

INHALT: Ueber die Beziehungen der Technik zur Mathematik. — Der Wettbewerb eines Aareüberganges von der Stadt Bern nach dem Lorrainequartier. IV. (Schluss.) — Miscellanea: Die Lehren des Brandes der Dresdener Kreuzkirche. Boote aus armiertem Cement. Internationaler Kongress für die Verhütung von Feuerbränden und die Prüfung von Schutzmitteln bei Bränden. Zahnradbahn von Chamonix auf den Montanvers.

Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. Die internationale Fernsprechnlinie Berlin-Budapest. — Vereinsnachrichten: Zwei Circulare des Central-Komitees an die Sektionen und Mitglieder des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Hiezu eine Tafel: Wettbewerb für einen Aare-Übergang von der Stadt Bern nach dem Lorraine-Quartier.

Ueber die Beziehungen der Technik zur Mathematik.

Vortrag, gehalten am ersten internationalen Mathematiker-Kongress 1897 zu Zürich von Prof. A. Stodola.

Die Bedeutung des Begriffes „Technik“ ist noch keine vollkommen klar umschriebene, vielleicht wegen des umfassenden Charakters dieses Begriffes. Sind doch unsere gesamten Kulturverhältnisse so sehr von technischen Einwirkungen durchsetzt, dass man unsere Epoche mit Recht als diejenige der aufblühenden Technik bezeichnen könnte.

Wollte man es versuchen, den Begriff „Technik“ zu definieren, so würde man als solche im allgemeinen, die auf eine gewerblich nutzbare Transformation und Verwendung des von der Natur dargebotenen Energievorrates und der Rohstoffe gerichtete Thätigkeit des Menschen verstehen können. Allein in dieser Allgemeinheit umfasst die Definition sämtliche Gewerbe, sowie das Handwerk; sie muss mit einer entsprechenden Einschränkung versehen werden.

Das Unterscheidungsmerkmal zwischen Technik und Handwerk bildet nach meiner Auffassung weder der Grossbetrieb, noch die Einführung der Arbeitsteilung, so wichtig diese beiden Faktoren für die Entwicklung auch sein mögen. Auch der göttliche Funke des erfinderischen Gedankens ist nicht ein Privileg des Technikers; müssen wir doch an Gegenständen des alltäglichen Gebrauches so häufig erfinderische Einfälle höchster Originalität bewundern. Allein der Handwerker schafft rein intuitiv, da wo er schöpferisch ist, und er schafft nach der Schablone, auf Grund rohester Empirie, da wo seine Begabung ihn nicht über den Zwang der Zunftregel emporzuheben vermag. Ich erblicke den wesentlichen Unterschied zwischen ihm und dem Techniker darin, dass letzterer die Resultate wissenschaftlicher Erkenntnis und wissenschaftlicher Methoden auf die zu lösenden Probleme anwendet.

Es ist bekannt, dass die Grösse mancher Industrie auf dem stillen Wirken ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter beruht. Manch überraschende Erfindung stellt sich bei näherer Prüfung ihrer Genesis als Folge planmässig fortgesetzter Forschungsarbeit und keineswegs als unvermittelter Einfall heraus. Jahrelang in Archiven schlummernde wissenschaftliche Arbeiten erlangen plötzlich eminente, praktische Wichtigkeit. Das Wort Dubois-Reymonds, dass es kaum eine noch so weltabgelegene wissenschaftliche Untersuchung gebe, die nicht im Laufe der Zeit praktischer Anwendung fähig wäre, bewahrheitet sich. Vor allem aber wird die Wissenschaft seitens der Technik geschätzt als kritische Leuchte, die eine klare Sichtung der ungeheuren Zahl von Möglichkeiten und Unmöglichkeiten gestattet. Sie bewahrt uns vor Vergeudung immenser Mittel und geistiger Arbeit an fruchtlose Versuche. Gleiche Fähigkeiten vorausgesetzt, verleiht die wissenschaftliche Ausbildung dem Techniker, rein durch die Schärfung des kritischen Urtheiles, eine grosse Ueberlegenheit über die reinen Praktiker.

Die höchsten Resultate werden erzielt, wenn Genie sich mit wissenschaftlichem Geiste paart. Ja wo das erstere vorhanden ist, kann auf weitere Attribute füglich verzichtet werden. Wie viel wir auf dem Gebiete der Technik genialen Einfällen verdanken, die von der Wissenschaft nicht vorbereitet, von ihr nicht vorhergesehen worden, ist bekannt, und nie wird uns ein Neidgefühl abhalten, dies vollinhaltlich anzuerkennen.

An Genie und Wissenschaft reiht sich als dritter Faktor der Entwicklung der beharrlich auf ein bestimmtes

Ziel hinarbeitende technische Scharfsinn. Nicht mit dem Gedankenfluge des Genius ausgestattet, der uns neue Horizonte eröffnet, auch nicht befähigt, durch gelehrte Forschung den exakten Zusammenhang der nur qualitativ erkannten Erscheinungen festzustellen, waren doch viele Techniker im stande, in unausgesetzter Konzentration auf eine Aufgabe den einen oder den andern Fortschritt anzubahnen. Als Summe der Arbeit von ganzen Generationen entstand so eine Reihe technischer Meisterwerke, im rechten Sinne Gemeingüter der technischen Welt.

Wie sehr Genie, Wissenschaft und beharrliche, zähe Arbeit die Quelle unserer Erfolge bilden, dürfte auch aus einem kurzen Rückblick auf die Hauptstationen des nunmehr zurückgelegten Weges erhellen.

In James Watt, mit dem die moderne Entwicklung anhebt, finden wir die drei vereinigt: den gottbegnadeten Maschinenbauer, den gelehrten Physiker und die eiserne Ausdauer. Es ist bekannt, dass der Dampfmaschinenbau fast bis auf unsere Tage von den Ideen Watts gezehrt hat. Die Anwendung auf die Schiffspropulsion und die Lokomotive bedingten mehr nur Thatkraft und technisch praktischen Scharfsinn.

Um die gleiche Zeit entstanden als summarisches Ergebnis vieler langsam fortschreitender Verbesserungen reiner Praktiker die Maschinen der Textil-Industrie und vieler anderer. Sehr frühe hingegen stand die Elasticitätstheorie dem Baukonstrukteur beim Entwurfe grosser Bauten, so besonders der Eisenbrücken als Beraterin zur Seite.

Einen fundamentalen Fortschritt verdanken wir der Wissenschaft in der Aufstellung des Prinzipes von der Konstanz der Energie, welches so recht für die Zwecke der Technik, man möchte sagen „erfunden“ worden zu sein scheint. Mit diesem koordiniert, und wenn eine Steigerung möglich, noch weittragender ist das Prinzip von Carnot-Clausius, welches wie ein heller Strahl das bis dahin verworrene Dunkel der Wärmemotorentheorie erleuchtete, und der erfinderischen Denkhätigkeit für alle Zeiten eine bestimmte Richtung wies. Mechaniker waren und sind es ja, die sich am ehesten an die Verfolgung des Irrlichtes von einem Perpetuum-mobile machen und deren Illusion nun, zum Teile so mancher, sonst dem Wahne anheimfallender Intelligenz gründlich zerstört wurde. Mehr noch als das ist im Satze von Clausius gethan, der die beschränkte Verwendbarkeit der Energie lehrt, und dem Nutzeffekt der Maschine einen eisernen Zwang auferlegt, welchen auch der himmelstürmende Erfinder mit Resignation anerkennen muss. Es ist schwer, sich vorzustellen, dass die Wissenschaft der Technik je noch ein Geschenk von so überwältigender, universeller Bedeutung darbieten könnte.

Die Technik bemächtigte sich denn sofort des ihr grossmütig dargebotenen Hilfsmittels. Der geniale Hirn machte als einer der ersten die Nutzenwendung auf die Dampfmaschine, durch Einführung überhitzten Dampfes zugleich den Vorrat ihrer Mittel, das ökonomische Ergebnis zu verbessern, um einen wichtigen Faktor bereichernd, dessen Bedeutung erst die neueste Zeit in das richtige Licht zu stellen vermochte.

Reine Intuition, in dunklem Drange „sich des rechten Weges doch bewusst“, hat zur Erfindung der Gasmaschine geführt, die einen neuen Markstein in der Geschichte der Wärmemotoren bedeutet. Nicht als Folge der Clausius'schen Anweisung, das Temperaturintervall der kalorischen Maschine zu vergrössern, entstand Ottos Schöpfung. Einem unwiderstehlichen Zwange folgend, begab sich der ehemalige Handlungsgehilfe auf das Gebiet des Erfindens, und nach jahrelangem, mühevollen Ringen gelang es ihm, seiner Idee zum glänzenden Durchbruch zu verhelfen. Erst in

allerletzter Zeit, da schon Tausende von Motoren der Industrie Dienste leisteten, unternahm es die Wissenschaft, die Vorgänge am Gasmotor zu erklären.

Ganz auf den Lehren der Thermodynamik beruht umgekehrt die Grundidee der neuesten Verbesserung in dieser Richtung, des Motors von *Diesel*.

Die Wechselbeziehungen der Wissenschaft zur Elektrotechnik zu schildern, hiesse offene Thüren eindrücken. Auch auf die Dienste, die sie dem Bauingenieurwesen geleistet hat, braucht nicht erst besonders hingewiesen zu werden. Es genügt, die Namen *Culmann*, *Maxwell*, *Castigliano*, *Mohr* zu erwähnen. Dass die chemische Industrie sozusagen ganz auf der chemischen Wissenschaft aufgebaut ist, wird allgemein anerkannt. Bemerkenswert ist die neuerdings vollzogene Abzweigung der Thermochemie und der Elektrochemie zu selbständigen Disciplinen und die fliegende Eile, mit welcher vor wenigen Jahren die chemischen Abteilungen den Unterricht in höherer Mathematik einführten.

Die Beziehungen der Technik zur Mathematik sind in ihren Beziehungen zur Wissenschaft überhaupt schon enthalten, denn für die Technik handelt es sich überall um die Erkenntnis des Gesetzes nicht nur dem Quale, sondern der Zahl und dem Masse nach. Sowie z. B. der Kaufpreis der Maschine auf einen Schilling oder Heller genau ausbedungen wird, so kann sich der Techniker von Tag zu Tag weniger dem Zwange entziehen, den Gütegrad, den Konsum seines Motors etc. etwa auf 1% genau zu garantieren. Wohl kommen für ihn unmittelbar nur die Anwendungen der Mathematik zur Geltung; allein in diesen soll er sicher und selbständig sein. Sicher, wo es sich um Anwendung schon durchgearbeiteter Fälle handelt; selbständig, um die immerfort auftauchenden, neuen Probleme bewältigen zu können. Deshalb ist eine tüchtige Schulung auch in reiner Mathematik unbedingt erforderlich. Die Anwendung der Mathematik seitens des in der Praxis stehenden Technikers besteht keineswegs im Einsetzen von Zahlenwerten in fertig vorgerechnete Formeln.

Die Ueberzeugung von der Notwendigkeit und Erspriesslichkeit einer exakteren mathematischen Behandlung technischer Probleme durch den Ingenieur ist besonders unter der jüngeren Generation viel verbreiteter, als dies manch älterer Fachgenosse zugeben möchte. Andererseits ist auch die Befähigung zu solcher Thätigkeit unter den praktischen Ingenieuren heute in viel grösserem Masse vorhanden, als man dies vor einem Decennium vorausgesetzt hätte. Zu dieser Behauptung gelange ich auf Grund aufmerkamer Beobachtungen der Praxis; sie führen uns dazu, auch die Frage des mathematischen Unterrichtswesens an den technischen Hochschulen zu erörtern, wobei ich indes vorwiegend die Verhältnisse der Abteilung für Maschineningenieure und Elektrotechniker im Auge habe. Meine Auffassung in dieser Frage ist die folgende:

1. Die Mathematik ist für den Techniker eine grundlegende Wissenschaft. Eine tüchtige Schulung in reiner Mathematik ist notwendig, um dem Techniker die erforderliche Sicherheit in ihrer selbständigen Anwendung zu verleihen.

2. Der Schwerpunkt des Unterrichtes in angewandter Mathematik falle in die technische Mechanik und technische Physik, welche in vorzüglichster Weise mathematische Schulung mit praktischer Anwendbarkeit verbinden und die wahren Grundpfeiler unserer wissenschaftlichen Ausbildung sind. Vermittelnde Fächer, wie die theoretische Maschinenlehre an den mechanischen Abteilungen verfallen leicht in den Fehler, den Studierenden entweder auf dem Gebiete auch der einfachsten Anwendung zu bevormunden und ihn so in der Entwicklung eigener Initiative zu beeinträchtigen; oder sie verlieren sich in einer vom rein wissenschaftlichen Standpunkt zwar berechtigten, minutiösen Analyse, deren Formelapparat, um nicht zu sagen Wust, aber den Studierenden verwirrt, und ihm den Ueberblick des logischen Grundgerippes erschwert. Diese Disciplin sollte deshalb aufgeteilt werden und zwar so, dass soweit sie noch Festigkeitstheorie einbegreift, diese an die technische Mechanik,

die Thermodynamik an die technische Physik, die angewandte Thermodynamik und Maschinenlehre an die betreffenden Fachdisciplinen abgetreten würden.

Es sei gestattet, nebenbei einen individuellen Vorschlag des Vortragenden zu citieren, der darin besteht, die technische Mechanik durch Aufnahme all der feststehenden Sätze der allgemeinen Physik zu erweitern, die zufolge ungezählter Verifikation nicht eines erneuten experimentellen Beweises für den Hörer bedürfen, vielmehr als allgemeine Sätze an die Spitze eines deduktiven Systemes gestellt werden können, wie etwa die Newtonschen Sätze in der Dynamik. Hiernach könnte der technischen Mechanik neben dem bisher behandelten Stoff zufallen die Thermodynamik einschl. der Theorie idealer Gase und die Elektrostatik und Dynamik, sowie der Magnetismus idealer Körper. Diese Einteilung würde gestalten, dem Hörer von Anfang an den Begriff der Energie in seiner Allgemeinheit zu vermitteln.

Der technischen Physik verblieben dann vorzugsweise die Messmethoden und die experimentell-mathematische Erforschung neuer, technisch wichtiger Erscheinungen.

Hier ist nun der Ort, eine wichtige Einschränkung und eine ernste (auf folgenden Motiven beruhende) Warnung vor Ueberreibungen auszusprechen.

1. Die Techniker sind kein homogener Berufsstand wie die Juristen, die Mediciner und andere. Ein grosser Teil der Technikerschaft hört im Laufe der Zeit auf, eigentlich technisch zu arbeiten, und muss sich, den Anforderungen des Grossbetriebes entsprechend, entweder der reinen Verwaltung oder der kaufmännischen Thätigkeit widmen. In beiden Fällen hört die wissenschaftliche Arbeit fast ganz auf; die Carrière und der objektive Erfolg der Wirksamkeit auf diesen Gebieten hängen mit der technischen wissenschaftlichen Bildung des Betreffenden nur sehr lose zusammen. Der klare, ungetrübte, praktische Blick, Menschenkenntnis, Energie sind hier allein massgebend. Wir können diesen Fachgenossen den Titel Techniker nicht absprechen, ihre Thätigkeit ist für das Gedeihen der Technik ebenso unentbehrlich, wie die des Konstrukteurs, auch können wir den betreffenden Aspiranten den Zutritt zur Hochschule nicht wehren. Der intellektuelle Wert einer tüchtigen mathematischen Schulung wird auch hier unbestritten bleiben, jedoch rein in logischer Beziehung. Wir dürfen uns nicht wundern, wenn diese grössere Hälfte der Abiturienten das ihnen an der Hochschule verabreichte Mass an reiner und angewandter Mathematik für zu hoch findet, und statt dessen eher Vorträge über Verwaltungsrecht, Buchhaltung, Kostenberechnung und ähnliches in das Programm aufgenommen zu sehen wünschte. Man könnte glauben, dass man diesen Wünschen durch entsprechende Verlängerung der Studienzeit gerecht werden könnte, allein mit seltener Einmütigkeit wendet sich eine grosse Mehrheit der Docenten sowohl wie der Praktiker gegen die Tendenz, den Techniker noch länger als bisher auf der Schulbank zurückbehalten zu wollen, mit dem Hinweis auf das bedeutend niedrigere Lebensalter, in welchem unsere englischen und amerikanischen Fachgenossen in die Praxis eintreten. Es sei als Symptom nebenbei erwähnt, dass eine wiederholte förmliche Abstimmung, die der Vortragende unter seinen eigenen Studierenden veranstaltete, stets den Wunsch hervortreten liess: es sei die Mittelschule zu kürzen und das Hochschulstudium zu verlängern.

2. Wenden wir uns nun zur kleineren Hälfte, zu den wirklich ausübenden Technikern. — Abgesehen von dem event. dazwischentretenden Militärdienst, oder einer praktischen Thätigkeit in Maschinenwerkstätten etc. vergehen mehrere Jahre, bevor der junge Mann die Schwierigkeiten des Anfanges überwunden, Beweise seiner Tüchtigkeit erbracht und eine einigermaßen selbständige Stellung sich errungen hat, in welcher nun die Vorteile seiner allgemeinen Ausbildung zur Geltung kommen sollten. Nichts wäre ihm erwünschter, als der Tendenz der Hochschulbildung folgend, die ihm vorgelegten Probleme wissenschaftlich zu analysieren und sich in streng systematischer Weise der Lösung zu nähern. Allein da türmen sich zwei nicht vorhergesehene Schwierigkeiten

vor ihm auf. Die erste bildet der Umstand, dass er nicht nur für den technischen, sondern auch für den kommerziellen Erfolg zu bürgen hat, d. h. dass er so billig wie möglich produzieren muss. Und zwar gilt dies nicht bloss von dem hergestellten Objekt, sondern auch von seiner eigenen Arbeit. Er nimmt mit Schrecken gewahr, dass die Praxis ihm zu einer systematischen Untersuchung die Zeit zu gewähren durchaus nicht gewillt ist; im wilden Konkurrenzkampf, dem auch seine eigene Leistung unterworfen ist, wird er mit unwiderstehlicher Gewalt der Empirie in die Arme getrieben.

Die zweite Schwierigkeit ist zum Teil subjektiver Art. Auf die Hochschule folgen, wie schon erwähnt, einige strenge Lehrjahre. Wie im Kriege die Künste, so ruht hier das an der Schule erworbene systematische Wissen. Die dem menschlichen Gehirn anvertrauten Eindrücke gleichen leider in so mancher Beziehung der Schrift im Sande. Wo es gilt, mit dem Wissen herauszurücken, findet man in der Regel, es sei dasselbe nicht mehr recht präsentabel und müsse wieder aufgefrischt werden. Wir wollen annehmen, es sei die hiezu nötige Energie vorhanden, und die sehr allgemeine menschliche Schwäche überwunden. — Dann erlebt unser Techniker die zweite, aber nicht die kleinere Enttäuschung. Er macht sich daran, die Erscheinung nach Mass und Zahl zu untersuchen, er fasst das Problem in eine Anzahl mathematischer Relationen zusammen, die in der Regel die Gestalt von Differentialgleichungen annehmen. Allein er findet, dass ihm die Fähigkeit abgeht, diese Gleichungen mit den angelernten Mitteln zu integrieren. Er sieht sein Kollegienheft durch, er blättert in den Compendien und konstatiert, dass die dort behandelten Probleme in der Regel die einfachsten Specialfälle darstellen, während die Praxis von ihm, wohin er nur blicken mag, die Lösung der verwickeltesten Komplikationen fordert. Eine weitere Vertiefung zeigt ihm, dass z. B. fast jedes Problem des Maschinenbaues unvermerkt in das Gebiet der mathematischen Physik hinüberführt; diese zu beherrschen, reicht aber im Durchschnitt weder seine Kapazität, noch weniger die knappe Lehrzeit hin, unser Techniker sieht sich vor den wissenschaftlichen Bankrott gestellt.

Der irrige Glaube an die Allgewalt des mathematischen Apparates kann selbstverständlich nicht den betreffenden Disciplinen zur Last gelegt werden; indessen mögen die Hinweise auf die Grenzen ihres Wirkungsbereiches spärlicher angebracht werden, als dies die Vorsicht erheischte. Die üblen Erfahrungen, die dem in einer Illusion Befangenen nicht erspart bleiben, haben viele dazu geführt, das Kind mit dem Bade auszuschütten. So musste sich die letzte Generalversammlung des Vereins deutscher Ingenieure mit dem Antrage befassen: es solle an den technischen Hochschulen eine obligatorische Vorlesung über elementare Ingenieurmathematik und Mechanik eingeführt werden.^{*)} Der Verein lehnte den Antrag, eingedenk der Aufgaben einer Hochschule, ab. In der That muss man vom Techniker verlangen, dass er: 1. den Begriff einer Funktion kenne, 2. dass er im Stande sei, Infinitesimalbetrachtungen korrekt durchzuführen. Allein der Antrag gab doch zu einer heftigen Diskussion Veranlassung. Ich kann auf Grund eigener Beobachtungen konstatieren, dass die übergrosse Mehrheit der Techniker in der Praxis die höheren und vor allem rein analytischen Methoden abstreift, um sich den elementaren oder den geometrisch-synthetischen zuzuwenden. Diese Scheu vor der Analysis wird dem Mathematiker von Beruf unbegreiflich erscheinen, vielleicht um so mehr, wenn wir eingestehen, dass es so häufig schon das der Aufgabe fremde Koordinaten-System und die bekannte Gruppe von Kosinus Relationen für Koordinaten-Transformationen sind, die uns abschrecken. Die Schwierigkeit liesse sich umgehen, wenn man dem Rat eines bedeutenden Gelehrten folgte, *invasivum zu denken, ohne deshalb invasivum rechnen zu müssen*. Allein die Trennung dieser beiden erheischt eine so souveräne Beherrschung des rechnerischen Apparates, wie sie dem

Techniker nicht zu Gebote steht. Da wo die technische Litteratur ihre eigenen Pfade wandelt, hat sie sich denn auch ganz den synthetischen Methoden zugewendet. Beispiele hiefür bilden die graphischen Methoden in den Baukonstruktionsfächern, die Geschwindigkeitspläne des Turbinenbaues, die Schieberdiagramme für Dampfmaschinen und die sogenannten Vectordiagramme in der Elektrotechnik.

Ich möchte das Gesagte in folgendem Satz zusammenfassen:

Wenn wir lediglich die Rücksicht auf die praktische Anwendbarkeit walten lassen, so muss zugegeben werden, dass die technischen Hochschulen in ihren reglementarischen Studienplänen an mathematischen Disciplinen, insbesondere hinsichtlich der analytischen Methoden für die grosse Mehrheit der Techniker zu viel, umgekehrt, wie unten nachgewiesen, für eine kleine Minderheit zu wenig bieten.

Für den grossen Durchschnitt kommen diese Disciplinen im Wesen nur vermöge ihrer allgemein bildenden Eigenschaften in Betracht und es kann die Folgerung nicht umgangen werden, dass Kompromisse nicht nur bezüglich ihrer Ausdehnung, sondern auch ihrer Methoden im Interesse einer harmonischen Gesamtausbildung geboten sind. Ein Herabsteigen von der hohen Warte höchster begrifflicher Strenge zu den naiveren Anschauungen der ersten Begründer, ein möglichst früher Uebergang zu praktischen Anwendungen, vor allem aber ein langes Verharren bei den Grundprincipien und eine weitgehende Einschränkung des Umfanges nach oben hin wären etwa die Wünsche, die wir im Interesse jener grossen Mehrheit der Techniker zu stellen hätten. Dass bei der Feststellung des Umfanges vor allem die Ratschläge der betreffenden Fachlehrer zu berücksichtigen sind, versteht sich nach Obigem von selbst.

3. Die Opposition der Praxis fusst des weiteren auf folgendem Grunde: Es besteht ein wesentlicher Unterschied auch im wissenschaftlichen Schaffen des Technikers und des Mathematikers oder Physikers. Es wird auf dem Gebiete des Maschinenwesens nie, oder nur in ausserordentlich vereinzelt Fällen gelingen, eine neue Konzeption auf den ersten Wurf in die Praxis umzusetzen; kommen doch hier Einflüsse ins Spiel, die jedem wissenschaftlichen Ansätze spotten. Ein gutes Beispiel hiefür bildet der neueste Wärmemotor. Auf den unantastbaren Grundlagen der Thermodynamik füssend, entwarf Ingenieur Diesel einen Kreisprozess und eine Wärmemaschine, die an Wirtschaftlichkeit alle bisher vorhandenen weit übertreffen sollte.^{*)} Ein Consortium stellte dem Erfinder unbeschränkte Mittel zur Verfügung. Die ersten Autoritäten der technischen Wissenschaft erkannten die Richtigkeit des Grundgedankens an. Es begannen die ersten Versuche, die fehl schlugen; Maschine auf Maschine wurde neu entworfen, Jahr für Jahr verging, und im Verlaufe dieses harten Ringens bröckelte ein Stück des Ideales nach dem andern ab, eine Konzession um die andere musste an die harte Wirklichkeit zugestanden werden; eine gewaltige Summe verschwand, bis der erste betriebsfähige Motor dastand.^{**)} Und warum dies? Weil die Schwierigkeiten des Schmierens zu überwinden waren, weil es so lange ging, einen Verbrennungsprozess zu erzielen, der theoretisch leicht verwirklichtbar erschien. Vier mühevollen Jahre dauerte es, bis die Idee in Stahl und Eisen gekleidet war und das Verdienst des Maschinenbauers scheint mir hiebei nicht geringer, als das des ursprünglichen Erfinders.

Fälle dieser Art führten den mehr intuitiv arbeitenden Techniker zum bekannten Ausspruch: *Probieren geht vor Studieren*. Der Ausspruch übertreibt masslos, enthält aber ein Körnlein Wahrheit. Der Hinweis auf die Notwendigkeit des Versuches ist das Wahre an ihm; die grosse Bewegung für Ingenieurlaboratorien basiert auf diesem leitenden Princip. Die experimentelle Forschung und die Messkunde, auch wieder in Gestalt technischer, vereinfachter Methoden,

^{*)} S. Schweiz. Bauztg. Bd. XXIV S. 56.

^{**)} Ueber die bezüglichen Versuche und deren Ergebnisse hoffen wir in den folgenden Nummern ausführlich berichten zu können. Die Red.

^{*)} vgl. Schweiz. Bauztg. Bd. XXIX S. 147, Bd. XXX S. 15.

erhalten im Unterrichtswesen eine erhöhte Bedeutung, der für sie zu schaffende Platz im Unterrichtsprogramm wird notgedrungen nur auf Kosten aller übrigen, also auch der mathematischen Disciplinen, zu gewinnen sein.

Nachdem im Obigen die Interessen der Majorität besprochen wurden, bleibt uns übrig, auch die Fahne der wissenschaftlich arbeitenden, technischen Minorität hochzuhalten. Man pflegt die Mitglieder derselben als die Stabs-offiziere der Technik zu bezeichnen, welcher Vergleich aber in mehrfacher Beziehung hinkt. Weder ist ihre ökonomische Stellung gegenüber anderen Berufsgenossen eine bessere, noch auch fällt ihnen die Aufgabe ausschliesslich zu, die leitenden Ideen für den technisch-strategischen Aufmarsch anzugeben; vielmehr wird häufig ihre ganze Vorarbeit durch Seitensprünge kecker Erfinder, die dann, um das Bild fortzusetzen, mit verwegenen Husarengenerälen zu vergleichen wären, zu nichte gemacht. Es ist Thatsache, dass die wissenschaftliche Arbeit, es sei denn, dass sie von hervorragenden Erfolgen begleitet ist, in der Praxis schlecht entlohnt wird, und eben darum bildet die Minderheit, die ihr obliegt, gewissermassen die Gruppe der technischen Idealisten. Merkwürdigerweise ist an den technischen Hochschulen bis jetzt wenig für sie gethan worden. Vielfach begnügt man sich zu konstatieren, dass ein junger Mann Talent und ernstes Streben zeige, und überlässt ihm seinem Schicksal mit dem Hindeuten, der werde schon von selbst seinen Weg finden. Gegen diese Auffassung hat der Verein der Ingenieure Stellung genommen in seinem Beschluss, dass die technische Hochschule zwar vor allem den Bedürfnissen des grossen Durchschnittes Rechnung tragen, dass sie aber auch die Mittel für die höchste wissenschaftliche Ausbildung derer gewähren solle, die eine solche anstreben. Man kann diese Forderung nur aus vollem Herzen unterschreiben. Hier ist ein dankbares Feld für Aufklärung in höherem Sinn. Für diese Minderheit reicht der Umfang unseres normalen Studienplanes nicht hin; sie ist bei Zeiten aufzuklären, dass mit der Bewältigung der Elemente der höheren Analysis erst die Vorhalle eines herrlichen Gebäudes betreten ist. Für diese Bevorzugten, welchen auch die Güter schaffende Praxis im Dienste der Wissenschaft zu verharren gestattet, ist nichts zu gut, und sie sollten nicht, mit mehr oder weniger gelindem Druck, von der Schule abgedrängt werden, als sei der von vornherein für die Praxis verloren, der wissenschaftliche Ideale hegt. Dass, nebenbei gesagt, die technischen Hochschulen selbst gesonnen sind, diese Minderheit zu den Höhen der Wissenschaft hinaufzuführen, ist von selbst klar; die vielleicht missverständliche Auffassung, als seien die Universitäten gewillt, ihnen hierin Konkurrenz zu machen, musste eine Opposition hervorrufen.

Die bisherige Darlegung erschöpft auch für unsere Skizze die Beziehungen der Technik zur Mathematik noch nicht. So wenig der Handelsbessene die Abstraktion eines nur dem Gesetze von Anfrage und Nachgebot gehorchenden, mit allen Sinnen nur auf den Erwerb gerichteten, organischen Schemens im Sinne der Nationalökonomie ist, ebenso wenig geht der Techniker in der Betrachtung seiner Messlatten oder Riemscheiben und Stehlagern auf. Auch wir fühlen uns als Glieder des Teiles unserer menschlichen Gemeinschaft, welcher ein *Bildungsideal* besitzt. — Die Frage, wohin die Entwicklung geht, welche Stellung der einzelne als ethisches Wesen einzunehmen hat, welches die letzten Gründe unseres Handelns sein müssen, bewegt uns ebenso tief, wie andere gebildete Stände. Im Ringen nach einer motivierten Weltanschauung werden aber für uns die Aufschlüsse der exakten Wissenschaften vor allem massgebend sein, denn mehr als andere kommen wir in die Lage, unser Leben im Glauben an die Konstanz der Naturgesetze aufs Spiel zu setzen, die Sicherheit desselben einer mathematischen Relation, die unserer Konstruktion zu Grunde lag, anzuvertrauen. Nur vom Boden der exakten Wissenschaften her, für welche wieder die Mathematik der Lebensnerv ist, entspringt für uns eine einwandfreie Erkenntnis; sie sind nach meiner Auffassung berufen, das letzte Wort in allen Fragen nach dem Wesen der Dinge zu sprechen. Dass auch hier

voreilige Verallgemeinerungen auftreten können, die uns verwirren und deprimieren, muss zugegeben werden. Die Welt nach dem Bilde *Dubois-Reymond*, aufgelöst in ein Wirrsal reinen Centrakräften unterworfenen Atome und Moleküle, deren Bewegungsgleichungen auch schon durch einen überlegenen Geist integriert gedacht werden können und die Zukunft nur von einem bestimmten Werte der Zeit abhängig, ist eine trostlos öde Grundlage für eine ethische Weltanschauung. Allein wir lesen in der Thermodynamik des Herrn *Poincaré*, dass diese Annahme unzulässig sei. Er weist nach, dass schon die Erklärung des Satzes von *Clausius* auf mechanistischem Wege nicht stichhaltig ist. — Hinter dem einfachen Atom, der einfachen Centrakraft ist also noch etwas anderes, vielleicht ein anderes Princip, vielleicht eine endlose Mannigfaltigkeit zu vermuten. Wenn sich dies bewahrheitet, dann wäre der *unwissenschaftliche Materialismus überwunden*. Und die Hoffnung hiezu schöpfen wir nicht aus den Aussagen der Mystiker, oder aus metaphysischen Systemen: sie wird uns vermittelt als Resultat der höchsten, bestkontrollierten, wissenschaftlichen Abstraktion, die wir kennen. An diesen Fragen werden auch wir Techniker immerdar das höchste Interesse nehmen; wir sind dazu durch unsere Vorbildung mehr als andere Stände berechtigt, ich möchte sagen, verpflichtet; sie schlingen ein fernerer Band um Sie und die Ihnen schon so nahe stehende Technik.

Der Wettbewerb eines Aareüberganges von der Stadt Bern nach dem Lorrainequartier.

(Mit einer Tafel.)

IV. (Schluss.)

Entwurf: „Per aspera“. Die Lage der Brücke ist nordwestlich der Eisenbahnbrücke, in einem Abstände von 80 m von der Achse der Letztern bestimmt. Die Fahrbahn ist, wie bei allen andern Projekten, horizontal gewählt. Die links- und rechtsseitigen Zufahrten erhalten dann die entsprechenden Gefälle.

Die Hauptöffnung wird durch einen eisernen Bogen von 111,2 m theoretischer Spannweite mit 20,55 m Pfeilhöhe gebildet; für die seitlichen Anschlüsse ist eine Steinkonstruktion, der neuern Richtung folgend, aus Beton mit Spitz- und Hausteinvorverkleidung vorgesehen. Die beiden monumentalen Hauptpfeiler sind auf Molasse fundiert und haben auf Fahrbahnhöhe eine Stärke von 5,60 m. Auf beiden Seiten schliessen sich Betonbögen an, welche als Gelenkbögen konstruiert, eine Lichtweite von 21 m haben. Bei der Steinkonstruktion ist darauf Wert gelegt worden, den unter Fahrbahnhöhe liegenden Teilen mit möglichst wenig Aufwand an Quadern eine architektonisch richtige und gefällige Form zu geben. Sämtliche Pfeiler sind in zwei Hälften geteilt, die etwas unter Kämpfer der Hauptgewölbe mittels eines Quergewölbes mit einander verbunden sind. Die Gewölbe der Seitenöffnungen sind als Dreigelenkbögen konstruiert. An den Gelenken befinden sich je zwei Quaderschichten, welche, eine Fuge bildend, den Betonbogen unterbrechen, während die Fuge durch eine in ihrer Mitte angebrachte Bleilamelle offen bleibt. Da Setzungen nicht mehr eintreten, so werden die Fugen der Gelenke mit Cement ausgefüllt. Die Fahrbahn ist aus Betongewölben von 1,8 m gebildet, die sich auf Querwände von 0,36 m Stärke stützen. Die gesamte Steinkonstruktion ist so durchgeführt und berechnet, dass nirgends Zugspannungen auftreten können. Die Widerlager des grossen Bogens sind zweiteilig und schmiegen sich an die Hauptpfeiler. Die als Widerlager der Seitenöffnungen auftretenden Brückenköpfe sind möglichst leicht konstruiert und bestehen, wie sämtliche Pfeiler, oberhalb der Kämpfer aus Längswänden, welche die Quergewölbe der Fahrbahn tragen. Für den Fall einer Setzung der Widerlager werden zwei Betonstreben zwischen Widerlagersohle und Hauptpfeiler vorgeschlagen.