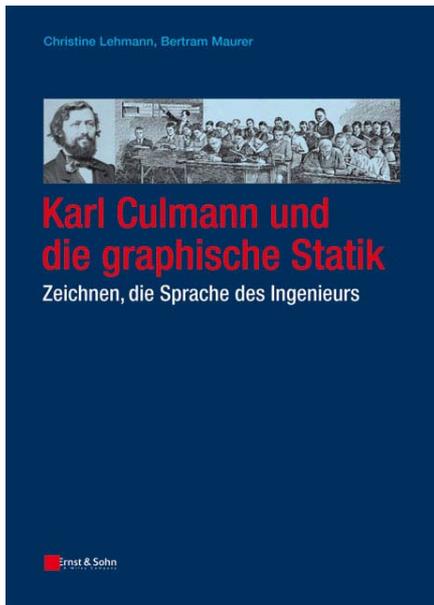
Eine wichtige Frage aber hat Culmann doch noch gefunden, die zu beantworten ist. Im Gegensatz zu den Genannten, befasst er sich nicht mit dem fertigen Gewölbe, sondern mit dem entstehenden. Es gilt, die Kräfte zu bestimmen, denen die Gerüste standhalten müssen, auf denen die Steine und Wölbungen ruhen. Wieder sollen dem Ingenieur graphische Methoden die Arbeit erleichtern. »Wie langwierig aber diese von Schicht zu Schicht fortschreitenden Rechnungen sind, weiß jeder, der sie vielleicht einmal auf der Schule durchführte, um sie nie mehr in der späteren Praxis zu unternehmen, in der alle Lehrgerüste nur nach dem Gefühl oder nach dem Muster schon ausgeführter Gerüste konstruiert werden. Hier will ich nun versuchen, den Druck, den kreisförmige Tonnengewölbe auf ihre Lehrgerüste ausüben, zu bestimmen und zu zeigen, wie mittelst graphischer Darstellung wenigstens der Druck der Gewölbe gleich bleibender Stärke leicht und schnell bestimmt werden kann.«¹³³⁾

130) Culmann. *Ueber die Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen*. Zürich 1856, S. 3

131) Culmann. 1856, S. 9

132) Culmann. 1857 Lehr, S. I

133) Culmann. 1857 Lehr, S. I



Maurer, B. / Lehmann, Ch.

Karl Culmann und die graphische Statik. Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs

Wer Ingenieurwissenschaften studiert hat, kennt die Culmann-Gerade. Die Person dahinter war Karl Culmann, Student in Karlsruhe, bayrischer Eisenbahnstreckenbauer und Professor für Ingenieurwissenschaften in Zürich. Bis heute wird Paris vom Eiffelturm überragt, konstruiert vom Culmann-Schüler Koechlin nach dem Grundprinzip Culmanns: Kräfte sichtbar machen. Um 1850 bereiste Culmann England und Amerika. Daraus ging seine Fachtheorie hervor, der erste Schritt zu einem komplexen System, mit dem Reißwerkzeuge statische Verhältnisse zu berechnen, das Ingenieure bis Anfang des 20. Jahrhunderts anwandten. Culmann hat jedoch auch charmant-bissige Reiseberichte verfasst, voller Sinn fürs kuriose Detail und versehen mit brillanten Analysen der englischen und amerikanischen Lebensverhältnisse. Dies ist die Biographie des Pfarrerssohnes aus der Pfalz mit raschem Verstand, des bayrischen Eisenbahnstreckenverlegers, der zum Vergnügen Mathematik betrieb, des Professors in Zürich, den seine Studenten zwar nicht verstanden, aber liebten, und des rastlosen Gutachters, der fast sämtliche Schweizer Wildbäche erwanderte und dem schließlich eine Reise nach Istanbul zum Verhängnis wurde.

Das Buch ist aus Bertram Maurers Arbeit über "Karl Culmann und die graphische Statik" hervorgegangen. Doch wo die sorgfältige Recherche des Technikhistorikers und Mathematikers in den Archiven an ihre Grenzen stoßen musste, erlaubt sich die Kunsthistorikerin und Krimiautorin, Christine Lehmann, den Menschen Culmann und seine Familie in ihre Zeit einzuordnen. Was hat Jules Vernes "Reise um die Welt in 80 Tagen" mit Culmanns Amerikareise zu tun? Wie lebte das Bürgertum? Und was haben Theodor Fontanes Romane und ein kubistisches Bild mit der graphischen Statik gemeinsam?

Ein Buch nicht nur für Ingenieure und Techniker mit historischem Interesse, sondern auch für Schöngestige, die gern einmal den Blick auf Brückenkonstruktionen und auf Planimeter riskieren.

(IV, 208 Seiten, 168 Abb. Gebunden. Erschienen 2006)

Aus dem Inhalt:

- KAPITEL 1 Zeichnen heißt erklären
- KAPITEL 2 Revolutionäre, Pfarrer und Ingenieure
- KAPITEL 3 Kindheit und Jugend
- KAPITEL 4 Im bayrischen Staatsdienst
- KAPITEL 5 Culmanns große Reise
- KAPITEL 6 Das Polytechnikum in Zürich
- KAPITEL 7 Die graphische Statik
- KAPITEL 8 Die zweite Auflage
- KAPITEL 9 Ich habe ein schönes Leben gehabt
- KAPITEL 10 Schicksal der graphischen Statik
- KAPITEL 11 Der Charme der graphischen Statik

Link Online-Bestellung

per Fax bestellen +49(0)30 47031 240

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis
	978-3-433-01815-6	Karl Culmann und die graphische Statik. Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs	€ 44,90/sFr 72,-
	904313	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos
	2091	Zeitschrift Bautechnik (1 Probeheft)	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich **Bestell-Code: 100 773**

Firma			
Ansprechpartner			Telefon
UST-ID Nr./VAT-ID No.			Fax
Straße/Nr.			E-Mail
Land	-	PLZ	Ort

Wilhelm Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und
 technische Wissenschaften
 GmbH & Co. KG
 Rotherstraße 21, 10245 Berlin
 Deutschland
 www.ernst-und-sohn.de



Datum/Unterschrift