

Om undersøgelser af Jærn og Staal

T. Grut

Tidsskrifter

Den Tekniske Forenings Tidsskrift. 1892-93

1893

Om Undersøgelser af Jærn og Staal.

Premierløjtnant i Ing. T. Grut.

I Udlandet og især i Tyskland er der i de senere Aar opstaaet en meget rig Literatur om Undersøgelse af Bygningsmaterialier, og det store Antal Forsøgsanstalter, man har indrettet, viser ogsaa, hvor stor en Vægt man der lægger paa denne Gren af Ingeniørvidenskaben. Her hjemme er der i den sidste Tid blevet arbejdet meget paa Organisationen af Cementundersøgelser, og den tekniske Forening har i den Henseende indlagt sig stor Fortjeneste, medens derimod Metalundersøgelser hidtil have været temmelig stedmoderlig behandlede. Jeg har derfor ment, at det maaske kunde interessere nogle af Foreningens Medlemmer, at høre noget om Forholdene og Forsøgsmetoderne paa den „mechanisch-technische Versuchsanstalt“ i Berlin, hvor jeg har haft Lejlighed til at opholde mig i 3 Maaneder, og hvor der væsentlig bliver undersøgt Jærn- og Staalmaterialier.

Der findes i Berlin tre Søsteranstalter: „Prüfungsstation für Baumaterialien“, den „mechanisch-technische“, og den „chemisch-technische Versuchsanstalt“, hvoraf de to første sortere under Kultusministeriet, den sidste under Handelsministeriet. Denne sondrede Administration er — og erkendes for at være — en stor Mangel, der nærmest har sin Grund i Anstaltens Afhængighed af andre Institutioner. For imidlertid at give dem en fælles Styrelse, administreres de alle af en Kommission, der udnævnes af ovennævnte Ministerier.

Den „mech.-techn. Versuchsanstalt“ er bestyret af en Forstander og delt i:

- 1) Den mekaniske Afdeling, som udfører Undersøgelsen af alle Bygningsmaterialier (undtagen Cement, Sten o. s. v.) samt fortsætter de Wöhlerske Varighedsforsøg;
- 2) Afdelingen for Papirundersøgelse og
- 3) Afdelingen for Undersøgelse af Smørestoffer.

Foruden de nødvendige Kontorer til Administration omfatter Anstalten desuden en Værkstedsafdeling, der dels forarbejder Prøvestykkerne, dels udfører Småmaskiner og Apparater til særlige Undersøgelser.

For at give et Begreb om Anstaltens Størrelse skal jeg anføre det der ansatte Personale og Maskinforsyningen paa den mekaniske Afdeling.

Den mekaniske Afdeling.

| Personale. | Maskiner. |
|-----------------|---------------------------------------|
| 1 Forstander. | 1 Sønderrivningsmaskine til 500 Tons. |
| 3 Assistentter. | 1 — — — 100 — |

| Personale. | Maskiner. |
|-------------------------|--|
| 3 tekniske Medhjælpere. | 2 Sønderrivningsmaskine til 50 Tons, — — — 40 — |
| 1 Mekaniker. | 1 — — — 1000 kg. |
| 3 Arbejdere. | 1 — — — 500 — |
| | 1 Faldværk med 4,5 ^m . Faldhøjde og 56 kg. Klodsvægt. |
| | Forskellige Finmaaleinstrumenter. |

Afdelingen for Papirundersøgelse.

- 1 Forstander.
- 2 Assistentter.
- 2 tekniske Medhjælpere.

Afdelingen for Undersøgelse af Smørestoffer.

- 1 Forstander.
- 1 Assistent.
- 1 teknisk Medhjælper.

Administrations- og teknisk Kontor.

- 1 Fuldmægtig.
- 3 Skrivere.
- 2 Assistentter.
- 2 tekniske Medhjælpere.
- 1 Tjener.

Værkstedet.

- 6 Mestere og Arbejdere.

Jeg skal imidlertid ikke komme nærmere ind paa de sidste Afdelingers Indretning, især da Papirundersøgelser ere tilstrækkelig bekendte her hjemme, men indskrænke mig til en Beskrivelse af den største, den mekaniske.

Maskinerne.

Det vilde føre for vidt at give en detailleret Forklaring af alle Maskiner og Apparater i den mekaniske Afdeling, og det vilde ogsaa næppe have Interesse, da mange af de Forsøg, der gøres med dem, endnu aldeles ikke — saa vidt mig bekendt — ere gjorte her hjemme. Derimod skal jeg kortelig beskrive den af Prof. Martens konstruerede Sønderrivningsmaskine, der er overordentlig smukt udkastet og meget let haandterlig.

Den er konstrueret til Trækforsøg paa indtil 50 Tons og er gengivet paa Fig. 1, 2 og 3.

Den bestaar i Hovedsagen af Fundamentstykket, hvori det hydrauliske Stempel findes, og to Støbejerns-

søjler, der bære et Tværstykke, hvorpaa Vægtstangen til Kraftudmaalingen hviler. Maskinen bestaar egentlig af to helt adskilte Dele, idet den venstre kun bruges til Optagning af Diagrammer, medens den højre omfatter forskellige Indretninger til Paasætning af Vægte; naar denne Side bruges, maa Forlængelserne af Prøvestykket udmaales paa anden Maade.

Gennem Kolben gaar en Skrue, der i sin øvre Ende bærer den nederste Indspændeklo til Prøvestykket, og har saa lang en Vandring, at den kan skrues helt op til den øverste Indspændeklo og saa langt ned, at man kan sønderrive Prøvestykker paa 700 mm. Længde.

De to Støbejernsøjler ere fæstede til Fundament-

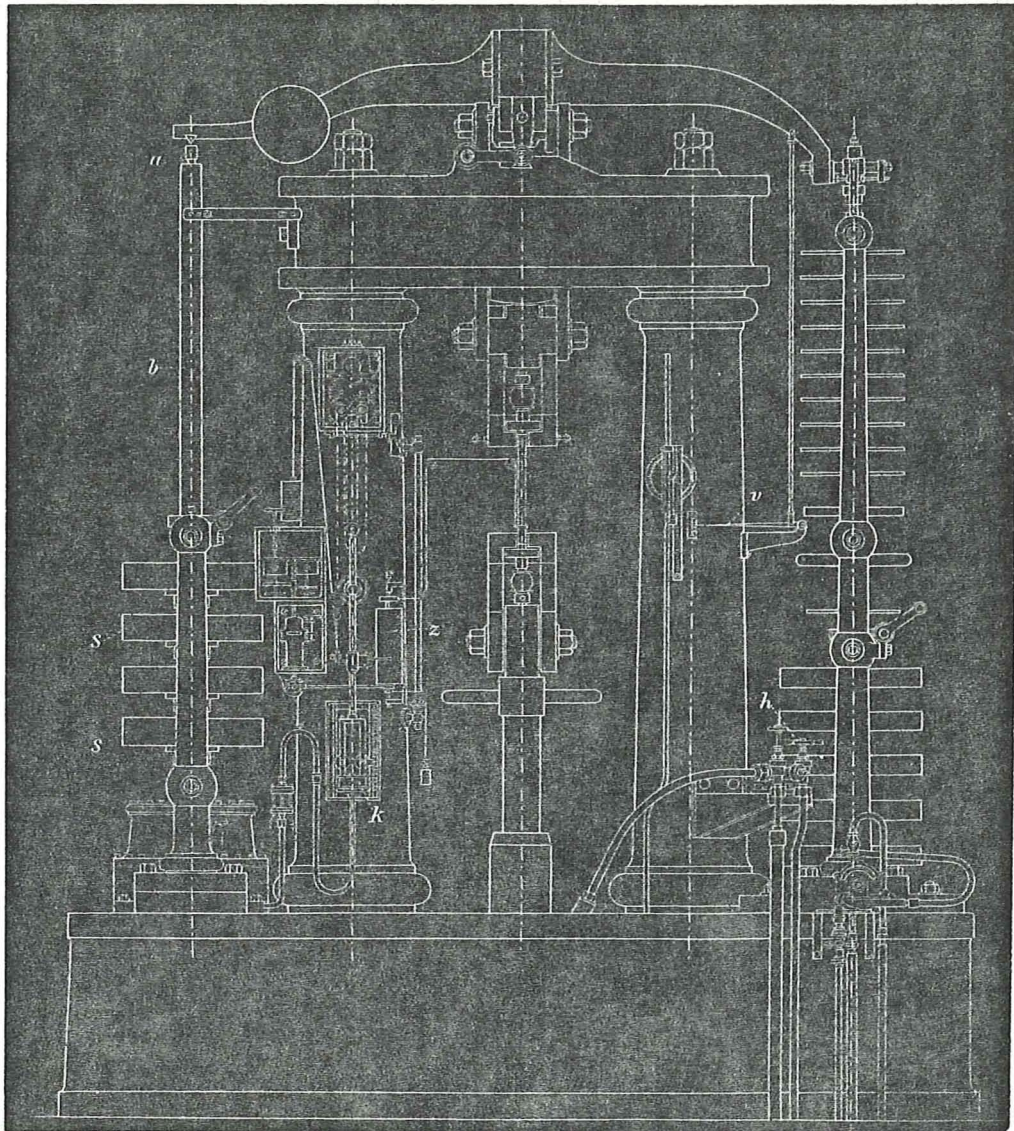


Fig. 1.

Fundamentstykket er af Støbejern og forankret til Fundamentmurværket. I Midten findes Trykcylinderen, hvori et for oven og for neden gennemgaaende Stempel, hvis virksomme Trykflade er $350 \square \text{cm}$. Da Trykvandet fra den hydrauliske Akkumulator kan gives et Tryk af 300 Atm., kan man altsaa naa op til 105 Tons Træk. Tætningen er tilvejebragt med Læder.

blokken ved lange Standbolte med Møtrikker, der ere trukne meget stærkt an, for at formindske Søjlernes Længdeforandringer under Belastningen.

Søjlerne bære, som omtalt, et Tværhoved, der tjener til Understøttelse for Vægtstangen, hvormed den paa Prøvestykket overførte Kraft udmaales. Vægtstangen er skematisk vist paa hosstaaende Figur 4. Naar den

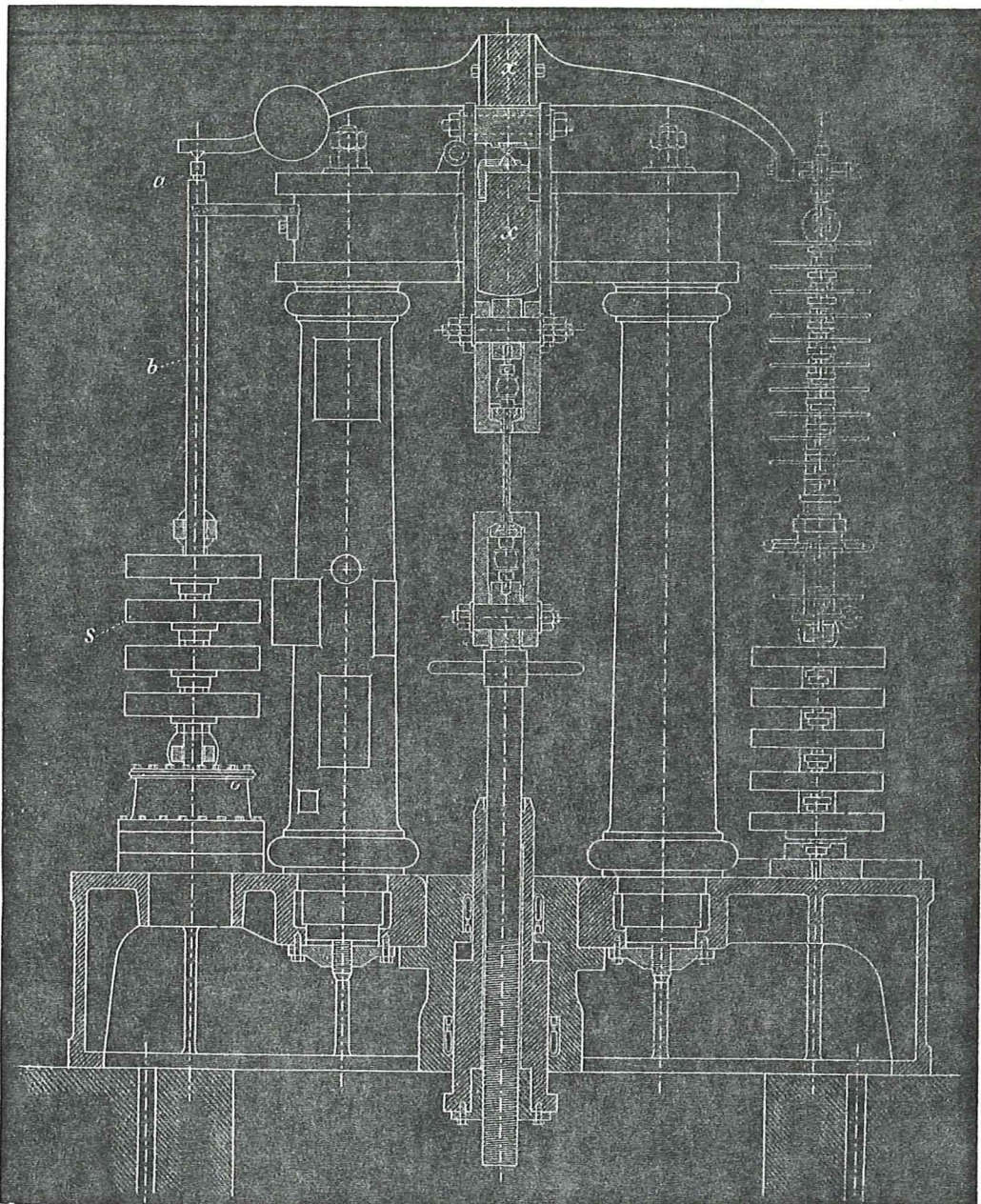


Fig. 2.

højre Side af Maskinen benyttes, er Vægtstangen toarmet, idet Knivsæggen 1 ikke er understøttet. Trækket fra Prøvestykket overføres da gennem 4, Vægtstangen understøttes i 2 og Lodderne paasættes ved 3. Benyttes derimod venstre Side, er Vægtstangen enarmet, idet 3 da ikke belastes, medens 1

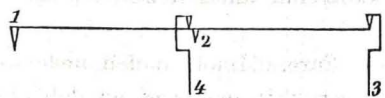


Fig. 4.

nyttiges derimod venstre Side, er Vægtstangen enarmet, idet 3 da ikke belastes, medens 1

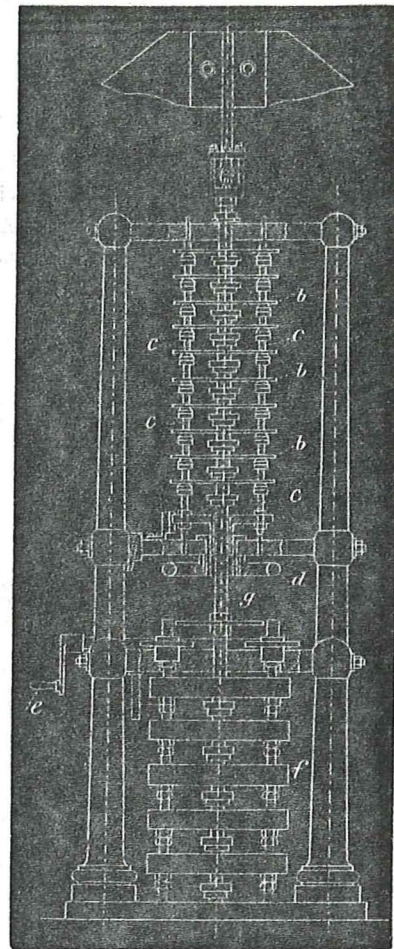


Fig. 3.

understøttes af en med et Trykmaaleapparat forbunden Søjle. Omsætningsforholdet er i begge Tilfælde 1 : 250.

Vægtstangen bestaar af en svær Støbejernsklods (x Fig. 2) med en Udsparring i Midten. I Udsparringens nederste Flade er der befæstet en Knivsæg af hærdet Staal, som bærer den øverste Indspændeklo.

Paa bægge Sider af Udsparringen findes de Knivsægge, der bære Vægtstangen. Knivsæggene ere gjorte saa lange, at de højst faa et Tryk af 170 kg. pr. løbende mm. Til Støbejernsklodsens er der fastboltet to Smedejærns Arme, en til den højre og en til den venstre Side af Maskinen.

Paa den højre Arms Ende er der ophængt en

Jærnstang (Belastningsstang *g* Fig. 3), der naar helt ned til Fundamentklodsen, og hvorpaa Vægtene hænges. Disse ere pladeformede med Hul i Midten, hvorigennem Belastningsstangen gaar. Pladerne hvile paa to lodrette Stænger (*c* Fig. 3). Naar de skulle paaføres, skrues disse to Stænger ned ved Hjælp af et Haandhjul (*d* Fig. 3), og Pladerne ville da en efter en lægge sig paa Belastningsstangen, der i det Øjemed er forsynet med Afsatser i en saadan Afstand fra hverandre, at den øverste Plade paaføres først, dernæst den næstøverste o. s. v. Hver Plade vejer 4 kg. og holder altsaa Ligevægt med en Belastning af Prøvestykket paa 1 Ton.

Naar alle Plader (10) ere paasatte, kan man ganske paa analog Maade, ved Hjælp af Haandsvinget *e* (Fig. 3) paaføre de 5 store Plader *f*, der hver repræsenterer 10 Tons

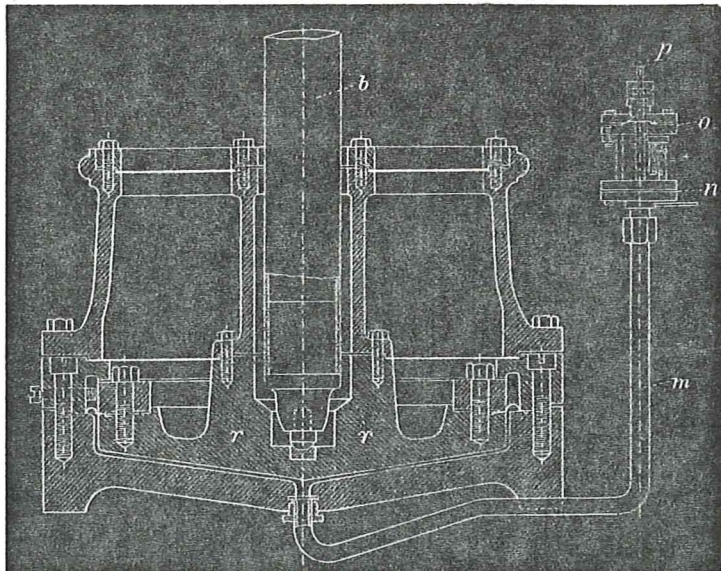


Fig. 5.

Det er meget bekvemt, at man fra samme Sted, hvor man paasætter Vægtene, kan dreje om paa Trykhanen (*h* Fig. 1) indtil Ligevægten er opnaaet, hvad der angives af en Viser (*i* Fig. 1), der staar i Forbindelse med Vægtstangen.

Skal Diagramapparatet og altsaa venstre Side af Maskinen benyttes, sættes en Staalklods (*a* Fig. 1) ind under Vægtstangens venstre Ende, og gennem den overføres Trykket da paa Støbejærnsøjlen *b*, der atter trykker paa Laaget (*r* Fig. 5) af en Daase, der paa Figuren ses som to tynde Streger (Fig. 5). Denne er fyldt med Vand og staar i Forbindelse med et Rør (*m*), som ved *n* er afsluttet med en Kautschukhinde. Ved

o findes en anden Kautschukhinde som Afslutning for Røret *p*, der (se Fig. 1) staar i Forbindelse med en Kviksølvbeholder *k*, der kan hæves og sænkes. Mellem bægge Kautschukhinder er der indsat en Ebonitstift. Naar nu Trykket i Vanddaasen bliver stærkere end Kviksølvets Tryk, vil Hinden ved *n* buldne opad, og denne Bevægelse vil Stiften overføre paa Hinden ved *o*. Er omvendt Kviksølvets Tryk det stærkeste, vil Hinden ved *o* buldne ud. Denne Bevægelse af Ebonitstiften benyttes, idet der udløses én elektrisk Strøm, hvis Stiften kommer over, og en anden, hvis den kommer under Ligevægtsstillingen, og disse Strømme benyttes da atter til, ved Hjælp af et Urværk, at hæve eller sænke Kviksølvbeholderen. Til denne er der fastgjort en Blyantstift, der tegner paa en med Papir omviklet Cylinder (*z* Fig. 1), som bringes til at dreje sig om en lodret Akse ved Prøvestykkets Forlængelse, idet der til dette er fastgjort en Krog og en Rulle. Til Krogen fæstes den ene Ende af en Snor, som føres over Rullen og vikles rundt om en paa Cylinderaksen anbragt Skive, saaledes som vist paa Fig. 1.

Under Forsøget vil Cylinderen derfor dreje sig rundt og Blyanten bevæge sig op og ned, saa at den tegner en Kurve, hvis Abscisser angive Udvidelserne, og hvis Ordinator repræsenterer Belastningerne.

Abscisserne ere forstørrede i samme Maalestok, som Cylinderens Diameter er større end Skivens.

For at faa et Maal for Ordinatorerne, anbringes Kontrollvægtene *s* Fig. 1 paa Søjlen *b* (efter at Klodsen *a* er borttagen) og man maaler den til denne Belastning svarende Ordinat.

Diagramapparatet arbejder med en Nøjagtighed af 300 kg., hvad der svarer til c. $1 \frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ for Normalrundstangen paa 20 mm. — en Nøjagtighed,

der altsaa er fuldkommen tilstrækkelig til alle praktiske Formaal.

Naar højre Side af Maskinen bruges, maa, som omtalt, de til Belastningerne svarende Forlængelser maales med et særegent Apparat, og hertil benyttes Prof. Martins' Spejlapparat.

Dette bestaar i Hovedsagen af to Skinner, der hver foroven har en hærdet Knivsæg *a* (se Fig. 6) og forneden en Not. Disse Skinner klemmes, hver paa sin Side af Prøvestykket, ind imod dette ved Hjælp af en Bøjle, saaledes at Knivsæggen sættes ind i en i Prøvestykket indridset Fure. Imellem den nederste Del af Skinnen og Prøvestykket indsættes en dobbeltægget Staalkniv *b*, hvis Forlængelse bærer et Spejl.

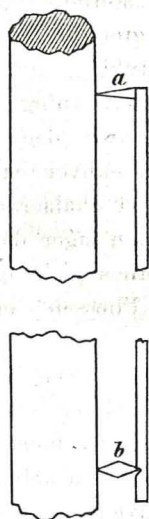


Fig. 6.

Denne Spejllakse indsættes i en anden i Prøvestykket indridset Fure og i Skinnens Not. Naar nu Prøvestykket under Kraftens Paavirkning udvider sig, medens Skinnens Længde forbliver uforandret, maa Kniven b og dermed Spejlet dreje sig, og denne Drejning benyttes til Udmaaling af Udvidelsen.

Der er nemlig i en vis Afstand opstillet en lodret Millimetermaalestock og en Kikkert med Traadkors. Man gør da Aflæsninger paa Maalestockens Spejlbillede før og efter Belastningen og Differensen mellem Aflæsningerne divideret med Omsætningsforholdet er da Udvidelsen.

Er Afstanden fra Spejlet til Maalestocken A og er Spejllaksens Bredde b , da er Omsætningsforholdet $\frac{2A}{b}$. Paa Prøvestationen i Berlin er $A = 1250$ mm, $b = 5$ mm., saa at Omsætningsforholdet bliver 500. Da man i Kikkerten kan aflæse $\frac{1}{10}$ mm., bliver Aflæsningens Nøjagtighed altsaa $\frac{1}{5000}$ mm.

For at Maalinger med Spejlapparat skulle være paalidelige maa der, som omtalt, anbringes en Skinne paa hver Side af Prøvestykket, da dette undertiden har Begyndelsesspændinger eller er ubetydelig krumt eller ikke bliver paavirket nøjagtigt efter Aksen, hvad der altsammen bevirker forskellige Udvidelser paa de modsatte Sider. Undertiden kan Forskellen være temmelig betydelig, men Fejlen elimineres ved, at man tager Middeltallet mellem de to Aflæsninger.

En anden Kilde til Upaalidelighed kunde ligge i Vanskeligheden ved at udmaale Spejllaksens Bredde tilstrækkelig nøjagtigt, idet en forholdsvis ringe Fejl i Udmaalingen, som f. Eks. 0.05 mm., giver en Fejl i Aflæsningen paa 1% . For at være sikker i denne Retning, har Anstalten ladet konstruere et Apparat af Klebe i München, hvormed Bredden kan udmaales med en Nøjagtighed af 0.0001 mm.

Udmaalingen med Spejlapparat har sin store Betydning for videnskabelige Undersøgelser, ligesom det ogsaa er den eneste Maade, hvorpaa man er i Stand til nøjagtigt at paavise Elasticitets- eller Proportionalitetsgrænsen; for praktiske Formaal er det dog et Spørgsmaal, om denne er nødvendig, idet den i og for sig, som Bauschinger har paavist, er en Størrelse, som kan variere betydeligt inden for den samme Konstruktionsdel, saa at man selv efter et Forsøg ikke kan

være sikker paa at kende dens nøjagtige Værdi, og dernæst er det egentlig kun Paavirkninger, der komme over Strækgrænsen som nærmere omtales senere, der ere farlige for Konstruktionen. Denne Grænse kommer imidlertid meget tydelig frem ved et Diagramapparat, og da dette aldeles passer sig selv efter at Prøvestykket er lagt ind og der er drejet om paa Trykhanen, er det sikkert det eneste rigtige at anvende det, hvor det kun kommer an paa rent praktiske Forsøg.

Som Eksempel paa et meget simpelt Diagramapparat, skal jeg anføre det, der er anbragt paa Pohlmeysers Prøvemaskine, og som er fremstillet skematisk i Fig. 7. Belastningerne maales og optegnes ved Hjælp af Kontravægten a 's Udslag; Forlængelserne optegnes ligesom paa Prof. Martins' Maskine. For øvrigt fremgaar Maskinens

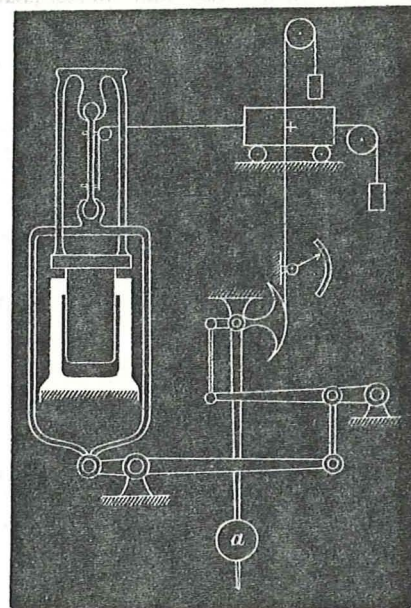


Fig. 7.

Virkemaade formentlig tilstrækkelig tydeligt af Figuren.

Forskellige Prøver.

Trækprøven. Det gælder ved denne, som ved de fleste efterfølgende Prøver, om at gøre et rigtigt Valg af Prøvestykket, da det ikke er ligegyldigt af hvilken Del af Konstruktionsstykket det udtages. Saaledes vilde det ikke være tilladeligt ved Vinkeljærn at afhøve det yderste, stærkest valsede Lag for at opnaa en bestemt Tykkelse af Prøvestykket, da dette Lag er sprødere og stærkere end de andre Dele, saa at man derved vilde komme til et Forsøgsresultat, der ikke svarede til Virkeligheden. Ved Skinner er det foreskrevet*) at udtage Prøvestykker af de yderste Fibre, dels fordi de ere underkastede de stærkeste Paavirkninger under Driften og dels fordi det er der, at de farlige Siliciumblærer fortrinsvis optræde.

*) Beschlüsse der Conferenzen zu München am 22.—24. Sept. 1884 und Dresden am 20.—21. Sept. 1886 über einheitliche Untersuchungsmethoden.

Ogsaa Formen har en betydelig Indflydelse paa Forsøgets Forløb, idet det har vist sig, at Rundjærn har en større Brudbelastning men mindre Udvidelse ved Bruddet end Fladjærn, ligesom ogsaa et mindre Tværnsnitsareal giver mindre Udvidelse og Tværnsnitsformindskelse ved Bruddet end et større.

Som Normalprøveformer har Münchener Konferencen foreslaaet Rundstænger af 10, 15, 20 eller 25 mm. Diameter eller, hvor man paa Grund af Konstruktionsdelens Form ikke kan opnaa saadanne, da Fladjærn, hvis Bredde er 30 mm. for indtil 24 mm. Tykkelse. For sværere Fladjærn tages disses Tykkelse til Prøvestykkets største Tværnsnitsdimension, og dettes mindste gør man da 10 mm.

Længden af alle Prøvestykker er 220 mm. foruden Hovederne til Indspænding i Maskinen og Overgangen til disse. Er Overgangen brat, sker Bruddet altid der, hvor Tværnsnittet forandrer sig, og Forsøget bliver værdiløst. Prøvestykket maa derfor ved kegleformede Flader gaa jævnt over i Hovedet.

Prøvestykkets Indspænding i Maskinen maa være en saadan, at Kraften kommer til at gaa nøjagtig gennem dets Akse. Gaar Trækkets Resultant, f. Eks. ved en Rundstang, gennem et Punkt af Periferien, behøves der kun $\frac{1}{3}$ af den virkelige Brudbelastning for at fremkalde Sønderrivning. Gaar den gennem et Punkt midt imellem Centrum og Periferien, behøves der kun $\frac{1}{3}$.

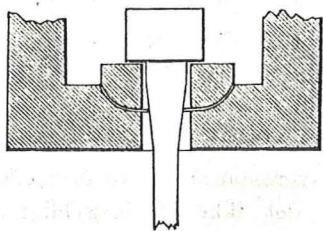


Fig. 8.

Disse Tal vise nok som Indspændingens store Betydning. Ved Rundstænger har man løst Spørgsmaalet ved Hjælp af Kuglelejer (se Figur 8), ved Fladstænger ved Hjælp af et Hul gennem Hovedet og en gennemstukken Bolt. Gnidningen i Kuglelejet er imidlertid saa betydelig, at det vist næppe altid er aldeles paalideligt. Bedre vilde maaske en cardansk Ophængning paa to Knivsægge være.

Efter at være indsat i Maskinen belastes Prøvestykket trinvis, ved Normalrundstangen paa 200 mm. med 1 Ton ad Gangen (c. $3 \frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$), ved andre Former med tilsvarende Vægte. For hver Belastning maales Forlængelserne med Spejlapparat, som beskrevet under Prøvemaskinen. I Begyndelsen ere Forlængelserne som bekendt lige store for lige store Belastningstilvækster indtil Proportionalitetsgrænsen (P-Grænsen)

er naaet. Derefter stige Forlængelsestilvæksterne noget stærkere end Krafttilvæksten, og Ligevægten er ikke saa stabil som før P-Grænsen, idet Prøvestykket bliver ved at udvide sig flere Minutter efter, at Belastningen er sat paa (Efterstrækning). Pludselig bliver denne Efterstrækning meget stærk, saa stærk, at enhver Aflesning med Spejlapparat bliver umulig, idet Skalaerne løbe rask gennem Kikkerternes Felt, og man siger da, at Stræk-Grænsen (S-Grænsen, Engländernes yielding point) er naat, og Tyskerne sige at „Fliessen“ er indtraadt.

Det kunde maaske synes at maatte være afhængigt af et Skøn, hvornaar Efterstrækningen bliver saa stærk, at Fliessen maa siges at være begyndt, men i Praksis volder det i Reglen ingen som helst Vanskelighed, idet Forlængelserne efter S-Grænsen have en ganske anden Karakter end før og ere saa stærke, at de med Lethed kunne observeres ogsaa uden Spejlapparat. Benytter man f. Eks. en hydraulisk Sønderrivningsmaskine, vil man efter S-Grænsen ikke kunne opretholde Ligevægten et Øjeblik. Viseren synker, saasnart man lukker til for Hanen.

I Diagrammet vil der vise sig et skarpt Knæk som paa hostaaende Fig. 9. Dette Knæk angiver S-Grænsen og ikke P-Grænsen. Forholdet mellem P-Grænsen og S-Grænsen er overordentlig variabelt, men deres Værdier ere hyppigst henholdsvis c. 40 % og c. 50 % af Brudbelastningen.

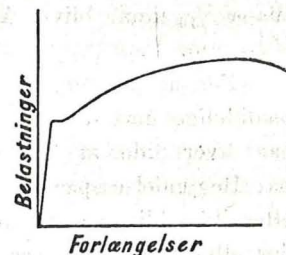


Fig. 9.

Efter S-Grænsen maales Forlængelserne kun med en almindelig Millimetermaalestock. Det er fastslaaet, at Forsøget efter S-Grænsen gøres saa hurtigt, at Forlængelsestilvæksterne udgøre 1 % i Minuttet, da nogle Forfattere paastaa, at saavel Brudbelastningen som den endelige Forlængelse skulde være afhængige af Hastigheden, hvormed Sønderrivningen gennemføres, saaledes at Brudbelastningen skulde vokse og Forlængelsen aftage med aftagende Tid. De seneste Forsøg synes at tyde paa, at Tiden i ethvert Fald kun spiller en meget ringe Rolle, men dette Spørgsmaal er endnu ikke helt opklaret.

Naar Bruddet nærmer sig, danner der sig ved Brudstedet en Indsnøring i Forbindelse med stærk lokal Forlængelse samtidig med, at Belastningen naar sit Maksimum (se Diagram). Prøvestykket bliver ganske mat (krispelig) paa Overfladen, hvad man har

forklaret derved, at de blødeste Dele af Materialet under Paavirkning af Trækkraften, der stræber at formindske Tværnsitsarealet, ligesom suges ind imod Midten og derved lader de haardere Dele komme frem som fremspringende Korn. Materialets Uensartethed kan — og vil i Reglen, i ethvert Fald ved Gydejærn (Flusseisen), stamme fra mekaniske Paavirkninger under Valsningen, idet et stærkere Tryk eller en svagere Varme vil gøre de paagældende Dele sprødere. Hvorfra Uensartetheden stammer, er jo imidlertid for den praktiske Anvendelse mindre væsentlig, men den vil altid vise sig ved Trækprøven.

I Almindelighed indskrænke Forskellighederne i Strukturen sig ved godt Jærn til mindre Partikler, men undertiden kan der findes hele Aarer af betydelig haardere Konsistens end de andre Dele, og de ville da ikke kunne udvide sig saa stærkt som disse, hvor-

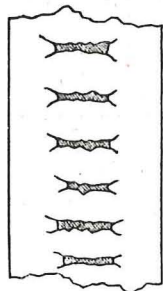


Fig. 10.

for de briste (Fig. 10). Ligge disse haarde Strengte i Overfladen, vil der i denne vise sig Tværridser med bestemte Mellemrum, og Afstanden mellem disse Mellemrum er et ligefremt Maal for Forskellen i Materialets Haardhed. Ligge de i det indre af Prøvestykket, vil Bruddet udgaa fra en af disse Tværridser, og Strengen vil kunne paa-vises i Brudfladen.

Ved Sveisejærn (Schweisseisen) vil Bruddet desuden vise Slaggepartikler som sorte Punkter mellem de skinnende Jærnpartikler. Ved Gydejærn ville eventuelle Blærer komme for Dagen.

Ved Trækprøven vil man kort sagt faa et fortræffeligt Indblik i det behandlede Materiales Natur og Egenskaber.

For at lette Bestemmelsen af Forlængelsen efter Bruddet, forsynes Prøvestykket før Prøven med en Centimeterinddeling. Naar Prøven er endt, lægges Stykkerne sammen saa nøjagtigt som muligt, og Udvidelsen maales paa et Stykke, der ligger symmetrisk om den Delestreg, der er nærmest Bruddet. Er dette imidlertid saa nær ved en af Forsøgsstykkets Yderkanter, at dette ikke lader sig gøre, supplerer man de manglende Inddelinger paa den ene Side med de tilsvarende paa den anden. Er Bruddet f. Eks. foregaaet efter $b-b$ paa hosstaaende Fig. 11, og man vil maale Forlængelsen paa 100 mm., udmaales 4—9, 4—1 og 7—9. Disse Længder adderes og Summen minus 100 mm. er da den procentiske Forlængelse paa 100 mm. ($\delta_{100 \text{ mm.}}$)

Grunden til, at man maa maale aldeles symmetrisk

om Brudstedet, ligger i den stærke lokale Udvidelse om dette og den gradvise Aftagen i længere Afstand derfra. Af samme Grund er det nødvendigt at angive, paa hvor stor en Længde Udvidelsen er maalt, idet den lokale Forlængelse naturligvis vejer mindre i Vægtskaalen, naar den tages sammen med Udvidelsen over en større Strækning.

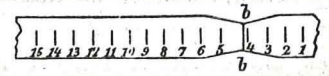


Fig. 11.

Paa et vilkaarligt udtaget Prøvestykke var saaledes $\delta_{200} = 34 \%$; $\delta_{100} = 46 \%$. Forskellen gør sig stærkt gældende ved de blødere Materialier, hvor Indsnøringen er stærkest.

Endelig udmaales Brudfladens Størrelse ved Hjælp af Lupe og Mikrometerskrue.

Som Eksempel paa, hvilke Fordringer der i de forskellige Lande stilles til Bromateriale, skal jeg anføre følgende Tal:

I Amerika anvendes mest Martin-Jærn af følgende Beskaffenhed.

| | Trækstænger | Trykstænger |
|--|-------------|-------------|
| Kulstof mindst | 0,25 % | 0,34 % |
| Fosfor højst | 0,1 % | 0,1 % |
| Brudbelastning $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ | 49—56 | 56—63 |
| P-Grænse $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ | 28—35 | 35—42 |
| δ_{200} mindst | 18 % | 15 % |
| Tværnsitsformindskelse mindst | 40 % | 25 % |

Ved Forthbroen stilledes følgende Fordringer:

| | Brudbelastn. i kg. pr. $\square \text{mm.}$ | δ_{200} mm. |
|-----------------------|--|--------------------|
| Trykstænger | 53,5—58,3 | 17 % |
| Trækstænger | 47,2—52,0 | 20 % |
| Nitter | 42,5 | 30 % |

En Jærnbanebro i Hamborg:

| | |
|-------------------------------|---|
| Brudbelastning | 40—45 $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ |
| S-Grænse | 26 $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ |
| Udvidelse mindst | 25 % |
| Tværnsitsformindskelse mindst | 50 % |

Paa Paris — Lyon — Mediterannée Banen byggedes i 1887 Jærnbanebroer af Martin-Jærn, der skulde opfylde følgende Betingelser:

| | Plader Vinkel-jærn. | Nitter. |
|--|---------------------|---------|
| Brudbelastning $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ | 40—45 | 36—40 |
| S-Grænse $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$ | 24 | 18 |
| δ_{100} i % | 25—22 | 30 |
| Kulstof i % | 0,05—0,10 | 0,05 |

Trækprøven er ubetinget den Prøve, der anvendes mest, og sikkert ogsaa den, hvis Betydning er almindeligst anerkendt, i ethvert Fald for Husbygning og Bromaterialers Vedkommende. For adskilligt andet Materiale (Jærnbanseskiner, Nitter, Aksler o. s. v.) komme imidlertid ogsaa andre Egenskaber i Betragtning end Modstanden mod Sænderivning, og man foretager derfor ogsaa en Del andre Prøver, som jeg kortelig skal omtale.

Trykprøven gøres næsten udelukkende med Støbejærns Prøvetærninger med 30 mm. Side. Forsøget udføres ganske analogt med Trækprøven, idet Sammentrykningerne indtil S-Grænsen bestemmes ved Spejlapparater, kun maa Skinnerne naturligvis her være meget kortere. Egentlig Brud finder ikke Sted, men Belastningen naar ligesom ved Trækprøven et Maximum, der betragtes som Knusningsbelastning.

Bøjningsprøve. Man maa skelne mellem to forskellige Bøjningsprøver, den ene for at undersøge en Konstruktionsdels elastiske Egenskaber under en bøjende Paavirkning, den anden for at konstatere Materialets Sejhed.

Den første anvendes — bortset fra videnskabelige Undersøgelser — kun paa Jærnbanseskiner, Støbejærnsprøver og hele Konstruktionsdele. Paa den berlinske Forsøgsstation anbringes Prøvestykket *b* vandret (se hosstaaende Fig. 12), understøttet paa forskellige Steder af Trækklodser (*g*), for at Stykkets egen Vægt ikke

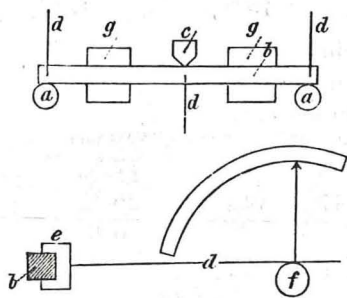


Fig. 12.

skal frembringe nogen Bøjningsspænding. To lodret staaende Skaal-cylindre *a— a* tjene som Reaktionspunkter under Forsøget, medens Kraften overføres paa Midten af Prøvestykket ved Hjælp af den lodrette, knivformede Bjælke *c*. For at man kan udmaale Bøjningspilene er der i den øverste og nederste Flade indslaaet 3 Mærker i den elastiske Linie, et ved hvert Understøttelsespunkt og et i Midten, i hvilke der ind sættes Bøjler *e* med lange Linealer *d*, der hvile paa Ruller *f*. Naar Prøvestykket bøjer sig under Paavirkning af Kraften, ville Linealerne bevæge sig og Rullerne med de paa dem fastgjorte Visere dreje sig. Naar Omsætningsforholdet mellem Rulle og Viser, som i Berlin, er 1:10, og der paa Enden af Viserne er anbragt en Nonius, kan man aflæse med $\frac{1}{100}$ mm. Nøjag-

tighed. Middeltallet af de to yderste Mærkers meget ringe og undertiden noget forskellige Bevægelse minus det midterstes er da Pilhøjden.

Ved denne Prøve finder man altid en højere Brudkoefficient end ved den simple Trækprøve, naar den beregnes efter $S = \frac{M}{w}$, hvor *M* er Bøjningsmomentet og *w* er Inertiemomentet divideret med Afstanden til den stærkest spændte Fiber. Bøjningsteorien forudsætter nemlig, at Spændingerne vokse proportionalt med Udvidelsen, hvad der kun finder Sted inden for Proportionalitetsgrænsen. De virkelige Spændingsforhold fremstilles derimod ved Kurven *OP* (Fig. 13), hvor Ordinaterne fremstille Fiberspændingerne og Abscisserne Fiberafstandene fra den elastiske Linie i *O*. I Stedet for Kurven *OP* substituerer Bøjningsteorien den rette Linie *OQ*, saaledes trukken, at Arealet *OAQ* har samme Moment om *O* som *OAP*. Derved beregnes Spændingen i den yderste Fiber til *AQ*, skønt den i Virkeligheden er *AP*.

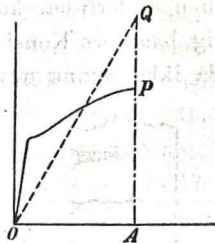


Fig. 13.

Desuden beregnes Brudbelastningen ved Trækprøven efter Prøvestykkets oprindelige Tværsnit og ikke efter det indsnørede Tværsnit i Brudøjeblikket, og da Materialet ved Bøjningen ikke lider nogen væsentlig Indsnøring, men rimeligvis dog har samme Brudbelastning som det formindskede Tværsnit ved Trækprøven, bevirker dette Forhold ogsaa, at man ved Bøjningsforsøg — især ved blødere Materialier — kommer til en langt højere Brudbelastning end ved Trækprøven, undertiden over 2 Gange saa høj.

En anden Slags Bøjningsprøve gøres for at undersøge Bearbejdelsesevnen.

Der udskæres Strimler af Materialet og disse bøjes om en Bolt, hvis Tykkelse retter sig efter Strimlens. Saasnart Materialet begynder at vise Ridser, holder man op med Bøjningen og maaler Vinklen, Stykket er blevet bøjet. Denne Prøve gøres saavel i kold som rødvarm og hærdet Tilstand. I efterfølgende Tabel findes de Fordringer, som „Verband deutscher Architekten und Ingenieur Verein“ stiller til Sveisejærn.

| Strimlens Bredde | Boltens Diam. | Materiale. | Til- stand. | Bøjnings- vinkel α° | for Tyk- kelse δ mm. | | |
|---------------------|------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----|----------|
| 30—50 | 26 | Vinkeljærn Façonjærn Plader | kold | 50 | 8—11 | | |
| | | | | 35 | 12—15 | | |
| | | | | 25 | 16—20 | | |
| | | | | | rødvarm | 15 | 21—25 |
| | | | | | | 120 | under 25 |
| | | | | | | 90 | over 25 |

Slagprøven anvendes til alle Jærnmaterialier, der i Driften udsættes for Stødpaavirkninger, altsaa først og fremmest Jærnbanemateriel. Efter Münchener Konferencens Beslutninger er det kun Skinner, Jærnbaneaksler og Hjulbandager, der skulle prøves ved Slag. I den berlinske Prøveanstalt bliver der af den paagældende Skinneliverance udtaget Skinnestykker paa 1.6 m. Længde, som anbringes paa to Understøttelser, der ere 1 m. fra hinanden. En Ramklods, der vejer 583 kg. og styres af to lodrette Skinner, bringes ved en Udløseindretning til at falde gennem en Højde paa 4—5 m. ned paa Midten af Skinnen. For hvert Slag maales de frembragte Pilhøjder, og der fortsættes indtil Brud indtræder. Interessant er det at se, hvorledes Brudet — som vist med punkteret Linje, i hos-

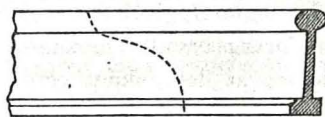


Fig. 14.

staaende Figur 14 — ofte falder sammen med Fladen for den stærkeste Paavirkning ved Sammensætning af Normal- og Forskydningsspændinger.

Torsionsprøven anvendes til Transmissionsaksler og Jærntraad. Forsøgsstykket anbringes med sin ene Ende i det forlængede Nav af et Tandhjul, der kan drejes ved Hjælp af en Skrue uden Ende. Den anden Ende anbringes i et Leje, der kan dreje sig frit med Prøvestykket, og hvortil der er anbragt en Vægtstang med Vægtskaal. Drejer man Tandhjulet samtidig med, at man belaster Vægtskaalen saa meget, at Vægtstangen stadig er vandret, vil Prøvestykket snos, og Snoningsvinklen maales ved Aflæsning i to Spejle, der ere skruede fast til Prøvestykket. Saasnart P-Grænsen er naaet, tages Spejlet af, og Snoningsvinklerne maales ved Visere, der skrues fast til Prøvestykket.

Endelig gøres der med Vinkeljærn og Nitter undertiden de saakaldte Smedeprøver, der bl. a. ere foreskrevne i den tyske Marines Kontrakter. Af hver Leverance Vinkeljærn udtages tre Prøvestykker, hvoraf



Fig. 15.

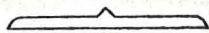


Fig. 16.

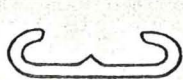


Fig. 17.



Fig. 18.

og Materialet maa ingen Ridser udvise.

Af Prøvenitterne udtages to Stykker, der bøjes koldt sammen efter Fig. 19 uden at de derved maa vise Ridser. En tredje Nitte gives Formen Fig. 20 i Rødgldhede og en fjerde slaas flad — ligeledes i Rødgldhede — hvorefter man lokker et Hul ud med samme Diameter som den oprindelige Nitte.



Fig. 19.



Fig. 20.

Betydningen af Jærn- og Staalundersøgelser bliver — som omtalt i Indledningen — mere og mere anerkendt i Tyskland, og for visse Bygningsgrenes Vedkommende kan den sikkert heller ikke bestrides. Alt Jærnmateriale til Bro-, Hus- og Maskinbygning bliver jo i Konstruktionen kun udsat for Tryk, Træk eller Bøjning eller i ethvert Fald en Paavirkning, som man er i Stand til nøjagtigt at efterligne i sin Prøvemaskine, og det er derfor indlysende, at Forsøgsresultaterne for alt Materiale, der skal anvendes til Bygninger af ovennævnte Slags, ere meget værdifulde.

Enhver Konstruktor, der overhovedet gør Fordring paa at ville konstruere rationelt, har selvfølgelig den allerstørste Interesse i at kende sit Materiales Præstationsevne saa nøjagtig som mulig, og det i desto højere Grad, jo nøjagtigere den tekniske Mekaniks Udvikling sætter ham i Stand til at beregne Paavirkningen paa Konstruktionsdelen. Det kan ikke nytte, at man beregner Paavirkningen med Decimaler, naar man ikke tilnærmelsesvis ved, hvad man kan byde Jærnet. I de fleste Priskuranter staar Jærnhjælkers eller Vinkeljærns Bæreevne opgivet, beregnet efter

12—10—8 o. s. v. $\frac{\text{kg.}}{\square \text{mm.}}$, men hvor meget man skal

regne med, det ved man ikke, og selv om der er opgivet et Tal, er det langt fra sikkert, at Leverandørens Opfattelse af Sikkerhed stemmer med Konstruktorens.

Men Følgen af, at man intet kender til sit Materiale, er naturligvis, at man i Reglen konstruerer for stærkt for at være paa den sikre Side, saa at de faa Udgifter, man vilde have af at lade sit Jærn undersøge, vist nok vilde komme mange Gange ind igen ved de forringede Dimensioner, man vilde anvende.

Mindre indlysende er Materialundersøgelsers Nytte for Jærnbanemateriels Vedkommende, da man nemlig ikke kan efterligne de Stød- og Slagpaavirkninger, der ere Skinners og Akslers værste Fjender. Der er i Berlin gjort meget omfattende Forsøg med over 200 forskellige Skinneliverancer, hvorefter Forsøgsresultaterne

bleve sammenlignede med Driftsresultaterne. Udfaldet har ikke været videre heldigt, idet Forsøgene kun stemmede med Driftsresultaterne for c. 46% Vedkommende, medens 28% vare ligefrem modstridende. For de resterende 26% Vedkommende var Sønderrivningsforsøgene i Modstrid med Faldforsøgene.

Imidlertid er det jo aldeles ikke udelukket, at man, netop paa Basis af saadanne sammenlignende Undersøgelser, kan komme paa det Rene med de Fordringer, som man i Retning af Sejhed, Styrke, o. s. v. maa stille til Jærnbanemateriel, hvis Værdi som saadant maa være en Funktion af ovennævnte Egenskaber, der alle komme frem ved Undersøgelsesmetoderne.

I Tyskland har man da ogsaa opstillet visse Betingelser, som Skinner skulle opfylde, og som skulde sikre godt Materiale, som t. Eks. de af Wöhler opstillede. Efter disse skal Brudbelastningen være mindst $50 \frac{\text{kg.}}{\text{mm.}}$ og Tværsnitsformindskelsen ved Bruddet mindst 20%. Desuden skal Summen af disse Tal være mindst 85, for at forhindre, at Fabrikkerne gaa til den nederste Grænse saavel for Styrken som for Sejheden. Hvis man gennemser de ovennævnte Forsøg, vil man imidlertid finde, at flere Skinner, der opfylde de wöhlerske Betingelser, af de paagældende Jærnbandedirektioner have faaet et daarligt Skudsmaal.

For Jærnbanematerialets Vedkommende kan Undersøgelsesmaalet derfor næppe siges at være løst, om end Forsøg er det eneste Middel man har til at danne sig et Skøn om Materialet.

I Danmark eksisterer der ingen Forsøgsanstalt, der paatager sig at undersøge Jærn, med Undtagelse af de militære Autoriteters. Ganske vist have vi ikke samme Foranledning til at koste noget paa disse Undersøgelser som Svenskerne eller Tyskerne, der ere Producenter, men vi ere dog Konsumenter, og Konsumenten er efterhaanden ikke ganske ringe og vil efter hele Teknikens Gang udvikle sig endnu mere. I 1886

indførtes der for 13.1 Mill. Kr. Jærn- og Staalvarer til Danmark og i 1890 for 20.8 Mill.

En saadan Anstalt kan imidlertid vanskelig oprettes privat, dels fordi det økonomiske Udbytte vilde være mere end problematisk, dels fordi en Statsanstalt vil kunne faa mere Autoritet og staa mer upaavirket ved Afgørelser mellem Leverrnder og Modtager. Udgiften for Staten vilde være en forholdsvis ringe Sum en Gang for alle, medens Driftsomkostningerne sikkert for største Delen kunde dækkes ved Indtægten af Prøverne, og den Nytte, som en saadan Anstalt vilde gøre for Tekniken her til Lands, vilde vist være stor og ikke mindst, fordi man vilde blive fri for alt det daarlige Materiale, som Fabrikkerne efter al Sandsynlighed søge at blive kvit her, da det alle andre Steder underkastes omhyggelige Undersøgelser.

Sluttelig skal jeg anføre nogle Opgivelser om Benyttelsen af den berlinske Forsøgsanstalts mekaniske Afdeling, idet jeg dog tilføjer, at det, skønt ganske vist den største, dog ikke er den eneste i Tyskland, da der, foruden paa alle Jærnværker, ogsaa findes en i München.

Fra $\frac{1}{4}$ 89 til $\frac{1}{4}$ 90 udførtes paa den mekaniske Afdeling bl. a.:

- 960 Trækprøver.
- 153 Trykprøver.
- 25 Bøjningsprøver.
- 5 Torsionsprøver.
- 221 Slagprøver.
- 34 Haardhedsbestemmelser.
- 414 teknologiske Prøver (Smedepr. o. s. v.).
- 4 Undersøgelser af elektrisk Modstand.

| Aargang . . | 18 ⁸³ / ₈₄ | 18 ⁸⁴ / ₈₅ | 18 ⁸⁵ / ₈₆ | 18 ⁸⁶ / ₈₇ | 18 ⁸⁷ / ₈₈ | 18 ⁸⁸ / ₈₉ | 18 ⁸⁹ / ₉₀ |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Ant. Forsøg | 551 | 239 | 371 | 463 | 530 | 1064 | 1924 |
| Indtægt Mk. | 4678 | 3568 | 3088 | 4680 | 4861 | 4253 | 7871 |

Mindre Meddelelser.

Et Uddybningsfartøj til Anvendelse paa fast Klippe. Det bekendte Skibs- og Maskinbyggerfirma Løbnitz & Co. i Renfrew (Skotland), som har indført forskellige Forbedringer ved Konstruktionen af Uddybningsmaskiner (se den tekniske Forenings Tidsskrift, 9de Aarg., S. 166), har for kort Tid siden bygget et

Uddybningsfartøj, ved Navn „Dérocheuse“, til Anvendelse paa fast Klippebund i Suezkanalen, hvor den stadig voksende Trafik har nødvendiggjort Udvidelser saavel i Dybden som i Bredden.

Hidtil har man i Reglen fjernet fast Klippe ved Sprængning; men denne er altid forbunden med nogen