

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

63

Bestræbelser paa Omraadet „Bærende Konstruktioner”

FOREDRAG VED EKSAMENSAFSLUTNINGEN PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT
DEN 31. JANUAR 1912

AF

PROFESSOR **A. OSTENFELD**, M. ING. F.

SÆRTRYK AF »INGENIØREN« NR. 14, 1912

KØBENHAVN

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (M. A. HANNOVER)

1912

Bestræbelser paa Omraadet „Bærende Konstruktioner”

FOREDRAG VED EKSAMENSAFSLUTNINGEN PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT

DEN 31. JANUAR 1912

AF

PROFESSOR A. OSTENFELD, M. ING. F.

SÆRTRYK AF „INGENIØREN” NR. 14, 1912

KØBENHAVN

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (M. A. HANNOVER)

1912

Bestirbelses das

Ommandet „Berende Konstruktion“

Verfahren und Erfindungsbereich mit dem die Konstruktion

Prozess A. OSTENFELD, N. D. 1912

Verfahren A. OSTENFELD, N. D. 1912

Verfahren A. OSTENFELD, N. D. 1912

Verfahren A. OSTENFELD, N. D. 1912

Verfahren A. OSTENFELD, N. D. 1912

Aar for Aar stilles der den konstruerende Ingeniør større og større, eller rettere vanskeligere og vanskeligere Opgaver. Vanskeligheden behøver nemlig slet ikke at ligge i Opgavens Størrelse, at der f. Eks. er Tale om en Bro med særlig stor Spændvidde eller lign.; den kan lige saa godt hidrøre fra de stillede Betingelser i Forbindelse med lokale Forhold, f. Eks. vidtgaaende Hensyn til Udseendet, kneben Konstruktionshøjde, snævre Grænser for Bekostningen, eller for at nævne et Par Tilfælde, der ikke har noget med »store« Konstruktioner at gøre, Fordringen om, at Søjlerne i de nedre Etager i et Pakhus af Pladshensyn højst maa faa en vis (i Forhold til Trykket kneben) Diameter, eller Ønsket om at faa en Etageadskillelse, der baade er lyddæmpende, brandsikker, o. s. v., og som i Henseende til Bekostning dog kan konkurrere med de eksisterende, mindre fuldkomne.

Disse større og større Fordringer bevirker naturligvis, gennem den stadige Anspændelse af Ingeniører og Konstruktorer for at tilfredsstille dem, en stadig fortsat Udvikling af de til Raadighed staaende Hjælpemidler, baade praktiske og teoretiske, og jeg skal nu ved at fremdrage nogle Hovedpunkter søge at give et Begreb om, i hvilken Retning Bestræbelserne i Øjeblikket gaar, og hvor man støder paa endnu ikke klarede Vanskeligheder.

I. Praksis.

Idet jeg begynder med den praktiske, konstruktive Side af Sagen, ligger det nær først at nævne Byggematerialerne. Ved at se tilbage faar man her et tydeligt Indtryk af, hvorledes Udviklingen foregaar med voksende Hastighed. I hele Oldtiden og Middelalderen og lige op til 1779 kendte man som Hoved-Byggematerialer kun Murværk og Træ. I 1779 byggedes den første Støbejernsbro, og i de følgende ca. 70 Aar blev det mere og mere alene Støbejernet, der var Tale om som Materiale for større Broer. Derefter kom Svejsjærnsperioden i ca. 40 Aar, og siden 1890—95 er Blødt Staal, i Amerika ogsaa de noget haardere Kvaliteter, nogenlunde eneherkende som Jærn-Konstruktionsmateriale.

Imidlertid synes denne Kulstofstaal-Periode at skulle blive endnu kortere end de foregaaende, i alt Fald for de større Broers Vedkommende. Allerede i 1897 foresloges i Tyskland ved en bestemt Lejlighed*) Anvendelse af Nikkelstaal, men dette Materiale er dog først anvendt i Amerika til en Del af Konstruktionerne i de to

i 1903—09 byggede store Broer over East-River i New York og anvendes f. T. i langt større Udstrækning, f. Eks. i Quebec-Broen over St. Lawrence. Ogsaa i Tyskland har man (først Gutehoffnungshütte) siden 1910 bygget allerede en Del mindre Broer helt af Nikkelstaal*). Foruden Nikkel har man ogsaa eksperimenteret med andre Tilsætninger, navnlig det billigere Krom og det dyrere Vanadium, men i Øjeblikket synes der at være størst Udsigt for Nikkelstaal som den nærmeste Fremtids Konstruktionsmateriale til større Broer. I Tyskland er man hermed gaaet til en 60 pCt. højere tilladelig Paavirkning end for det sædvanlige Kulstofstaal, og hvad dette betyder baade konstruktivt og økonomisk, navnlig naturligvis ved de store Konstruktioner, hvor Egenvægten spiller en væsentlig Rolle, behøver næppe nogen nærmere Udvikling.

Foruden disse Bestræbelser angaaende Hovedmaterialet til Jærnkonstruktioner skal jeg endnu nævne et Par Ting af i Forhold hertil noget mindre Betydning: den stadig stærkere Anvendelse af Staalstøbegods, ikke blot i Stedet for Støbejern, men nu ogsaa en Gang imellem til Erstatning for nittede Detailler**); og endvidere Kampen mellem Kæde og Kabel ved Hængebroer, som vel endnu ikke er endt, men som dog sikkert vil falde ud til Fordel for det ædlere Materiale i Staaltraads-Kablerne.

Men dernæst har vi jo i de sidste 15—20 Aar set Jærnbetonen trænge sig frem som et nyt og i mange Henseender udmærket Konstruktionsmateriale. Det egner sig først og fremmest til de mindre Konstruktioner, navnlig i Husbygning o. lign., hvor dets Brandsikkerhed, Massivitet og ogsaa ofte økonomiske Fortrin letter det Konkurrencen, men man er dog allerede naaet op til 100 m Spændvidde for en Buebro****) og til 65 m Diameter for en Jærnbeton-Kuppel†), og der kan snart ikke nævnes nogen Slags bærende Konstruktion, hvor Jærnbetonen ikke har funden Anvendelse. Og til Trods for dette Konstruktionsmateriales Nyhed fremkommer der ogsaa her forbedrede Former, ikke blot forbedrede Konstruktioner til specielle Anvendelser, men Ting, der paa en vis Maade kan sidestilles med de omtalte nye Staalsorter paa Jærnkonstruktions-Området, saaledes »Beviklet Beton« eller for at nævne det nyeste, først i de sidste Dage offentlig-

*) I Amerika anvendes $3-3\frac{1}{2}\%$ Nikkel, i Tyskland $2-2\frac{1}{2}\%$. Nærmere om de enkelte Anvendelser i »Der Eisenbau« 1911, S. 81—93.

**) F. Eks. til Hjørneforbindelser i Vierendeel-Drager (»Der Eisenbau« 1911, S. 384), til Leje-Detailler ved amerikanske Broer o. s. v.

****) Over Tiber i Rom, »Beton u. Eisen« 1911, S. 304.

†) Over en »Festhalle« i Breslau, »Beton u. Eisen«, 1911, S. 328.

*) Af Nürnberg-Gustavsburg ved Konkurrencen om Gadebroen over Rhinen i Worms (se *Mehrtens*: Eisenbrücken I, S. 680).

gjorte, v. *Empergers* Idé, at anvende Støbejerns Søjler eller Stænger med en beviklet Beton-Omhylning, hvorved han synes at være kommen ud over Støbejernets sædvanlige Upaalidelighed; hvis ellers Resultaterne af de første, dog allerede ret omfattende Forsøg*) bekræftes ved de paatænkte større Forsøgsrækker, synes denne nye Kombination at maatte frembyde betydelige økonomiske Fordele (til Søjler i Husbygning, Tryk-Flanger i Bjælker, Bue-Konstruktioner).

Jeg kommer dernæst til den konstruktive Side af Sagen, hvor Bestræbelserne naturligvis gaar ud paa at udnytte Materialerne det mest mulige. Hvad specielt Jærnkonstruktioner angaar, skal jeg dog straks fremhæve, at man ganske er kommen bort fra at betragte de mest spindelvævsagtige Konstruktioner som de mest fuldkomne. Tværtimod foretrækker man nu baade af Hensyn til Sikkerheden og Vedligeholdelsen, de massivere Former; det er kort sagt nu, langt mere end tidligere, det økonomiske i det hele taget, Anlæg plus Vedligeholdelse, der er det afgørende. — Med det samme skal jeg nævne, at man nu ogsaa ofte lægger stor Vægt paa Konstruktionens Udseende. Man har lært, at det ofte med smaa Midler er muligt at faa tiltalende Linier frem, og at det ikke er nødvendigt at ofre store Summer paa en paaklistret Udsmykning.

En bedre Udnyttelse af Materialet kan naas ad to Veje, enten ved at bruge rationellere Former af Konstruktionen som Hele eller ved at forbedre Konstruktions-Detaillerne, saaledes at man kommer Beregnings-Forudsætningerne saa nær som muligt. I begge Henseender er man naaet ret vidt i Sammenligning med Forholdene for blot 20—30 Aar siden, men den nærmere Udvikling heraf vilde føre ind paa faglige Specialiteter, som jeg ikke skal trætte Dem med her**). — For dog at give et Begreb om, at der ad disse Veje kan naas og er naaet noget betydeligt, skal jeg blot som Eksempel nævne Victoria-Broen over St. Lawrence ved Montreal, der byggedes i

1854—60 efter Projekt af *Stephenson* som en Rørbro med massive Sidevægge; i 1897 erstattedes den af en moderne Gitterbro, hvis Overbygning ganske vist vejer dobbelt saa meget som den gamle, men kan bære 5 Gange saa stor en tilfældig Belastning*).

Inden jeg slutter denne Omtale af den praktiske Konstruktion, skal jeg eksempelvis nævne et Par af de Punkter, hvor man endnu ikke har fundet nogen tilfredsstillende Løsning. De angaar begge Konstruktionen af Jærnsøjler eller Trykstænger; det første drejer sig om Forbindelserne mellem de enkelte Dele, hvoraf Trykstangen muligvis er sammensat, og er kun til Dels af konstruktiv, i Virkeligheden mere af teoretisk Natur, det andet om den Form, man skal give Tværnittet i meget svære Trykstænger. Begge Vanskeligheder er man, som bekendt, i Forth-Broen kommen ud over ved at anvende indvendigt afstivede Pladejerns-Rør, en Løsning, der for Stængerne selv ganske vist er meget ideal, men som fører til højst besværlige og klodsede Forbindelser i Knudepunkterne, og som derfor næppe nogen Sinde vil blive direkte efterlignet. At det imidlertid ikke er saa let at finde noget bedre, har man for nylig faaet Bevis for ved Quebec-Broen (med ca. 30 m større Aabning end Forth-Broen), idet denne Bro, som jeg senere skal komme tilbage til, styrtede ned under Montringen paa Grund af for svage Hoved-Trykstænger.

II. Teori.

Jeg kommer nu til Teoriens Stilling og de her foreliggende Opgaver. — Ser man et Øjeblik tilbage i Tiden, vil man let erkende, at Teorien i Reglen er kommen bag efter Praksis, som den naturlige Udvikling ogsaa maa føre det med sig. Dels maa der nemlig udefra foreligge en Anledning til Opstilling af en Beregning, ellers bliver den ganske simpelt ikke opstillet, dels kan Praksis ikke vente paa, at Teorien bliver færdigt udformet. Og at man har kunnet naa endog meget vidt uden, eller dog med et Minimum af Teori, kan der nævnes mange Eksempler paa. Et af dem, der har givet i alt Fald mig den største Respekt for den medfødte praktiske Følelse, er de Træbroer, man naaede til at bygge i den sidste Halvdel af det 18de Aarhundrede; jeg skal blot nævne Broen over Limmat ved Wettingen, der i 1778 byggedes af de ganske ustuderede Tømmermestre Ulrich og Johann Grubemann fra Teufen; Broen havde 119 m Spændvidde, vistnok den største, der overhovedet er naaet med en Trækonstruktion. Men for øvrigt gælder det f. Eks. ogsaa om de senere Støbejerns-Buebroer, om de første Gitterbroer af smedeligt Jærn, om de fleste udførte Kupler, og det samme har vi nu set gentage sig med Jærnbetonen, om end paa en lidt anden Maade. Og i det hele taget er det jo givet, at den konstruerende Ingeniør, selv med det høje Standpunkt, som Teorien for bærende Konstruktioner nu indtager, hvert Øjeblik træffer paa Ting, hvor han i allerhøjeste Grad maa stole paa sit Skøn, sit Øje, sin Følelse, eller hvordan man nu vil udtrykke det.

Ogsaa paa det teoretiske Omraade er Udviklingen i de sidste 50 Aar foregaaet med voksende Hastighed, og

*) Vil ifølge Meddelelse fra v. *Emperger* blive offentliggjort i 3dje Hæfte af »Bericht des österr. Eisenbeton-Ausschusses«; er dog i Mellemtiden udkommen som særlig Pjece, Berlin, Jan. 1912, Ernst & Sohn.

**) Man kunde nævne: Oplosningen af Sten- og Jærnbeton-Hvælvinger i enkelte Bueribber med Søjler til Understøtning for Brobanen, Anvendelsen af matematisk korrekte Stangsystemer i Stedet for de tidligere Rørbroer eller tætmaskede Gitterdragere, nye Former for Gitterudfyldningen (K-Gitter o. l.), Vierendeel-Bjælker, Gisclards stive Hængebro, der kun indeholder strakte Led, saa der kan bruges Kabler overalt (»Pont de la Cassagne«, Midteraabning 156 m, se »Génie Civil«, 20.—27. Febr. 1909), 4-Charniers-Buen (»Der Eisenbau« 1910, S. 150), Flytning af Vederlags-Charniererne i en Tre-Charniers-Bue ud i Aabningen (baade ved Hvælv- og Jærn-Broer, Austerlitz-Broen i Paris), Udformning af To-Charniers-Buen med Trækstang som Gerber- eller kontinuerlig Drager, o. s. v., og vedrørende Konstruktionsdetaillerne: den korrektere Udformning af Brodragernes Lejer (dobbelt Bevægelighed ved to Rullelejer over hinanden, Kugletapper i Vuggelejer, Formindskelse af Friktionen i et Rulleleje ved Indlæggelse af et System af Ruller mellem Top og Pande — Bro over Ohio ved Beaver, »Eng. News« 26. Jan. 1911 —, særlige Vind- og Bremslejer), nye og forbedrede Charnierkonstruktioner, korrektere og klarere Knudepunktskonstruktioner (lagdelte Knudeplader, Gaffeldeling af Stængerne, Universalstød), Formindskelse af de sekundære Spændinger i Brobanekonstruktionen ved Indskydelse af Afbrydelser, fritsvævende Brobanekonstruktion, o. fl.

*) Ifølge H. G. Tyrrrel: History of bridge-engineering, Chicago 1911, S. 200.

med saa stor Hastighed, at man ofte maa forbavses over, at det virkelig kun er saa kort Tid siden, Løsningen paa det eller det Spørgsmaal er funden. Ligesom ved Om-talen af den praktiske Konstruktion ovenfor skal jeg imidlertid ogsaa her afholde mig fra at gaa i Detailler*).

Derimod skal jeg sige et Par Ord om Bestræbelserne i Øjeblikket, de Punkter, hvor der endnu trænges til nærmere Undersøgelser. Disse Punkter kan i Almindelighed henføres til to Klasser, eftersom Vanskelighederne overvejende er af matematisk eller af mere praktisk Natur. — I første Tilfælde kan Vanskeligheden igen være af højst forskellig Art, hvad jeg skal oplyse ved et Par Eksempler. Det kan saaledes maaske dreje sig om Anvendelsen af den matematiske Elasticitetsteori paa Opgaver, for hvilke det hidtil ikke er lykkedes at finde en simplere tilnærmende Løsning, saaledes som det jo ellers er den almindelige Fremgangsmaade ved tekniske Beregninger; eller der kan være Tale om Spørgsmaal, der rent principielt er simple nok, men hvor den virkelige Gennemførelse af Talberegningerne støder paa undertiden næsten uovervindelige Vanskeligheder. Den sidste Art af Problemer beror i Almindelighed blot paa Løsningen af et System af 1ste Grads Ligninger, men De vil dog forstaa, at der kan være Grund til at gøre Sagen til Genstand for en speciel Undersøgelse, naar jeg nævner, at man meget godt kan støde paa Opgaver, hvor Ligningerne Antal løber op til 30 eller mere (f. Eks. ved Vierendeel-Bjælker), eller paa Tilfælde, hvor de ubekendte afhænger paa en saa ubehagelig Maade af hinanden, at man selv med den yderste Nøjagtighed i Talberegningen ikke har kunnet naa til brugelige Resultater; der foreligger endog et Tilfælde fra Praksis**), hvor man, dog vel mest for Kuriositetens Skyld, forgæves har forsøgt at medtage helt op til henved 80 Decimaler. — Ved den 2den Klasse af Problemer drejer det sig om Tilfælde, hvor man savner et tilstrækkelig solidt Grundlag for Opstillingen af en Teori, og hvor dette Grundlag kun kan skaffes ved Forsøg. Af den Slags Problemer er der overmaade mange; jeg skal indskrænke mig til som Eksempel at nævne flere Spørgsmaal vedrørende Søjler, saaledes Bestemmelsen af Transversalkraften i en sammensat Søjle og dermed Dimensioneringen af Forbindelserne mellem de enkelte Dele af den, o. fl. Til de her berørte Forsøg skal jeg om et Øjeblik vende tilbage.

Som Afslutning paa disse Bemærkninger om Praksis og Teori paa Omraadet »Bærende Konstruktioner« skal jeg endnu kun understrege, at det nu til Dags mere og mere bliver Statikken, der behersker Jærnkonstruktionerne, og jeg kan godt sige de bærende Konstruktioner overhovedet. Man kan nu umuligt blive en dygtig Konstruktions-Ingeniør uden at være en dreven Statiker. Dette er et Faktum, som maaske endog paa en vis Maade kan frygtes at være altfor godt kendt; det fører nemlig let, navnlig hos begyndende Statikere, til en Overvurde-

ring af den rene Teoris Betydning og Rækkevidde, og til at det praktiske Skøn og den umiddelbare Følelse af god Konstruktion undervurderes og derfor udvikles mindre end ønskeligt. Det skal tidligere have været en ret udbredt Anskuelse i England*), og Spor af det samme har vist kunnet findes ogsaa andre Steder, at »et Bygværks Bæreevne staar i omvendt Forhold til Bygmesterens Lærdom«; dette skulde jo nødigt kunne siges nu, og hvis Lærdommen er ordenlig fordojet og parret med et passende Kvantum sund Fornuft, er der vel nu til Dags heller ingen Fare for, at det skulde kunne siges med Sandhed. Men saa meget er dog sikkert rigtigt, at vi f. T. befinder os i, eller dog ikke er komne helt ud over, en Periode, hvor der snarest laves for megen Teori og lægges for lidt Vægt paa Erfaringsgrundlaget. — I dette sidste Ord vil jeg nu imidlertid gaa over til at lægge en lidt anden Betydning end den blot praktiske Erfaring, enhver Ingeniør samler sig ude i Livet; jeg vil nemlig der ved tænke paa det Forsøgs-Grundlag, som Statikerne i de fleste Tilfælde nødvendigvis maa gaa ud fra, og jeg kommer her igennem til det tredje af de Punkter, som jeg skal gaa lidt nærmere ind paa.

III. Forsøg.

Ved Forsøg tænker jeg her ikke paa de rene Materialprøver eller Materialforsøg, der jo ogsaa er en meget væsentlig og uundværlig Del af Grundlaget; de kan vel med den stærke Udvikling og dermed følgende Specialisering nu til Dags med Rette betragtes som en Videnskab for sig, og det en Videnskab, der ikke kan beklage sig over Mangel paa Forstaaelse og Anerkendelse, idet der jo rundt omkring findes Prøveanstalter og Laboratorier, hvor de herhen hørende Undersøgelser drives og trives vel. Jeg tænker alene paa egentlige »Konstruktionsforsøg«, hvorved en hel Konstruktions eller en Konstruktionsdels Virkemaade udforskes, med det Formaal at finde Udgangspunkter for Opstilling af en Teori og at verificere denne Skridt for Skridt. Den Slags Forsøg maa derfor gaa Haand i Haand med teoretiske Undersøgelser, og de hører følgelig hen under Bygningsstatikken.

Det kan være ret vanskeligt at drage en skarp Grænse mellem Material- og Konstruktionsforsøg, navnlig som Udviklingen nu en Gang er foregaaet, idet der jo i de sidste 20—30 Aar er udført en hel Del Konstruktionsforsøg paa Materialprøve-Laboratorierne rundt omkring. Eksempelvis skal jeg nævne *Tetmajers* store Forsøgsrækker med Søjler; hvis man vil tage Ordet Material-Undersøgelser i videste Betydning, kan man maaske til Nød betragte disse Forsøg som Materialforsøg, idet de resulterede i Opstilling af empiriske Formler for Bæreevnen, forskellige for hvert Materiale, og idet man opfatter »Knækning« som en Paavirkningsmaade analog med Træk, Forskydning o. s. v.; derimod er der ingen Tvivl om, at Forsøg til Udforskning af Transversalkraftens Størrelse i Søjler (som baade ovenfor og nedenfor berørt, et meget vigtigt og brændende Spørgsmaal) maa betragtes som Konstruktionsforsøg. — Ligeledes kan man maaske til

*) Rent eksempelvis kan nævnes, at det kun er 20 Aar siden, det første Skridt blev gjort til en systematisk Behandling af rumlige Gitterkonstruktioner, og at det er endnu kortere Tid (kun ca. 15 Aar), siden et, man kunde fristes til at sige, saa dagligdags Spørgsmaal som en ekscentrisk paavirket Søjle fandt sin Løsning.

**) Ved Beregningen af en Jærnkonstruktion for et Skibsværft i Hamburg, se »Der Eisenbau« 1910, S. 334, Noten.

*) *G. Lang*: Zur Entwicklungsgeschichte der Spannwerke des Bauwesens, Riga 1890, S. 118, Noten.

Nød henregne alle de Jærnbeton-Forsøg, der f. T. udføres Verden over, og navnlig udføres paa de eksisterende Materialprøve-Laboratorier, til Material-Undersøgelser, uagtet Formaålet naturligvis er at udforske Konstruktionens Virkemaade og derved skaffe Grundlaget for en paalidelig Beregning. Men Grunden til disse Forsøgs Nødvendighed er her at søge i den Samvirken mellem Beton og Jærn, der skal foregaa, for at der f. Eks. skal komme en bæredygtig Bjælke ud af det, ikke i Vanskeligheden ved at opstille en Teori for en Bjælke overhovedet, bortset fra Materialet. — Selv om man ikke altid kan definere Konstruktionsforsøg som angaaende Konstruktionen uden Hensyn til Materialet, bl. a. fordi man jo ikke kan anstille Forsøg med et »almindeligt« Materiale, saa forstaas dog let, at jo mere Materialet træder i Baggrunden, des mere afgjort er der Tale om et rent Konstruktionsforsøg.

Det kunde maaske gøres gældende, at man ikke behøver særlige Laboratorier til Konstruktionsforsøg. Denne Indvending, som i Virkeligheden er imødegaaet ovenfor, løber ud paa, at Materialprøveanstalterne ogsaa skulde kunne paatage sig Konstruktionsforsøgene. Det kan de, som sagt, ikke, paa Grund af de to Opgavers Væsens-Forskellighed; Konstruktionsforsøgene hører, ifølge deres Natur, hen under Bygningsstatikken. Og Erfaringen viser jo ogsaa, at Konstruktionsforsøgene hidtil kun tilfældigt og i ganske utilstrækkeligt Omfang er blevne tagne op af Materialprøve-Laboratorierne.

Men dernæst kan det maaske indvendes, at der slet ingen Konstruktionsforsøg behøves; vi har jo Praksis som Prøvesten for Teorien, og i Praksis kan der samles Erfaringer paa flere forskellige Maader.

Man kan saaledes nok faa indført nye Konstruktionsformer uden at have Forsøg at støtte sig til, naar man blot gaar frem med smaa Skridt. Først udfører man den nye Konstruktion, der er Tale om, under saadanne Forhold (med smaa Dimensioner eller paa et Sted, hvor Betydningen af et Uheld ikke er stor), at man roligt tør risikere det, og man indhøster saa Erfaringer herfra, inden man tager det næste Skridt. — Ja, i mange Tilfælde gaar man den Vej og er nødt dertil, og i Mangel af bedre skal man naturligvis ikke kaste Vrag paa Metoden. Men det Ræsonnement, man ofte kan høre opstillet, at nu er den Konstruktion brugt i saa og saa mange Tilfælde, uden at der har vist sig nogen Ulempe, og at man følgelig nu roligt kan bruge den, er dog i Bund og Grund urigtigt, eller dog utilstrækkeligt. Hvis man hverken kan opstille nogen paalidelig Beregning eller har haft Lejlighed til at udføre Prøvebelastninger helt op til Brud, ved man ikke, hvor stor Sikkerheden er, og det er dog det eneste, det egentlig kommer an paa.

Imidlertid er der ogsaa Tilfælde, hvor man fra Praksis faar mere positive Oplysninger om Sikkerheden. Det kan jo hændes, at en Konstruktion ikke er i Besiddelse af den antagne Sikkerhed, og at dette viser sig i mere eller mindre udprægede Uheld eller Ulykker. Dette er dog ikke altid nogen ubetinget behagelig Vej for en Ingeniør at høste Erfaringer ad. Ganske vist er det jo menneskeligt at fejle, saa det kan være i alt Fald undskyldeligt, om man trods virkelig alvorlige Over-

vejelser i et eller andet Tilfælde ikke kommer paa den sikre Side; men medens mange andre Menneskers Fejltagelser ikke kommer frem til almindelig Beskuelse, — tænk f. Eks. paa Lægers, hvorved det for øvrigt være langt fra mig at ville sige noget nedsættende om Læger, — saa forholder det sig anderledes med Ingeniørers. Jeg siger ikke noget til, at en Ulykke som Quebec-Broens Nedstyrtning under Monteringen, hvorved 75 Mennesker og jeg véd ikke hvor mange Millioner Kroner gik i Løbet, vækker en lidet smigrende Opmærksomhed, skønt der kan anføres flere undskyldende Momenter; men der behøves som bekendt ikke saa meget. Blot et Tjærebassin paa Østre Gasværk styrter sammen, eller der viser sig nogle Revner i en Jærnbetonkonstruktion paa den nye Personbanegaard, er Aviserne fulde, og det er jo ikke lutter Anerkendelse, der falder af til Ingeniørerne.

Til Trods for disse »Mangler« ved »Metoden« har man dog i Tidens Løb faaet mange værdifulde Oplysninger ad den Vej. Naar f. Eks. i en Orkan en Del Fabriksskorstene el. lign. blæser om, og man kan faa oplyst Dimensionerne m. m. for de væltede Skorstene, kan man herved regne sig til, at saadanne Skorstene mindst skal konstrueres til at modstaa det og det Vindtryk. Men i Almindelighed faar man paa den Maade blot at vide, hvorledes det ikke skal være, og herfra kan man kun sjældent slutte sig til, hvorledes det skal være, for at Sikkerheden skal blive passende. — For nærmere at belyse dette skal jeg nævne en Række Ulykkestilfælde, som alle skyldes mangelfuldt Kendskab til Jærn-Trykstængers Konstruktion:

1884 styrtede en 35,5 m Vejbro ved Salez i St. Gallen ned under Prøvebelastningen*); Aarsagen var utilstrækkelig Styrke af nogle Trykstænger, vistnok paa Grund af for svage Forbindelser mellem Stængernes enkelte Dele;

1891 (14. Juni) styrtede en 42 m Jærnbanebro over Birs ved Mönchenstein (tæt ved Basel) ned, i det Øjeblik et Tog med Søndagsrejsende kørte over**); 73 døde, 131 saarede; Aarsagen var daarlig Konstruktion i det hele taget, men særligt for svage Tryk-Diagonaler ved Midten af Broen, hvilket igen beroede paa utilstrækkelig Forbindelse mellem de to Vinkeljærn, hvoraf disse Stænger var sammensatte;

1892 (30. Aug.), 2 Aar efter Fuldendelsen, styrtede en 27 m Vejbro ved Praunheim (tæt ved Frankfurt a. M.) ned, medens en Damptrømlø passerende over***); Aarsagen var utilstrækkelig Sidestivhed af Drageren (foruden forskellige andre Mangler);

1892 (10. Septbr.) styrtede en 61,6 m Vejbro i Serbien (over Morava ved Ljubicevo) ned under Prøvebelastningen†); Aarsagen var ganske utilstrækkelig Forbindelse mellem det trykkede Dragerhoveds to Halvdele;

1907 (29. Aug.) styrtede Quebec-Broen (548,7 m Midteraabning) ned under Monteringen††); 75 Mand

*) »Centralbl. d. Bauverw.« 1884, S. 548.

**) »Deutsche Bauzeit.« 1891, S. 300 o. f., S. 552; »Centralbl. der Bauverw.« 1891, S. 273.

***) »Centralbl. d. Bauverw.« 1892, S. 419.

†) »Zeitschr. d. Oesterr. I. u. A.-Ver.« 1893, S. 7, 144, 244.

††) Se f. Eks. »Engineering« 1907, Sept. 6, 13 o. f.

dræbte; Aarsagen var utilstrækkelig Forbindelse mellem Trykflangens enkelte Dele;

1907 (7. Decbr.) styrtede en stor Gasbeholder i Hamburg (200 000 m³) ned under den første Fyldning med Gas, umiddelbart efter Fuldendelsen*); 20 døde, 50 saarede; Aarsagen var for svage Trykstænger, bl. a. ogsaa paa Grund af utilstrækkelig Forbindelse mellem de to Jærn, hvorefter de var sammensatte.

Denne ikke ganske korte Række af større Ulykker, der alle hidrører fra samme Aarsag, viser tilstrækkeligt, baade at det er en for farlig og dyr Vej at gaa, og at man af den Slags »Forsøg« alligevel faar for lidt at vide. Den Dag i Dag véd man endnu ikke tilstrækkelig Besked om Størrelsen af de Kræfter, der paa virker disse uhyre vigtige sekundære Forbindelser i sammensatte Søjler.

Endelig kan man dog ogsaa fra Praksis faa Oplysninger af Værdi paa anden Maade. Der anstilles jo mellem Aar og Dag en stor Mængde Forsøg, som jeg her vil sammenfatte under Betegnelsen Forsøg »paa Byggepladsen«; herhen hører saaledes Prøvebelastninger ved Afleveringen af Bygværker, Kontrol-Belastninger med samtidige Spændingsmaalinger, Brud-Belastningsforsøg med enkelte Konstruktionsdele, ja man er endog gaaet saa vidt, at man har foretaget Belastningsforsøg til Brud med hele (udrangerede) Broer. De fleste Prøvebelastninger er ganske vist uden Betydning for Opklaringen af Konstruktionens Virkemaade, men undertiden gennemføres de dog paa en saadan Maade**), at de, ligesom de nævnte Kontrolbelastninger***)) og Brudforsøg med hele Broer†), er af meget stor Interesse til Bedømmelse af Beregningens Paalidelighed; og at de nævnte Belastningsforsøg med enkelte Konstruktionsdele kan give værdifulde Oplysninger for den specielle Anvendelse, er indlysende. Men alligevel er det langt fra, at den Slags Forsøg kan gøre Laboratorieforsøg overflødige. Grundreglen for Forsøg, hvorved man skal kunne faa Svar paa bestemte Spørgsmaal, er jo dog den, at man skal isolere Fænomenet, og dette er næsten umuligt ved saadanne Forsøg i Praksis; dertil er Forholdene her i Reglen for komplicerede, og desuden er Forsøgenes Antal næsten altid for ringe, til at man ved dem kan finde den almindelige Lov for det undersøgte Fænomen.

Som en sidste mulig Indvending mod Laboratorieforsøg skal jeg endnu nævne, at man ikke sjældent fra Praksis kan høre Røster om, at »Laboratorieforsøg er uden Værdi; det, man trænger til, er Forsøg med Konstruktionerne i sand Størrelse«. At dette ingen Steder hører hjemme som almindeligt Princip, behøver jeg næppe at ofre mange Ord paa her; kun ved Laboratorieforsøg i lille Maalestok kan man faa mange Forsøg, med de

enkelte Fænomener isolerede; at det saa til sidst ogsaa kan have stor Interesse at se Resultaterne bekræftede ved nogle faa Forsøg i større Maalestok, vil ingen bestride. Men ganske karakteristisk er det, at da Quebec-Broen var falden ned, og Bladene svømmede over med kaldede og ukaldede Folks uforgribelige Mening om Sagen, fremkom der ogsaa i amerikanske Blade Forlangender om Forsøg med saadanne Trykstænger som den knækkede (den vilde til Brud kræve et Tryk paa 16—20 000 t) i sand Størrelse. Med sædvanlig amerikansk Praktiskhed var Forlangendet dog ledsaget af et Forslag til Realisation af et saadant Forsøg, omtrent saalydende: man tage et Hul — mellem to Klippevægge og anbringe to Søjler, der skal prøves, à la Knæpresse, støttende mod Klippevæggene*).

Det er saaledes ganske nødvendigt, at der anstilles Laboratorie-Konstruktionsforsøg. Paa ingen anden Maade kan man faa de nødvendige Oplysninger, og det maa indrømmes, at der er Punkter nok, der trænger til Opklaring. Prof. Schüle i Zürich har i 1910 i et Foredrag**) i det schweiziske Materialprøveforbund ladet Jærnkonstruktions-Ingeniørerne høre, at der ogsaa paa deres Omraade (ligesom paa Jærnbetonens) er mange uopklarede Punkter, men at de, i Modsætning til Jærnbeton-Ingeniørerne, intet gør for at faa dem opklarede. Uden for øvrigt at være enig med Schüle i de i Foredraget berørte Enkeltheder anfører jeg dette som Bekræftelse af Trangen til Forsøg.

Jeg skal saa endelig nævne, at der ogsaa eksisterer en Del Laboratorier til Konstruktionsforsøg, saaledes ved et Par af de tyske tekniske Højskoler (Berlin, Karlsruhe) og ved mange Universiteter i engelsktalende Lande (ogsaa f. Eks. i Göttingen). Men gennemgaaende gøres der altfor lidt i Retning af Konstruktionsforsøg; Oprettelsen af de nævnte Laboratorier, der for største Delen skriver sig fra de sidste Aar, og Arbejdet, der gøres dér, synes dog at tyde paa, at Forestillingen om Laboratoriets Nødvendighed er ved at trænge igennem. Ganske vist er Bygningsstatikken, og det især i de senere Aar, naaet til et ret højt Standpunkt, uden at der i disse Aar har været gjort synderligt direkte Arbejde for at uddybe Erfaringsgrundlaget; men hvis den skal blive ved at trives og være i Stand til at løse de stillede Opgaver i den offentlige Sikkerheds Tjeneste, er det nu uundgaaeligt, at der maa tages kraftigere fat i denne Retning.

I et lille Land er det forstaaeligt, at den rent teoretiske Side plejes mest og trives bedst; det er langt billigere at regne end at gøre Forsøg. Men Fordringerne til Bygværkernes Sikkerhed er den samme i de smaa som i de store Lande, og de nødvendige Midler til saadanne Laboratorieforsøg er i alle Tilfælde forsvindende i Sammenligning med de Summer, det drejer sig om i Bygværkerne. Endelig er dette, ligesom ethvert andet videnskabeligt Arbejde, et Felt, hvor et lille Land dog kan hævde sig ved Siden af de større; og at dette har stor, ogsaa rent praktisk Betydning for et lille Land, behøver jeg blot at berøre, specielt ogsaa at det har Betydning, navnlig for de ikke saa faa af vore Kandidater, der maa søge til Udlandet, at vor polytekniske Lærestalt ikke er ukendt ude

*) »Der Eisenbau« 1911, S. 178.

**) Saaledes f. Eks. ved den af Christiani & Nielsen byggede Jærnbane-Jærnbetonbuebro over Werra ved Heringen (Thüringen), se »Ing.« 1911, S. 193, »Beton u. Eisen« 1911, Hæfte VIII.

***)) Se f. Eks. »Zeitschr. f. Bauwesen« 1898, S. 81, »Ann. d. ponts et chaussées« 1896 II, S. 374 o. fl., »Eng. News« 1911, 23. Marts.

†) Bro over Neisse ved Forst, 30 m Schwedlerdragere (»Zeitschr. f. Bauw.« 1895, S. 289), Emme-Bro ved Wolhusen (Schweiz), 48 m Paralleldragere (»Schweiz. Bauz.« 1894, S. 112, 1895, S. 105 o. f.)

*) »Eng. News« 1908, Novbr. 12, S. 527.

**) Uddrag i »Arm. Beton« 1910, S. 383.

i den større Verden. — Siden jeg nævner vor polytek-
nische Læreanstalt, kunde jeg have Lyst at føje til, at
hvis man kan slutte fra Tilgangen til Ingeniørstudiet,
saa maa Interessen for Ingeniørvidenskaben være næsten
unormalt stor her hjemme (Antallet af Bygningsingeni-
ører, som har bestaaet Eksamen i 1910—11, er her 19,2,
ved de 4 tekniske Højskoler i Preussen kun 5,4 pr. Mil-
lion Indbyggere*); og med en saadan Interesse for Byg-
ningsingeniør-Videnskaben skulde det jo følge af sig
selv, at Bygningsstatikken fik gode Kaar at virke under;
imidlertid skal jeg ikke fastholde dette Argument, idet
jeg dog ikke er ganske sikker paa Præmisserne.

*) Total-Antallene er: ved Den polytekniske Læreanstalt 50,
i Preussen 200 (se »Centralbl. d. Bauverw.« 1911, S. 607 og
Rettelsen S. 624).

For 50 Aar siden eller saa omtrent kunde man godt
være Fysiker uden at have noget Laboratorium, eller ret-
tere man var nødt til det; der fandtes nemlig ingen, eller
dog kun meget faa, fysiske Laboratorier, hvor der kunde
foretages videnskabelige Undersøgelser og Maalinger; nu
kan noget saadant slet ikke tænkes paa Fysikkens Om-
raade. Bygningsstatikken befinder sig i saa Henseende i
Øjeblikket paa et lignende Standpunkt som Fysikken for
50 Aar siden. Jeg vil slutte med at udtale Haabet om,
at det ikke maa vare altfor længe, inden det forsømte
oprettes, og ganske særligt vil jeg udtale det Haab for vor
polytekniske Læreanstalt her, for hvilken der jo ellers
i saa mange Henseender i det sidste Aarti er oprunden
en kraftig Blomstringstid.



