

Techniske Meddelelser. Nogle Hovedsætninger af Læren om Materialers Styrke. I og II

W. Hamburger

Tidsskrifter

Maanedsskrift, udgivet af Industriforeningen. 1879. Fjortende Aargang

1879

- | | |
|----------------------------|---|
| § 10. Garderøber. | § 20. Skolerequisiter (Borde og Bænke). |
| § 11. Klasseværelser. | § 21. Bygningens Fordeling efter Børnens Kjøen. |
| § 12. Tegnelocale. | § 22. Børnehaver. |
| § 13. Gymnastiksal. | § 23. Spisesale og Kjøkkener. |
| § 14. Legeplads. | § 24. Pensionater. |
| § 15. Retirader. | § 25. Reglementer for den disciplinaire Orden. |
| § 16. Værelse for Lærerne. | § 26. Det offentlige Tilsyn. |
| § 17. Opvarmning. | |
| § 18. Ventilation. | |
| § 19. Kunstig Belysning. | |

Eneretsbevillinger paa industrielle Opfindelser, udfærdigede gennem Indenrigsministeriet.

(Februar 1879).

(Naar ikke anderledes er angivet, gjælder Eneretten for et Tidsrum af 5 Aar fra den anførte Datum og angaaer Forfærdigelsen af de nævnte Gjenstande eller Anvendelsen af den anførte Fremgangsmaade.)

7. Februar. Snedkerm. Fr. Jensen af Ringsted: en Seng.
10. Febr. Dr. phil. Wilhelm Raydt af Hannover: en Fremgangsmaade til at hæve Byrder i Vand og i Luft. — Fabrikkerne Thomas Hedges, Ernst Möller og Carl Graf, Alle af Hamburg: et Apparat »Regulatoria» til Sammenhæftning af Manchetter om Haandleddet. — Samme: Manchetter.
14. Febr. Guldsmed Frederik Gundorph af Assens: Gardinholdere.
19. Febr. Kunstdreier N. J. Sørensen af Randers: en Tobakspibe.
24. Febr. A. W. Heymann af Hamburg: Spiseborde med Udtræk og dreielige Indskud. — J. B. Martensen af Flensburg: Dørhaandtag med tilhørende Laaseskildter. — Model-snedker F. E. Baagøe af Kjøbenhavn: en Damp-Kjødhakke-maskine med cirkelrunde Knive og roterende Kjødbacke. — Maurice Gandy af Liverpool: Bomuldsdrivremme.
27. Febr. Wilhelm Colshorn af Hamburg: et Apparat til at forhindre Opdirkning af Laase, kaldet »Partier». — Bødker L. Jacobsen af Kjøbenhavn: en mekanisk Økse. — Vognfabrikant J. C. Haugaard af Haderslev: et Karriolkjoretøi.

Techniske Meddelelser.

Nogle Hovedsætninger af Læren om Materialers Styrke.

(Foredrag i Industriforeningen af Ingenieur W. Hamburger.)

Mine Herrer!

For et Par Aar siden indtraf her i Staden en Begivenhed, som den Gang vakte stor Opsigt og derfor sikkert vil være Dem i frisk Minde: en Bygning, der var under Opførelse paa Nørre Boulevard, og paa hvilken saa vel de ydre som indre Mure vare opførte lige til Taget, styrtede pludselig sammen og blev i Løbet af nogle faa Secunder forvandlet til en Gruushob. Aarsagen til denne Begivenhed, der heldigviis dog ikke medførte Tab af Menneskeliv, var naturligviis den, at den anvendte Construction og de i Bygningen anbragte Materialer ikke havde den nødvendige Styrke til at modstaa de her virkende Kræfter.

Lignende Ulykker indtræffe desværre af og til; men naar vi nu dog, med en berettiget Følelse af Tillid og Tryghed, kunne betro vort Liv og vore Lemmer til de af Bygningskyndige opførte Bygningsværker, saa er det, fordi Videnskaben giver os Midler i Hænde til at forebygge, at slige Ulykker kunne indtræffe, idet man i ethvert Tilfælde ved dens Hjælp kan udfinde, hvilke Former og Dimensioner man bør give de forskjellige Bygningsdele for at være sikker paa, at de ikke blot straks, men ogsaa i Tidernes Løb kunne overvinde de Kræfter, der søge at bryde dem. Læren om Materialers Styrke er derfor et af de vigtigste og interessanteste Afsnit i den anvendte Mechanik, og jeg tør saaledes haabe, at De ikke ville fortryde at skænke mig Deres Opmærksomhed for en kort Stund.

Ligesom de anvendte Videnskaber i Almindelighed i deres Methode væsentlig ere byggede paa, at Theori og Erfaring skulle gaa Haand i Haand, idet de gjensidig udvikle og understøtte hinanden, saaledes gjør denne Eiendommelighed sig særlig gjældende paa det Omraade, hvormed vi nu skulle beskæftige os. Mathematiken benyttes nemlig her i vid Udstrækning til at lede Forsøgenes lange Række ind paa det rette Spor og til at føre de ved Erfaring indvundne Resultater sikkert og frugtbringende ud i Livet.

Men dette maa ikke afskrække Dem fra at følge mig; det maa ikke lede Dem paa den Tanke, at jeg her vilde besvare Dem med mathematiske Undersøgelser eller Beregninger. Min Hensigt er blot i en let fattelig, anskuelig Form at forklare Dem nogle herhen hørende Love og meddele Dem nogle ved Beregning fundne Resultater, hvilke jeg saa maa bede Dem at betragte som Sandheder, for hvilke De ikke kræve noget Beviis.

Vi ville nu først undersøge, hvorledes Materialerne i vore Bygningsværker og Maskiner blive paavirkede af ydre Kræfter. Dette Spørgsmaal kunde ved første Øiekast synes overordentlig vanskeligt at besvare, da de jo i Reglen maa blive paavirkede af mange forskellige Kræfter, og disse tilmed kunne virke paa forskellige Maader. Men heldigviis er det dog i de fleste Tilfælde mindre indviklet, deels fordi man kan see bort fra de mindre Kræfter og kun behøver at tage Hensyn til de større, der ere lette at udfinde baade i Størrelse og Retning, deels fordi Paavirkningen altid lader sig henføre til et af de tre Tilfælde, jeg straks skal forklare Dem.

Her maa jeg dog forudskikke den Bemærkning, at de Legemer, som vi her tænke os paavirkede af Kræfter, maa forudsættes at have prismatisk Form. Denne er nemlig Grundformen for de fleste Bygningsdele, som Mure, Piller, Bjælker, Planker, Stænger, Axer o. s. v. Prismet tages her i Betydning af et Legeme, der har en Udstrækning, som kaldes Høide eller Længde, og hvis Tværnsnit, lodrette paa denne, alle have samme Form og Størrelse.

De nævnte tre Tilfælde ere følgende:

- 1) Kraften kan virke i Retning af Legemets Længdeudstrækning; men dette Tilfælde deler sig atter i to, idet Kraften enten kan virke i Retning af Legemets Forlængelse og da vil søge at strække det, eller i modsat Retning og altsaa vil søge at sammentrykke det;
- 2) Kraften kan virke lodret paa Legemets Længderetning og vil da søge at bøje det;
- 3) Kraften kan endelig virke som en Dreining eller Vridning omkring Legemets Længdeaxe. Det paavirkes i dette Tilfælde ganske paa samme Maade som et Tov, hvis Ender dreies eller snoes til modsatte Sider.

Nu kan det vist nok ofte hælde, at en Kraft virker i skjæv Retning paa Legemet; men en saadan skjævt virkende Kraft vil altid, ifølge Sætningen om Kræfternes Parallelogram, kunne opløses i to Kræfter, hvoraf den ene bliver parallel med Legemets Axe, den anden lodret derpaa. Dette giver saaledes ikke noget nyt Tilfælde, men kan henføres til de under 1) og 2) nævnte Virkningsmaader.

Betragte vi f. Ex. en Vinde, saa vil Kjæden, hvori Lasten er ophængt, blive paavirket af en strækkende, Svinget derimod af en bøende Kraft; Axen, hvorom Vinden bevæger sig, vil være underkastet en Vridning, og Underlaget, hvorpaa Maskinen hviler, vil endelig blive paavirket af en sammentrykkende Kraft.

Jeg anseer det uforment at anføre flere Exempler, men skal kun endnu bemærke, at det selvfølgelig i ethvert foreliggende Tilfælde er overordentlig vigtigt at komme til en rigtig Erkjendelse af de virkende Kræfters Størrelse og Retning, for at det overhovedet kan blive muligt at give de paagjældende Bygningsdele deres rigtige Form og Dimensioner, det vil sige, at gjøre dem hverken stærkere end nødvendigt eller svagere end tilladeligt; thi i første Tilfælde vilde man ellers bortkaste Penge til ingen Nytte, i sidste Tilfælde vilde man udsætte sig for, at de beklageligste Ulykker kunde indtræffe.

Vi ville nu betragte de under 1) og 2) nævnte Virkningsmaader af Kræfter hver for sig, hvorimod den tredje, Vridningen (Torsionen), der væsentlig kun spiller en Rolle ved omdreie Maskindele, ikke her nærmere vil blive omtalt, da dette vilde føre os for meget ind paa det mathematiske Omraade.

I.

Legemer, paavirkede af Kræfter i Retning af deres Længdeudstrækning.

Naar en Stang i lodret Stilling er fastholdt ved sin øverste Ende og i den nederste Ende betyngt med en Vægt, saa paavirkes den paa den anførte Maade. Vi ville tænke os, at Stangen er af Smedjærn, at den har et Tværnsnit af 1 Kvadrat-tomme, og at den efterhaanden belastes med 1000, 2000, 3000 Pd. o. s. v. Det vil da vise sig, ikke blot at de ved disse Kræfter frembragte Strækninger ere proportionale med Kræfterne, altsaa forholde sig som 1:2:3 o. s. v., men ogsaa at Udvidelsen

atter fuldkommen forsvinder, naar Kraften ophører at virke. Omendskjønt vi i det daglige Liv kun betragte enkelte faste Legemer — som Kautschuk, Elfenbeen, Fiskebeen m. fl. — som elastiske, saa maa vi dog tilkjende Jernet den samme Egen-skab, det er et elastiskt Legeme; der er kun den Forskjel, at dets Elasticitet ligger indenfor snævrere Grændser. Naar vi

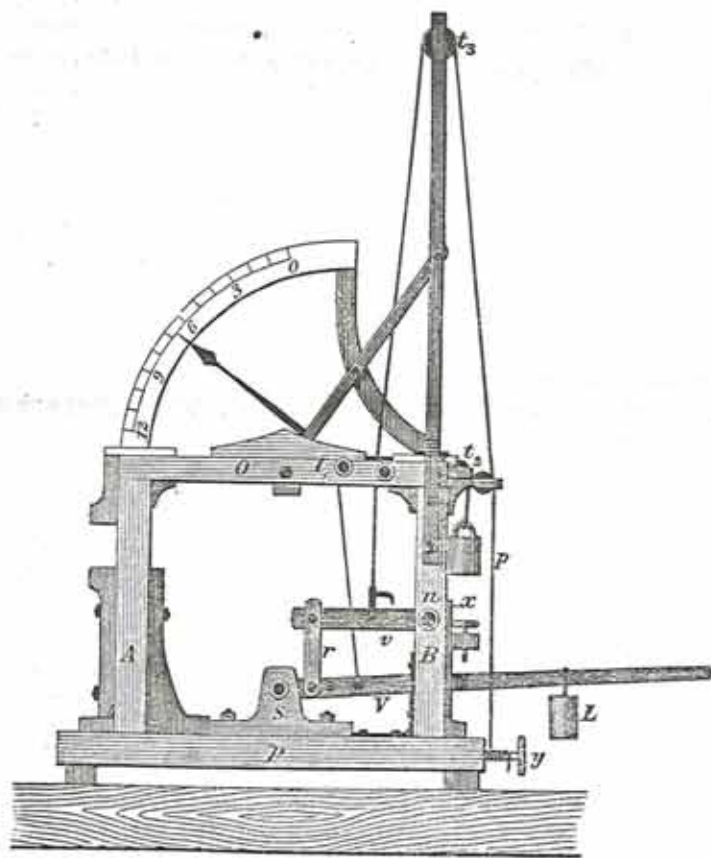


Fig. 11. Apparat til Forsøg over Materialers Strækning og Beining.

nemlig fortsætte Forsøget med den nævnte Jernstang med stedse større Belastninger, naa vi snart en Grændse, hvor Stangen ikke mere trækker sig fuldkommen tilbage, men beholder en blivende Strækning; man kalder denne Jernets Elasticitetsgrændse og den naaes ved en Belastning af c. 20,000 Pd. Ved Belastninger ud over Elasticitetsgrændsen ophører Strækningen

at være proportional med Belastningen og tiltager i et stedse voksende Forhold, indtil Stangen endelig sønderrives, hvilket vil skee ved en Belastning af c. 48,000 Pd. Denne kaldes der-for Jernets Brudgrændse.

Jeg kunde ønske ved et Forsøg at paavise Rigtigheden af de her anførte Love. Da imidlertid Strækningen af en Jernstang vilde fordre større Kræfter end dem, jeg her raader over, vil jeg anstille Forsøget med en Jerntraad, der jo er at betragte som en meget tynd Jernstang. Jeg har hertil construeret et Apparat (Fig. 11), hvis Indretning i det Væsentlige er følgende:

Paa en 2" tyk Fodplade *P* er der opreist to Opstandere *A* og *B*, der for oven ere forbundne ved et Overstykke *O*. Saa vel Opstanderne som Overstykket ere paa forskellige Maader afstivede og forstærkede, saa at det Hele danner en overmaade solid Opstilling. Midt imellem begge Opstandere er der paa Fodpladen fastgjort en lille Støtte, *s*, der afgiver et fast Omdreiningspunkt for Vægtstangen *V*, og over denne er der anbragt en mindre Vægtstang *v*, som staaer i Forbindelse med hien og har sit Omdreiningspunkt *u* i Opstanderen til Høire. Vexelvirkningen imellem begge disse Vægtstænger skeer igjennem Trækstangen *r*, som forbinder den mindre Vægtstangs Yderende med et Punkt paa den større, i 2 Tommers Afstand fra dennes Omdreiningspunkt.

Vægten af dette Vægtstangssystem opveies nøiagtigt af en Modvægt *p*, som hænger i en Snor, der fra et Punkt i Vægtstangen *V*, som ligger i 5 Tommers Afstand fra Omdreiningspunktet, er ført over de to Tridser *t*₁ og *t*₂; man kan altsaa under Forsøget see hort fra Vægten af disse Vægtstænger. En paa Tridsen *t*₁ fastgjort Viser, der er 20 Gange saa lang som Tridsens Radius, bevæger sig foran en indeelt Bue, paa hvilken man altsaa kan aflæse Vægtstangssystemets Bevægelse. Paa Opstanderen *B* er der endelig fastskruet et Jernstativ, som for oven bærer en Tridse, *t*₃, og paa Fodpladens høire Sideflade en lille Jernskinne, hvori en stærk cylindrisk Jerntap, *y*, der kan dreies ved et paa Enden anbragt Haandgreb, finder et fast Omdreiningspunkt. Ved en Stoppeindretning, der dog ikke er angivet paa Tegningen, forhindres Jerntappen i at dreie sig tilbage.

Den Traad, der skal underkastes Strækning, vikles med sin ene Ende omkring Jerntappen y , føres dernæst over Tridsen t_3 og fastgøres i en Bølle, som angriber den lille Vægtstang i dens Midtpunkt. Traaden har da en Længde af omtrent 7 Fod. Ved Omdreining af Jerntappen kan man give Traaden en foreløbig Stramning, hvorved alle Bugter rettes, og idet Vægtstangsystemet herved løftes, indtil den større Vægtstang støder imod en ved x anbragt Stilleskrue, kan man, ved at virke paa denne, iværksætte en finere Regulering af Traadens Stramning, saa at Traaden imellem Befæstningerne nu kan ansees for at have sin naturlige Længde. Viseren indstilles da paa Buens Nulpunkt. Ved Skydevægten L kan man derefter underkaste Traaden forskellige Træk, hvis Størrelse er let at udfinde, og de Strækninger, som Traaden herved lider, vil Viseren angive $20 \times \frac{5}{2} \times 2 = 100$ Gange saa store, som de virkelig ere. Jeg

vil nu efterhaanden belaste Traaden med 10, 20, 30, 40 og 50 Pd., og De ville da see, at Viseren henholdsviis indstiller sig paa Inddelingsstregene 1, 2, 3, 4 og 5 samt, at den hver Gang atter vender tilbage til 0, naar Belastningen fjernes. Herved er Traadens Elasticitet og Strækningernes Proportionalitet med Belastningerne paaviist. Men naar jeg nu anbringer en Belastning af 60 Pd., saa indstiller Viseren sig paa Stregen $6\frac{1}{2}$, og naar Belastningen borttages, vender den ikke mere tilbage til 0. Elasticitetsgrænsen, som saaledes nu sees at være overskreden, ligger altsaa omtrent ved 5, og dens Beliggenhed kunde let bestemmes nøiagtigere, naar Intervallerne imellem Belastningerne toges mindre. Her ville vi dog blive staaende ved den omtrentlige Bestemmelse og beregne, hvilken Strækning Traaden har lidt. Den af Viserens Endepunkt gennemløbne Vei er $80''$ og Traadens Strækning, der er $\frac{1}{100}$ heraf, findes altsaa at være $0,8''$. Da Traadens Længde er $7' = 1008''$, saa udgjør altsaa Strækningen ved Elasticitetsgrænsen $\frac{0,8}{1008} = \frac{1}{1260}$ af Traadens Længde, et Tal, der paa det Nærmeste stemmer med den almindelig antagne Strækning af $\frac{1}{1250}$.

Det vil nu være let at bestemme Størrelsen af den blivende Strækning. Naar vi nemlig atter belaste Traaden efterhaanden med 30, 40, 50 Pd., saa indstiller Viseren sig ikke, som for-

hen, paa Delingsstregene 3, 4 eller 5, men paa $3,5$, $4,5$ og $5,5$. Viseren er altsaa bleven forrykket $0,5$, og Traaden saaledes forlænget $\frac{8''}{100} = 0,08''$ eller $\frac{1}{12500}$ af sin oprindelige Længde.

Vi vende nu tilbage til vor Jernstang af 1 Kvadrattommes Tværsnit og spørge, hvor stor en Belastning man uden Fare tør byde denne ved Anvendelse i det praktiske Liv. Dette Spørgsmaal maa besvares derhen, at man under ingen Omstændigheder bør overskride Elasticitetsgrænsen. Da der nemlig ved større Belastning opstaaer en blivende Strækning, og Jernets enkelte Dele som Følge deraf have lidt en Forskydning, saa maa det betragtes som beskadiget, og ligesom det vilde være uforsvarligt at anvende beskadigede Materialer, saaledes bør man ogsaa undgaa at anvende Belastninger, der kunne give Materialerne denne Karakter.

Nu kunde man vist nok, forudsat at Materialet er feilfrit, gaa til Elasticitetsgrænsen, men da man ingenlunde kan være sikker paa, at dette er Tilfældet, og da tilmed Stød og Rystelser bidrage til at forøge Kræfternes Virkning, saa indskrænker man, for at være fuldkommen sikker, den tilladelige Belastning til det Halve, altsaa til 10 000 Pd. og denne kaldes Jernets Sikkerhedsgrænde.

Det vil nu være indlysende, at naar en Stang af 1 Kvadrattommes Tværsnit med Sikkerhed kan belastes med 10 000 Pd., saa maatte man, for med Sikkerhed at bære 20 000 Pd., anvende to Stænger af det nævnte Tværsnit, eller — hvad der er det Samme — give Stangen et Tværsnit af 2 Kvadrattommer o. s. fr.; man kan saaledes finde det for Stangen nødvendige Tværsnit i Kvadrattommer ved at dividere Belastningen i Pund med 10 000, og omvendt finder man den tilladelige Belastning, udtrykt i Pund, ved at multiplicere Stangens Tværsnit, udtrykt i Kvadrattommer, med 10 000. Bæreevnen er saaledes betinget alene af Tværnittets Størrelse og ikke af dets Form.

For Sammentrykning gjælde de samme Love, som her ere udviklede for Strækning, kun at Formforandringen gaer i modsat Retning. Der findes saaledes ogsaa her en Grænde, som ikke kan overskrides, uden at en blivende Sammentrykning fremkaldes, og ved fortsat Belastning naer man ogsaa her et Punkt, hvor Materialets Sammenhæng ophæves, og det knuses.

Under i Øvrigt lige Omstændigheder ere Sammentrykning og Strækning lige store.

Hvad der nu er anført her som særlig gjældende for Smedejern, kan overføres paa alle andre faste Legemer; kun ville de Tal, der betegne disses Sikkerheds-, Elasticitets- og Brudgrændse, have høist forskellige Størrelser.

Efterstaaende Tabeller angive disse Talværdier for nogle af de vigtigste Bygningsmaterialer.

Tabel I.
Strækning.

	Belastning paa 1 Quadrattomme		
	Sikkerhedsgrændse	Elasticitetsgrændse	Brudgrændse
	Pd.	Pd.	Pd.
Smedejern	10 000	20 000	48 000
Støbejern	4 000	10 200	18 400
Træ	1 000	3 000	10 000

Tabel II.
Sammentrykning.

	Belastning paa 1 Quadrattomme		
	Sikkerhedsgrændse	Elasticitetsgrændse	Brudgrændse
	Pd.	Pd.	Pd.
Smedejern	10 000	20 000	48 000
Støbejern	8 000	20 400	36 800
Træ	1 000	3 000	10 000
Granit	800	—	8 000
Brændte Steen	200	—	2 000

Det vil nu være indlysende, at naar p betegner Belastningen, a Legemets Tværsnit og k det Tal i foran staaende Tabeller, der passer paa det foreliggende Tilfælde, saa vil man af Ligningen:

$$p = a k \dots \dots \dots (1)$$

finde Belastningen, naar Tværsnittet er bekendt, og af Ligningen:

$$a = \frac{p}{k} \dots \dots \dots (2)$$

Tværsnittet, naar Belastningen er given. Jeg skal oplyse Anvendelsen heraf med et Par Exempler:

1ste Expl.: Lad os antage, at der i en Bygning skal anbringes et Galeri, der skal springe 15 Fod frem fra Muren og bæres af Hængesøiler, som fastgjøres i Loftet, een paa hver 20 Fod. Naar der nu spørges om, hvilket Tværsnit man bør give disse

Hængesøiler, saa maa man først søge at finde den Belastning, for hvilken de kunne blive udsatte. Her maa vi skjelne imellem den vedvarende (permanente) Belastning, nemlig Galleriets egen Vægt, og den tilfældige Belastning, d. v. s. den, der hidrører fra Galleriets Benyttelse. Den først nævnte findes ved at udregne Cubikindholdet af de Materialer, som et Fag af Galleriet indeholder, hvoraf Vægten da let kan udfindes. Vi ville antage, at vi saaledes have fundet, at Vægten af Galleriet er 30 Pd. for hver Quadrattod af dets Gulvflade.

Den største tilfældige Belastning maa selvfølgelig være den, der opstaaer naar Galleriet er tæt opfyldt af Mennesker, hvilken anslaaes til 80 Pd. for hver Quadrattod af Gulvfladen.

Den hele Belastning bliver herefter 110 Pd. for hver Quadrattod, og da Gulvfladen for et Fag af Galleriet er $15 \times 20 = 300$ Quadrattod, saa bliver den samlede Vægt 33 000 Pd. Da imidlertid det Halve af denne Vægt bæres af Muren, faaer Hængesøilen kun en Vægt af 16 500 Pd. at bære. Ved altsaa i Ligningen (2) at tillægge p denne Værdi og for k at indsætte de Tal, der angives i den første Række af Tabel I, finder man:

$$\text{for Smedejerns Hængesøiler: } a = \frac{16\,500}{10\,000} = 1,65 \text{ Quadrattom.}$$

$$\text{» Støbejerns do. } a = \frac{16\,500}{4\,000} = 4,12 \text{ do.}$$

$$\text{» Træ do. } a = \frac{16\,500}{1\,000} = 16,5 \text{ do.}$$

2det Expl.: Et Taarn, som vil faa en Vægt af 4 050 000 Pd., skal opføres paa en Grund, der er saa svag, at Funderingen maa skee paa Pæle. Man ønsker nu at vide, hvilket der er det mindste Antal Pæle, der bør anvendes.

Ifølge Ligningen (2) finder man:

$$a = \frac{p}{k} = \frac{4\,050\,000}{1\,000} = 4\,050 \text{ Quadrattommer.}$$

Quadrattindholdet af samtlige Pæles Tværsnit maa saaledes være 4 050 Quadrattommer, og naar vi altsaa gjøre dem 9" i Fiirkant, saa har hver Pæl et Tværsnit af 81 Quadrattommer, og Antallet bliver følgende

$$\frac{4\,050}{81} = 50 \text{ Pæle;}$$

men af andre Hensyn vil der sandsynligviis kræves et langt større Antal Pæle.

(Fortattes.)

Eneretsbevillinger paa industrielle Opfindelser, udfærdigede gennem Indenrigsministeriet.

(Marts og April 1879).

(Naar ikke anderledes er angivet, gælder Eneretten for et Tidsrum af 5 Aar fra den anførte Datum og angaar Forfærdigelsen af de nævnte Gjenstande eller Anvendelsen af den anførte Fremgangsmaade.)

11. Marts. Ferd. Eckermand af Hamburg: indstillelige Lænestole. — Under s. D. er den Frist af 1 Aar fra $12/3$ 78, inden hvilken Maskiningenieur J. N. Reenstjerna af Stockholm skulde bringe de 2 ham meddeelte Eneretsbevillinger af $12/3$ 78, deels paa faste, deels paa transportable Dampmaskiner, i Udførelse, forlænget til $12/3$ 80.

14. Marts. Fabrikant Janus Ørum af Randers: Vride-maskiner. — Conditør E. Terkildsen af Kbhvn.: en «Cinders-ovngenerator» til Brænding af Kalk og Inddampning af Vædsker. — Farver Anders Peter Andersen af Veile: Ristestænger til Hdsteder. — Staalfabrikant Alfred Krupp af Essen: en ny Methode at montere Skyts.

18. Marts. Ungkarl Rasmus Pedersen af Drejø: en Aalesaks. — Instrumentmager Thorvald Thorsen af Aarhus: en Pianoforte-Mechanik.

21. Marts. Peter Westerberg af Randers: Shagpiber.

26. Marts. Gjørtler Carl Friedrich Wilhelm Ame-lung af Kbhvn.: en excentrisk selvlukkende Vandhane med Klappventil.

2. April. Tømmermester P. Nielsen af Kbhvn.: en Dør-laa. — Ingenieur Poul Jablochhoff af Paris: en Frem-gangsmaade til Benyttelsen af det elektriske Lys.

21. April. August Carl Ditlef Riemenschneider og Telegrafist Frederik Sinding Christensen, Begge af Næst-ved: en Fremgangsmaade til Deling af det elektriske Lys og et herpaa begrundet Lysapparat. — Snedker W. E. Gjertsen af Kbhvn.: en Trappestol. — Snedker R. Rasmussen af Kbhvn.: et Sikkerhedsspjæld. — Felix Marie de la Rochemacée af Couffé i Frankrig: en Stige med kun 1 Stigetår. — Henri Rouaix af Paris: en Palet til Olieprøver. — Tømmerhandler Jonathan Gresty og Økonom John Mills, Begge af Sal-ford i England: en Maskine til Samling af Rammestykkerne i Døre, Vinduer og andre Trærammer. — J. F. Bailey af New-York: elektriske Telefon-Apparater. — Under s. D. er der givet Stationsforvalter ved Langaa Jernbanestation, Capt. C. R. Bache, som under $14/11$ 77 har faaet 5 Aars Eneret paa hydrauliske Apparater til Veining af Jernbanevogne, en ny Eneretsbevilling paa 5 Aar fra d. 19. April d. A. paa Apparater af en nu af ham opgiven Construction.

23. April. P. C. Mortensen og Søn af Flensborg: Skruer med tilhørende Møtriker til Laaseskildte. — Skomagere Henrik Hjorth af Kbhvn.: et Maaleapparat for Skomagere.

Techniske Meddelelser.

Nogle Hovedsætninger af Læren om Materialers Styrke.

(Foredrag i Industriforeningen af Ingenieur W. Hamburger.)

(Sluttet.)

II.

Legemer, paavirkede af Kræfter lodret paa deres Længderetning.

Vi ville tænke os en Stang eller Bjælke i vandret Stilling, med sine Ender hvilende paa faste Understøtninger og i Midten betyngt med en Vægt, f. Ex. 1000 Pd. Det er da indlysende, at da denne Vægt bæres af begge Understøtninger i Forening, saa maa enhver af dem bære det Halve, altsaa 500 Pd. Man kunde altsaa istedenfor de faste Understøtninger tænke sig tvende opad virkende Kræfter, hver paa 500 Pd. (Fig. 12a), uden at Bjælken derved vilde blive sat under forandrede Forhold, ligesom man endvidere kunde tænke sig det Hele vendt om, nemlig saaledes, at Bjælken (Fig. 12b) er ophængt eller understøttet i Midten og paa hver Ende belastet med 500 Pd.

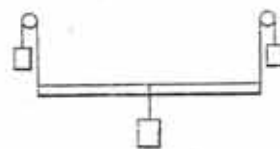


Fig. 12a.

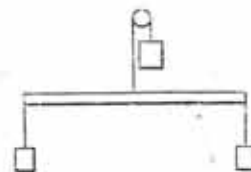


Fig. 12b.

Da nu begge Halvdele af Bjælken ere stillede under samme Vilkaar, saa maa ogsaa Virkningen paa begge Sider være den samme, og det er altsaa fuldkommen tilstrækkeligt at betragte den ene Halvdeel. Men herved komme vi til det Tilfælde, at en Bjælke i vandret Stilling med sin ene Ende er indspændt og i den anden Ende betyngt med en Vægt, og det sees til-lige, at denne er lige saa stærkt paavirket som Bjælken (Fig. 12a), naar Længden og Belastningen er halv saa stor som ved hiin.

For nu at erfare, hvorledes et paa denne Maade paavirket Legeme forholder sig, ville vi i vort Apparat (Fig. 11 S. 80) fastkile en Stang i Opstanderen A og ved Hjælp af en Boile sætte denne i Forbindelse med Midtpunktet af den mindre

Vægtstang (see Fig. 13). Det er let at indsee, at man, ved at belaste den store Vægtstang V , vil underkaste Stangen et paa Yderenden virkende Træk, samt at Stangens Nedbøining vil kunne udfindes af Viserens Bevægelse.

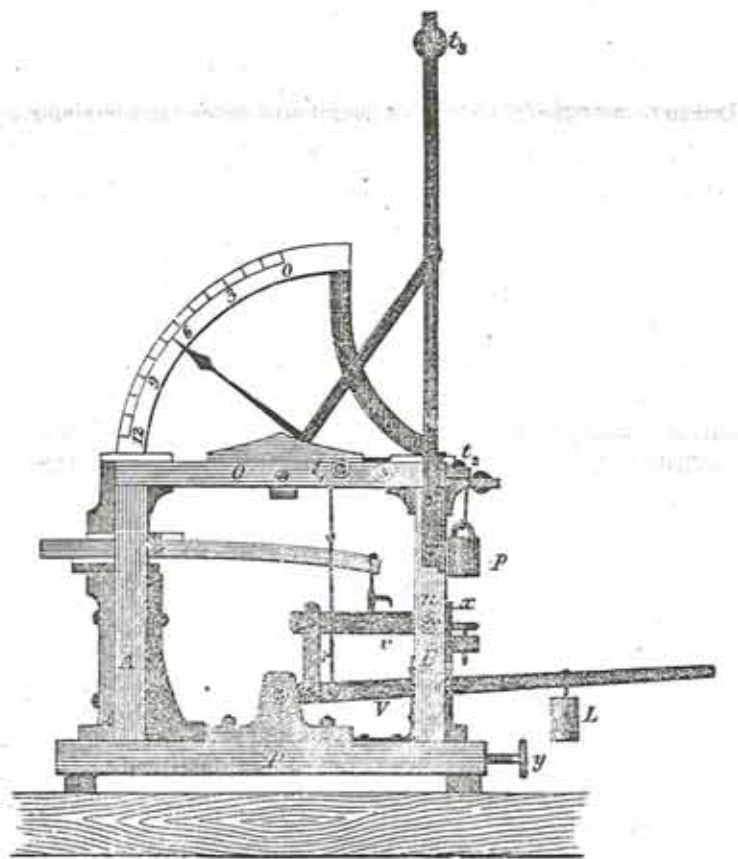


Fig. 13. Apparat til Forsøg over Materialers Strækning og Bøining.

Forholdet imellem Viserens Udslag og Stangens Bøining er som 60 : 1, idet Snoren fra Contravægten nu er knyttet til en Bølle, der angriber den store Vægtstang i et Punkt, hvis Afstand fra Støttens Midte er 3" (s. S. 89). Det er en Selvfølge, at Contravægten nu, maa være lidt større end ved Forsøget med Jertraaden.

Det vil nu vise sig:

- 1) at Stangen antager en krum Form;
- 2) at de ved forskellige Belastninger frembragte Nedbøiningere proportionale med de anvendte Kræfter, samt
- 3) at naar Kraften ikke har været for stor, saa vil Formforandringen atter forsvinde, naar Kraften ophører at virke.

De under 2) og 3) angivne Forhold tyde saaledes hen paa, at der her foregaaer noget Lignende som det, der finder Sted ved Legemers Strækning eller Sammentrykning; men der er dog en væsentlig Forskjel, thi medens der i hiint Tilfælde kun foregaaer den ene af de omtalte Virkninger, nemlig enten en Strækning, naar Kraften virker i Legemets Forlængelse, eller en Sammentrykning, naar den virker i modsat Retning, saa vil her samtidigt begge Virkninger finde Sted, baade Strækning og Sammentrykning.

For at komme til en rigtig Forstaaelse heraf ville vi nærmere betragte den bøjede Bjælkes Form (Fig. 14), og det vil

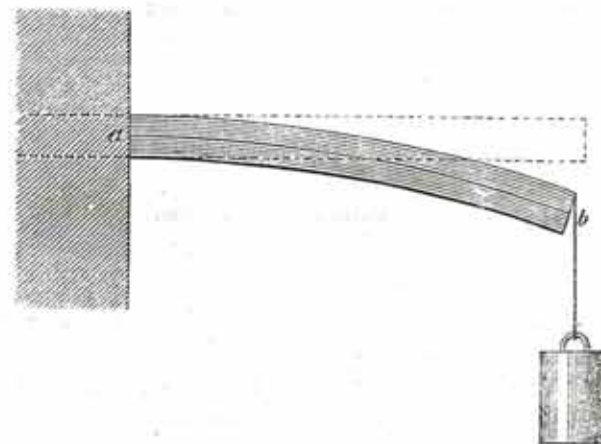


Fig. 14. En Bjælke, indspændt i den ene Ende og belastet i den anden. $a b$ det neutrale Lag.

da blive os klart, at dens øverste Flade er bleven noget forlænget, medens den underste Flade er bleven lige saa meget forkortet. Men heraf følger, at der i Bjælkens øverste Lag maa være fremkaldt en Strækning, i dens nederste Lag derimod en Sammentrykning, samt at saa vel Strækningen i de øvre som Sammentrykningen i de nedre Lag maa aftage, eftersom de ligge nærmere ved Bjælkens Midte. Endelig indseer man, at der maa findes et Lag, der danner Overgangen imellem de strakte og sammentrykte Lag, og som hverken er bleven forlænget eller forkortet. Dette Lag, $a b$, der saaledes har unddraget sig Kraftens Paavirkning, kaldes det neutrale Lag, og i

de Tilfælde, som her ville komme under Omtale, falder det altid sammen med Bjælkens Midtlinie.

De ville dernæst indsee, at det Sted af Bjælken, der lider den største Paavirkning, maa være det, der ligger Indspændingen nærmest; thi her er Bøiningen størst, og naar Bjælken skal brydes, saa maa det skee paa dette Sted, nemlig naar enten Strækningen eller Sammentrykningen her naaer Materialets Brudgrændse. Man kalder derfor dette Sted det farlige Tværnsnit.

Der er nu et Spørgsmaal, som frembyder sig naturligt, nemlig: hvilken Indflydelse har Formen af Bjælkens Tværnsnit paa dens Bæreevne?

Jeg vil da straks bemærke, at det ingenlunde er ligegyldigt, hvilken Form man vælger, men at denne tværtimod har en afgjørende Betydning for Bjælkens Modstandskraft. For at godtgjøre dette, vil jeg efterhaanden stille Dem forskellige Tværnsnitsformer for Øie, angive de Styrkeforhold, man ved Beregning kan udfinde for dem og anstille de Sammenligninger, som dette maatte opfordre til.

De Bjælker, jeg vil betragte, skulle være stillede under i Øvrigt aldeles lige Vilkaar; Materialet skal være Smedejern, Tværnsnittets Areal 1 Kvadratfod, Bjælken hvilende med begge sine Ender paa faste Understøtninger i 50 Fods Afstand fra hinanden og Belastningen virkende paa Midten.

Hvilken er nu den naturligste Form, man kan give Bjælken? Det maatte vel være den runde Form, thi det er jo denne, som Naturen anviser os i Træstammens Form. Vi ville derfor først undersøge denne lidt nærmere og benytte den som Udgangspunkt for de følgende Undersøgelser.

En rund Bjælke, hvis Tværnsnit skal være 1 Kvadratfod, maa have en Diameter af $13\frac{1}{2}$ Tomme. Ved en Beregning, som jeg senere nærmere skal forklare, finder man, at Brudbelastningen er 65 500 Pd. Naar Bjælken ikke veiede noget, vilde den først sønderbrydes ved en Belastning af 77 300 Pd., men da den selv veier 23 600 Pd., saa maa Halvdelen heraf eller 11 800 Pd. fradrages, hvorved Tallet 65 500 fremkommer.

Dette Tal, der saaledes for den vilkaarlig valgte Længde af 50 Fod angiver os den Grændse, indenfor hvilken Bjælkens Bæreevne er beliggende, maa selvfølgelig være et vigtigt Moment ved Bedømmelsen af denne Tværnsnitsforms Styrke; men

der er et andet Forhold, som ikke mindre fortjener at undersøges, og dette er, hvilken Grad af Stivhed Bjælken har; thi af to Bjælker, der have samme Bæreevne, maatte dog den være at foretrække, der bøier sig mindst for den samme Belastning. Jeg har derfor undersøgt, hvor meget Bjælken vil bøje sig for en bestemt Vægt (der dog maa antages saa lille, at man er sikker paa, at den ligger indenfor Elasticitetsgrændsen), f. Ex. 6 400 Pd. og fundet, at den vil bøje sig $8,6'''$.

Dog, Billedet af Bjælkens Modstandskraft er endnu ikke fuldstændigt: der er endnu en tredje Omstændighed, der bør undersøges, og det er, hvorledes Bæreevnen stiller sig overfor en voksende Spændvidde. Det er let at indsee, at den Belastning, som Bjælken i saa Fald kan bære, maa blive formindsket af to Grunde, nemlig først, fordi Belastningen kommer til at virke paa en længere Vægtstangsarm og dernæst, fordi Bjælkens Egenvægt bliver større og derfor lægger Beslag paa en større Deel af dens Modstandskraft. Man vil derfor finde, at denne aftager meget hurtigt ved en voksende Afstand imellem Understøtningerne, saa at den allerede ved den dobbelte Afstand, altsaa ved 100 Fod, synker ned til imellem $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{5}$ og ved 130 Fods Afstand bliver lig 0, d. v. s., Bjælken kan da aldeles Intet bære, den vil brydes af sin egen Vægt. Denne Afstand, som vi kunne kalde den absolute Spændvidde, er den Grændse, hvortil man i den praktiske Anvendelse vel kan nærme sig mere eller mindre, men som selvfølgelig aldrig hverken kan eller bør naaes.

Den efter Cirkelformen simpleste Form er Kvadraten; vi give derfor Bjælken denne Form. Den er da 1' hoi og 1' bred. Denne Bjælke vil sønderbrydes ved en Belastning af 80 000 Pd.; den er altsaa lidt over $\frac{1}{5}$ stærkere end den runde. Den absolute Spændvidde bliver 140' og Bøieligheden \circ : Bøiningen for den vilkaarlig valgte Belastning af 6 400 Pd., er $8,6'''$; den er altsaa stivere end den cylindriske Jernbjælke.

Vi ville nu give Tværnsnittet en rectangulair Form, og idet Rectanglens Høide gjøres dobbelt saa stor som dens Grundlinie, blive disse Dimensioner henholdsvis 17" og $8\frac{1}{2}$ ". Men denne Bjælke kan anbringes paa Understøtningerne paa to forskellige Maader, nemlig enten lægges paa den flade Side eller stilles paa Hoikant. Man kan nu vist nok sige sig selv, at den

sidst nævnte Stilling maa være den stærkeste, og Beregningen viser ogsaa, at Bjælken, stillet paa Høikant, kan bære indtil 119 200 Pd., medens den, lagt paa Siden, kun kan bære det Halve. I først nævnte Stilling er Bæreevnen 1,8 Gange Cirkelformens, i sidst nævnte synker Bæreevnen ned under denne.

Undersøgelsen med Hensyn til absolut Spændvidde og Bøielighed giver derhos henholdsvis:

for Bjælken, liggende paa Høikant. . 170' og 4,0'''

" " " " " Siden. . . 117' og 16,0'''.

Naar vi nu see, at en tilsyneladende saa ubetydelig Omstændighed som den, at Tværnittet dreies fra den ene Side til den anden, kan forøge Bæreevnen til det Dobbelte og Stivheden til det Fiirdobbelte, saa maa det være interessant at undersøge, hvad der kan være den egentlige Aarsag til disse forandrede Forhold.

For at komme til Klarhed herover, ville vi i begge Tværnit indtegne den neutrale Axe ab (Fig. 15), og det falder da straks i Øinene, at i det ene (det svagere) ere de materielle Dele sammentrængte i Nærheden af denne Linie, medens de i det andet (det stærkere) ere mere fjærnedede fra den.

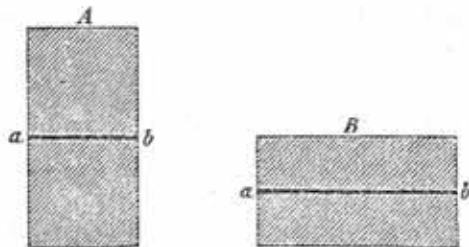


Fig. 15. Tværnit af en rektangulær Bjælke, hvis Sidelinier forholde sig som 2:1. A Bjælken lagt paa Høikant, B lagt paa Siden.

Naar det nu virkelig er denne Omstændighed, der er Aarsag til Forandringen, saa maa Bæreevnen af en Bjælke med rektangulært Tværnit vokse, naar Høiden gjøres større og Bredden mindre, og en nærmere Undersøgelse viser da ogsaa, at naar Rectanglens Høide er 5 Gange saa stor som Bredden, bliver Bæreevnen 3 Gange saa stor som ved den circulaire, at en 9 Gange saa stor Høide som Brede giver den fiirdobbelte Bæreevne o. s. v., Alt for det samme Tværnitsareal.

Men man indseer let, at man vilde komme til meget uheldige Former for Bjælakens Tværnit, naar man for at forøge dens Bæreevne vilde gaa videre frem i denne Retning; thi man vilde derved berøve Bjælken dens Liggeflade og svække den alt for meget for Paavirkninger fra Siden. Det er derfor i den praktiske Anvendelse ikke tilraadeligt at gaa stort videre i den omhandlede Retning end at give Rectangelen den tidligere omtalte Form med Forholdet imellem Høide og Brede som 2:1. Vi ville derimod undersøge, om man ikke paa anden Maade kan tilfredsstille den anførte Betingelse: at fjærne de materielle Dele fra den neutrale Axe og til den Ende construere et Tværnit af hosstaaende Form (Fig. 16). For dem af mine Tilhørere, der kjende Keglesnitslinierne, vil jeg bemærke, at de krumme Linier ere Parabler, hvis Toppunkt ligger i den neutrale Axe ab . For at Tværnittet kan faa den fastsatte Størrelse af 1 Kvadratfod, maa Høiden være 29,5" og Bredden 14,75".

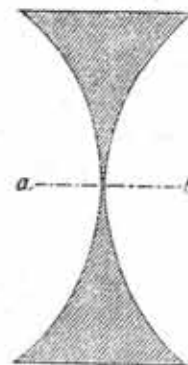


Fig. 16.

Fig. 16. Tværnit af en Bjælke med paraboliske Udsnit. Grundlinien 14 3/4'', Høiden 29 1/2''; ab den neutrale Axe.

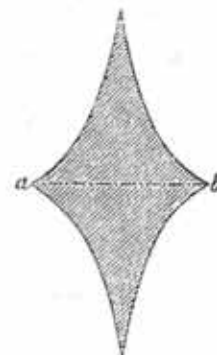


Fig. 17.

Fig. 17. De 2 Halvdele af Fig. 16 samlede saaledes, at de 2 Grundlinier falde sammen i ab .

Beregningen af denne Bjælke giver en Brudbelastning af 350 000 Pd.; den er altsaa imellem 5 og 6 Gange saa stærk som den circulaire. At det netop er den anførte Omstændighed, der har fremkaldt den større Styrke, overtyder man sig let om ved følgende Omdannelse. Vi skære Tværnittet over paa Midten og sætte begge de brede Ender sammen; derved opstaaer et Tværnit (Fig. 17), hvis Bæreevne kun er 1/6 af

først nævnte og altsaa atter synker ned under Cirkelformens. Den videre Undersøgelse giver:

	absolut Spændvidde	Bøining
for Tværnittet Fig. 16 . . .	300'	0,75'''
for do. Fig. 17 . . .	120'	4,5'''

Det har saaledes paa en slaaende Maade viist sig, at saa vel Bæreevnen som Stivheden i høi Grad forøges, naar Materialet fjernes fra den neutrale Axe. Men naar det væsentlig kommer an derpaa, saa ligger den Tanke nær at gaa over til Rørformen, der særlig karakteriserer sig ved, at al Materie er fjernet fra Midten. Vi ville derfor prøve to Rørformer, den cirkulaire og den rectangulaire.

Idet vi fastsætte en Metaltykkelse af $\frac{1}{2}$ " , maa Rørets udvendige Diameter i første Tilfælde være 7' 8" , naar Tværnsits-arealet — som hidtil — skal være 1 Kvadratfod.

I det andet Tilfælde bliver der Spørgsmaal om, hvilken Form vi skulle give Rectangelen, idet man jo, efter Analogi med det forhen Anførte, maatte antage, at Røret bliver stærkere, jo større man vilde gjøre Høiden i Forhold til Bredden. Men her møder os den Besynderlighed, at den paagældende Lov ikke finder Anvendelse paa det rectangulaire Rør. Naar man nemlig undersøger forskjellige Rørformer med stedse voksende Høide og aftagende Brede, saa vil man (Fig. 18), idet man be-

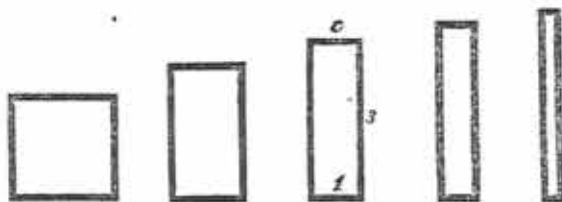


Fig. 18. Tværnsnit af 5 rectangulaire Bjælker, hvor Forholdet imellem Høide og Grundlinie vokser som Tallene 1, 2, 3, 5 og 10.

gynder med det quadratiske Rør, finde, at Styrken vokser, indtil man naaer et vist Tværnsnit, *c*, der har den største Styrke (bliver et Maximum) og dernæst atter aftager, jo mere Høiden vokser paa Breddens Bekostning. Det Forhold imellem Høide og Brede, for hvilket saaledes den største Styrke naaes, er som 3 : 1, hvorimod det quadratiske Rør og det, hvor Bredden er forsvindende i Sammenligning med Høiden, ere omtrent lige stærke.

Vi vælge derfor et Rør af den rectangulaire Form, hvor Høiden er 3 Gange saa stor som Bredden og finde da, at med en Metaltykkelse af $\frac{1}{2}$ " maa Høiden være 9' og Bredden 3'.

Hvilken Styrke vise nu disse Rørformer? Beregningen giver, at Brudbelastningen for det circulaire Rør er 1 035 000 Pd., for det rectangulaire 1 209 000 Pd. Det første er altsaa næsten 16 Gange, det andet omtrent 19 Gange saa stærkt som den massive, runde Bjælke, der danner Udgangspunktet for vore Betragtninger. I Øvrigt henvises til efterfølgende Tabel, hvori alle de omhandlede Former findes sammenstillede.

Tabel III.

Styrkeforhold af de omhandlede Tværnsitsformer for prismatiske Bjælker.

Tværnsittets Form	Brudbelastning ved en Aftand imellem Endestøtningerne af 30 Fod.	Bæreevnen Forhold til det cirkulaire Tværnsnit	Bøining for en Belastning af 6 400 Pd.	Stivhed i Forhold til det circulaire Tværnsnit	Absolut Spændvidde
	Fod				Fod
Rectangulært paa Siden	53 700	0,6	16'''	0,54	117
Parabolisk (det svagere)	58 000	0,9	4,5'''	1,9	120
Circulært	65 500	1,0	8,6'''	1,0	130
Quadratisk	80 000	1,2	8,0'''	1,07	140
Rectangulært paa Høikant	119 200	1,3	4,0'''	2,15	170
Parabolisk (det stærkere)	350 000	5,3	0,75'''	11,5	300
Circulært Rør	1 035 000	15,8	0,08'''	95,5	470
Rectangulært Rør	1 209 000	18,6	0,07'''	123	510

For at vise Dem, at Rigtigheden af de meddelte Resultater i deres Hovedtræk kunne eftervises ved Forsøg, har jeg ladet nogle af de omhandlede Tværnsitsformer udskære i Træ i $\frac{1}{24}$ af deres sande Størrelse. Ved at sætte disse Stænger ind i vort Apparat (Fig. 13, S. 102) og underkaste dem Paavirkningen af en og samme Kraft, kunne vi af Viserens Udslag bestemme Nedbøiningens Størrelse og altsaa ligefrem udfinde Forholdet imellem Stængernes Stivhed. Men hvorledes finde vi Forholdet imellem Bæreevnen? Ja! vi kunde jo belaste dem til Sønderbrydning; Forholdet imellem disse Belastninger vilde da give os det omspurgte Forhold. Men denne Fremgangsmaade er ikke heldig; thi afseet fra, at de paa denne Maade behandlede Modeller derved blive tilintetgjorte, kunde man næppe af denne Methode vente paalidelige Resultater, med mindre man for hver

Tværsnitsform foretog et stort Antal Forsøg, for deraf at udlede en Gjennemsnitsværdi.

Man kan imidlertid gaa en anden Vej, som fører hurtigere og langt sikrere til Maalet, idet man af Stængernes forskellige Bøining for en vilkaarlig valgt Belastning indenfor Elasticitetsgrænsen, ved et lille Regnestykke kan finde Forholdet imellem deres forskellige Bæreevne.

Betegner saaledes for een Stang B Bæreevnen, f Bøiningen, aflæst ved Forsøget, og h Tværsnittets Høide i Kraftretningen, og de samme Størrelser for en anden Stang betegnes ved B_1 , f_1 og h_1 , saa har man, under Forudsætning af, at Stængernes Længde og Belastning er den samme:

$$\frac{B_1}{B} = \frac{f_1}{f} \times \frac{h}{h_1} \dots \dots \dots (1)$$

Vi ville nu f. Ex. indsætte den rectangulaire Stang i begge Stillinger i Apparatet og finde da for den samme Kraft:

for Rectangelen paa Høikant $f_1 = 4$

" " " Siden $f_1 = 16$

og da man har $h_1 = 8,5''$

og $h_1 = 4,25''$,

saa er ifølge Formlen (1):

$$\frac{B_1}{B} = \frac{16}{4} \times \frac{4,25}{8,5} = 2,$$

der stemmer med det i Tabellen angivne Forhold.

For de to paraboliske Tværsnit finde vi ved Forsøget:

for det stærke Tværsnit $f_1 = 0,75$

" " svage " $f_1 = 4,5$

og da $h_1 = h = 14,7''$,

saa har man

$$\frac{B_1}{B} = \frac{4,5}{0,75} \times \frac{14,7}{14,7} = 6,$$

altsaa det samme Forholdstal, som forhen blev angivet.

Det kunde nu maaskee interessere Dem at blive bekendt med, hvorledes man ved Beregning kan finde de til en Bjælkes Sikkerhedsgrænde, Elasticitetsgrænde eller Brudgrænde svarende Belastninger. Med Hensyn hertil skal jeg give Formlerne for dem af de omtalte Tværsnit, der have størst praktisk Betydning, uden dog at kunne indlade mig paa nærmere at begrundede disse Formler.

a. For Bjælker understøttede i begge Ender, Belastningen virkende i Midten.

Rectangulært Tværsnit med Brede b , Høide h ,

$$p = 0,666 k \frac{b h^2}{l} \dots \dots \dots (2)$$

Qvadratisk Tværsnit med Sidelinie h :

$$p = 0,666 k \frac{h^3}{l} \dots \dots \dots (3)$$

Circulært Tværsnit med Diameter d :

$$p = 0,527 k \frac{d^3}{l} \dots \dots \dots (4)$$

Circulært Rør med udvendig Diameter d , Metaltykkelse t :

$$p = 3,1416 k \frac{d^2 t}{l} \dots \dots \dots (5)$$

Rectangulært Rør med Høide h , Brede b , Metaltykkelse t :

$$p = 1,333 k \frac{(3 b h + h^2) t}{l} \dots \dots \dots (6)$$

De to sidst anførte Formler angive dog kun Resultatet med tilstrækkelig Tilnærmelse, naar t er meget lille i Sammenligning med Tværsnittets øvrige Dimensioner.

I alle disse Formler er k en Coëfficient, der tages af Tabel I (S. 84) efter Materialets Beskaffenhed og den Grænde, man søger. Bjælkens Længde l saa vel som dennes øvrige Dimensioner angives i Tommer; Belastningen p findes udtrykt i Pund.

b. For Bjælker, indspændte med den ene Ende, og Belastningen virkende paa Yderenden.

Herfor gjælde de samme Formler, kun med den Forandring, at l forandres til $4l$.

For at oplyse Anvendelsen heraf ved et Exempel ville vi søge Brudbelastningen for det rectangulaire Rør, der er omhandlet i det Foregaaende. Man har da:

$k = 48000$, $b = 3' = 36''$, $h = 9' = 108''$, $l = 50' = 600''$, $t = 0,5''$,
altsaa:

$$p = 1,333 \times 48000 \frac{(3 \times 36 \times 108 + 108^2) 0,5}{600},$$

følgelig $p = 1\ 243\ 800$ Pd.

Fradrages Bjælkens halve Vægt 11 800 Pd., findes Brudbelastningen lig 1 232 000 Pd., hvorimod den nøiagtige Formel giver 1 209 000 Pd.

Det behøver vel næppe at tilføies, at man finder den Belastning, som Bjælken med Sikkerhed kan bære, ved for k at indsætte Sikkerhedscoëfficienten 10 000 ifølge Tab. I.

Det er nu ved forskellige Undersøgelser bleven paaviist, hvilken afgjørende Indflydelse Formlen af Bjælkens Tværsnit har

paa dens Modstandskraft. Hvilken Forskjel er der saaledes ikke imellem de yderste Grændser for Bæreevne, Stivhed og Spændvidde, som Tabel S. 109 omfatter! og betragte vi særlig den firkantede Rørform, saa see vi, at den bærer 19 Gange saa meget som den massive, runde Bjælke, rækker 4 Gange saa langt og er over 120 Gange saa stiv.

Men har dette da nogen stor praktisk Betydning, og kunde man ikke, naar der fordres en stor Bæreevne, anvende flere Bjælker af den svagere, men simplere Form istedenfor den ene stærke?

Det kunde man naturligviis gjøre, men lad os undersøge, hvor meget disse 18 andre Bjælker vilde koste, som den rørformede Bjælke kan spare os. Jeg har tidligere bemærket, at den runde Bjælke veier 23 600 Pd. 18 Stkr. veie altsaa 424 800 Pd., og antage vi, at 1 Pd. forarbejdet Smedejern koster 50 Øre, saa bliver hele Bekostningen 212 400 Kr.

Det er saaledes en ikke ubetydelig Sum, som den rørformede Bjælke i dette Tilfælde kan spare os, og skjønt Besparelsen selvfølgelig ikke altid er saa stor, saa vil den dog i ethvert Tilfælde nedbringe Bekostningen til $\frac{1}{19}$ af det, den ellers vilde blive.

Dog, hvad der er af langt større Betydning end Penge-spørgsmaalet, det er den store Spændvidde, der kan naaes ad denne Vei, og paa Grund af denne Omstændighed spille Jerndragere af denne og lignende Former en betydningsfuld Rolle i den nyere Tids Jernbane- og Brobygning, idet man ved deres Hjælp kan føre Jernbaner over Floder og Dale, som man ikke paa nogen anden Maade kan overspænde.

Den rectangulaire Rørform blev i det Store første Gang anvendt af Robert Stephenson ved Bygningen af Britanniabroen, som fra Holyhead paa Kysten af Grevskabet Wales fører over det smalle Menaistræde til Øen Anglesea. Broen er bygget som en tvedeelt Tunnel for to Jernbanespor, af mægtige Jernrør, der hvile paa murede Piller i over 100 Fods Høide over Vandfladen. I Midten har Broen et frit liggende Parti med en Spændvidde af 960'. Rørene, som her ere 30' høie og 15' brede, have saaledes ikke det til Maximum af Styrke svarende Forhold imellem Høide og Brede, maaskee fordi dette ikke vilde være heldigt for Tunnelformen; men til Gjengjæld bestaaer saa vel Bunden som Dækket af et System firkantede Rørceller, hvorved en fortrinlig Styrke er opnaaet.

Dog ogsaa i det Mindre finder denne Form en udbredt Anvendelse. Vi behøve ikke at gaa ret langt for at finde Exempler herpaa. Men omendskjønt jeg er overbeviist om, at enhver af de Herrer ofte har seet den anvendt, turde det dog være undgaet Deres Opmærksomhed, at det netop var denne Form, De har haft for Øie. Sagen er nemlig den, at man i Reglen giver Bjælken en Form, hvori Rørformen er vanskelig at gjenkjende. Skære vi nemlig det firkantede Rør (Fig. 19a)

over paa Midten og sætte begge Halvdele sammen saaledes, som Fig. 19b viser, saa opstaaer I-Formen — eller som den ogsaa kaldes — den dobbelte T-Form, som har accurat den samme Styrke, men er lettere at fremstille ved Støbning, Valsning eller ved Sammennitning af Jernplader, og som De sikkert ville hilse som en gammel Bekjendt.

Forinden jeg slutter, skal jeg kun endnu henlede Deres Opmærksomhed paa, at vi i Naturen finde de samme Tværnsnitsformer, som Theorien betegner som forholdsvis stærke, anvendte overalt, hvor det kommer an paa at tilveiebringe en stor Styrke ved Anvendelse af den mindst mulige Mængde Stof.

Betragt f. Ex. denne Fjer, Vingefjeren af en Gaas. Der var en Tid, da denne lille Gjenstand spillede en større Rolle end nu; den var den Gang traadt i Menneskets Tjeneste og, idet den maatte følge Tankens Flugt, tjente den til at fæste Aandens Frembringelser til Papiret. Nu er den afsat fra sin høie Plads og tjener kun, som tidligere, til at muliggjøre Fuglens Flugt igjennem Luften. Men denne Bestemmelse opfylder den ogsaa paa en vidunderlig Maade; thi omendskjønt den er saa let — ja saa let som en Fjer — saa har den dog forholdsvis en forbavsende Styrke; og det, der gjør den saa stærk, er udelukkende Rørformen, hvori dens yderste Ende — Penneposen — er udviklet, og som forlener den en tifold Bæreevne, en hundredfold Stivhed.

Betragt dernæst Hvirveldyrenes Beenbygning, som støtter og bærer Legemets Vægt og hvorigjennem Musklernes Kraftytringer forplantes til Omgivelserne. Og saa her optræder Rørformen stærkt udpræget, som De vil see af hosstaaende Tværnsnit af Menneskets Laarknogle. Det er en vidunderlig viis Anordning, at Knoglerne have netop denne Form; thi hvis de vare compacte, saa vilde vi enten tynges til Jorden af Legemets Vægt eller, naar Beensystemet var bygget lige saa let, som det nu er, saa vilde vi være udsatte for at faa Brud paa vore Lemmer ved ethvert Fald, ja ved det mindste Stød.

Dog, dette er kun et Par Exempler, tagne lige for Haanden. Der kunde paavises mange andre saa vel i Dyre- riget som i Planteriget; thi overalt hvor Naturen er Bygmester udfører den sine Værker saaledes, at disse, som i alle andre Retninger, saa og i Henseende til Lethed og Styrke, maa opvække vor høieste Beundring.



Fig. 19.



Fig. 20. Tværnsnit af Menneskets Laarknogle; nat. Stor.

qvís contra nos. Anno Domini 1619*, og paa Kisten Nr. 212: «Er Gud med os, hvo kand vær mod os». Exemplerne ere valgte mellem Meublerne med danske Indskrifter, men hermed ere de saaledes udstyrede Meubler ogsaa væsentlig udtømte. — Paa den nordiske Udstilling i 1872 var der utvivlsomt ogsaa et gammelt dansk Skab, nemlig det fra 1590 med Brahernes og Gjøernes Vaaben, som er afbildet i «Illustreret Tidende» for 1871—72 Nr. 631.

Endnu skal her kun gjøres nogle spredte Bemærkninger. I October 1664 gjorde Hofsnedker Hans Balche «en Stok af Pæretræ med Elfenbeen paa Enderne til Prindsessernes *Troktafel*», og søger man nu Oplysning om, hvad et Troktafel er, seer man, at det fuldstændigt er et Nutidens Billard; saadanne har man altsaa kjendt den Gang, og man har tillige haft et andet Spil, det saakaldte *Pilken-* eller *Pirkentafel*, hvorved (efter Moth) forstodes «en lang, smal firkantet Kiste, hvori i Midten et langt, smalt firkantet Bord bestreet med Sand, hvorpaa man skyder runde og flade Kobberbrikker lige frem; hvo der kommer længst med sin Brikke paa Bordet, uden at den falder i Kisten, den vinder». Tiden holdt af at spille, og Brædspil vare meget almindelige. Allerede i Kæmpeviserne nævnes Tavleborde og Vortavl; 1492 fandtes i en jernbunden Kiste paa Kokkedal i Jylland «III Skaff-Taffle» (d. e. Skakbrædter), og imellem Mogens Gyldenstjernes Gods 1563 i Malmö nævnes et «Skafftaffl», et Brædt til at lege «Skafftaffl» paa samt et «wortaffl» og et Huus til «wortaffl». Vartavl eller Vortavl er utvivlsomt et Tærningespil og har vel oprindelig heddet Varp- eller Vorptavl (i Forbindelse med det oldnordiske Verbum *værpa* at kaste). 1671 gjør Hans Balche til Dronningen et Fyrretræs Dambædt, «welches solte laxiret werden»; «laxiret werden» betyder vel her «lakeres». Og hermed ville vi tage Afsked med Meublerne fra «Christian IV's Tid». Efter Enevoldsmagtens Indførelse (1660) udvikler der sig en langt større Pragt end tidligere kjendt, Tiden skifter Charakter, Alt fornyes og moderniseres, Renaissanceen viger for Rococoen, saaledes som *Pontoppidan* udmaler det: «Istedenfor de gammeldags Skabe og Skrin, som nu vare ganske utaaelige i en Stue, maa have enten chinesiske eller andre kostbare lakerte Skatoller med Speilglas i Dørene, derhos saakaldte Commoder under hvert Speil, forgyldte, indlagte eller lakerede. Videre adskillige smaa Marmorborde paa forgyldte Løvefødder, Canapeer, Tabouretter og Stole, som ikke kunde faaes subtile nok, paa det de ikke skulle vare for længe, og om end saa var, bestode de dog ei mange Aar for Magten af den herskende Mode, hvilken bør adlydes fremfor nogen Lov». Disse Meubler haaber jeg en anden Gang at komme til enkeltviis at omtale ligesom Snedkernes hele Lavsliv; her skal det kun oplyses, at Ordet Skatol kommer af det latinske *scatula*, en *Æske*.

Techniske Meddelelser.

Værktøismaskinerne paa Pariserudstillingen i 1878.

Af Værktøisfabrikant W. Winther.
(Firma: Nielsen & Winther).

Efter at have modtaget Reisetipendium af Capitain, Malermester C. A. Bruuns og Hustrues Legat for at besøge Verdensudstillingen i Paris, afreiste jeg fra Kjøbenhavn midt i Mai og ankom til Paris den 20de. Da det var første Gang, jeg havde Leilighed til at see en Verdensudstilling, mødte jeg med saa store Forventninger til Udbyttet, at det var umuligt andet, end at jeg paa mange Punkter maatte blive noget skuffet. Jeg kom for at studere Værktøismaskinerne i Almindelighed og specielt de amerikanske, og jeg havde særlig gjort Regning paa et godt Udbytte af at studere Sellers Maskiner. Dernæst havde jeg sat mig som Maal at søge Oplysninger om de fremmede Fabrikkers Arbeidsmaader, og i det Hele taget at søge Grundene til, at de udenlandske Fabrikker kunne stille os en saadan Concurrence op, at det er vanskeligt for den eneste danske Fabrik i Danmark for Værktøismaskiner et slaa sig igjennem. Endvidere vilde jeg profitere af Alt, hvad der maatte frembyde sig af Interesse i Maskinfaget i Almindelighed, og endelig vilde jeg knytte Forbindelser med de bedste Fabrikker i Specialiteter, af hvilke vi ikke selv med Fordeel kunde paatage os Udferelsen, men som dog faldt indenfor vort Fag, og hvor vi altsaa med Fordeel kunde møde som Forhandlere.

Hvad der væsentligst bidrog til at skuffe min Forventning om en rig Høst, var Forholdenes enorme Storhed. Jeg traf paa et langt større Materiale, end det var mig muligt at bearbejde; jeg fandt ikke altid, hvad jeg havde gjort Regning paa at finde, og paa den anden Side stødte jeg paa saa Meget af Interesse, som jeg slet ikke havde tænkt paa at give mig af med, og som jeg dog nu fandt, burde medtages, at Dagene gik som Timer, og jeg, da jeg endelig maatte vende hjem, saae, at der endnu var Meget, jeg ikke havde seet og endnu mere, som jeg ikke havde seet tilstrækkeligt paa. Det var ogsaa meget vanskeligt at føre den mindste Tegning paa Papiret, da Opsynet straks mødte med Protest, saa snart man blev mistænkt for at ville aftegne en Maskine.