

Om den tilladelige Belastning af Jernkonstruktioner

Fr. Johannsen

Tidsskrifter

Ingeniøren. 1892. 3 december + 10 december 1892

1892

Om den tilladelige Belastning af Jernkonstruktioner.

Foredrag i Dansk Ingeniørforening af Ingeniør Fr. Johannsen.

Tidligere bestemte man paa en meget simpel Maade Dimensionerne af Jernkonstruktioner, man regnede Jernets Brudgrænse til c. 40000 Pd. pr. \square “, Elasticitetsgrænsen til c. 20000 Pd. og satte saa den tilladelige Belastning til 10000 Pd. for gunstige Forhold og lavere, hvor der var Stødvirkning (i Maskinkonstruktioner ned til 5 à 6000 Pd).

Der var imidlertid en uhyggelig Sag, det var den bekendte Historie om Jernbanevognaxlerne, som paa Grund af de heftige Rystelser bleve skøre, Smedejernet skiftede Struktur, fra at være senet og seigt blev det kornet og skørt, og gik det Axlerne saadan, hvordan vilde det saa i Tidens Løb gaa Broerne.

Til Klaring af dette Forhold blev der anstillet Forsøg i England af Fairbairn og i Tydskland af Wöhler, og det lykkedes Sidstnævnte at udfinde en Regel, den »Wöhlerske Lov«, som fik den største Betydning for Spørgsmaalet om den tilladelige Belastning af Jernkonstruktioner, især dog Jernbanebroer.

Denne Lov angiver som bekendt, hvorledes Jern ved meget hyppig gentagne Paavirkninger gaar i Stykker for mindre Paavirkninger end Brudbelastningen for roligt Træk eller Tryk. Dersom vi kalde Forholdet imellem den største og mindste Paavirkning for n , saa gav Wöhlers Forsøg for

$n = \div 1$	$n = 0$	$n = 0.5$	$n = + 1$
1200	2200	3000	4000

Atm. (Kilo pr. \square Cm.)
som de største Belastninger, Smedejern kunde udholde Millioner Gange uden at brydes.

Paa Grundlag heraf fremstod der en Mængde empiriske Formler for den tilladelige Belastning, af Gerber, Launhardt, Müller, Weyrauch, Schäffer, Winkler og Flere. — Vi notere Resultaterne for de mest benyttede.

Weyrauch	350	700	875	1050	Atm.
Winkler	406	591	831	1400	—

Man ser, at til $n = \div 1$ svarer kun smaa Tal, medens man for $n = + 1$ kommer meget højere op end tidligere.

Tanken var meget smuk, et Bygningsværks enkelte Dele maatte være saa stærke, at Materialet kunde udholde de gentagne Anstrængelser i en ubegrænset Tid, man havde overvundet Strukturforandringernes uhyggelige Spørgelse.

Der var nok nogle enkelte bekendte Lærde og Konstruktorer, Prof. Mohr i Dresden, Laissle & Schübler og andre som protesterede kraftigt, men Strømmen var dem for stærk, Tanken for naturlig og smuk og den wöhlerske Methode bredte sig stærkt, ikke mindst i Amerika, hvor det vel navnlig passede Jernbaneselskaberne godt at anvende de høje Belastninger, der nu bleve tilladte; det er ogsaa mest disse, der give Anledning til Indvendingerne, og navnlig klager Modstanderne over, at Konstruktorerne fristes til at tro, at man i de wöhlerske eller rettere Weyrauchs empiriske Formel har funden de Visestenen, og at der derigjennem tages Hensyn til alle tilfældige Paavirkninger.

Den engelske Professor Claxton Fidler indtager et ejendommeligt Standpunkt, han benægter rent ud, at der finder en Overanstrængelse og Svækkelse af Jernet Sted

og siger om Wöhlers Resultater, at de maa være fremkomne ved en dynamisk Virkning, han henviser til, hvor penibel omhyggelig man maa være ved Overrivningsforsøg, om man ikke skal faa rent gale Resultater. — Han siger, at naar en Belastning pludselig anbringes, saa sker der en Bevægelse, Ligevægtsstillingen naaes, men overskrides, og man faar, om end kun et Øjeblik, det dobbelte af den statiske Paavirkning; den saaledes tilføjede Belastning a frembringer dynamisk, om end kun for et Øjeblik, en Belastning $2a$. Denne Belastning $2a$ vil naturligvis være at addere til den iforvejen tilstedeværende Belastning, for at den totale Belastning kan udfindes. — Har man nu Paavirkninger som variere imellem en højere og lavere Belastning, maa man for at faa den totale Virkning frem addere det dobbelte af Variationen til den lavere Belastning.

Er $n = \div 1$, saa er den lavere Grænse $\div a$, den højere $+ a$, Forskjellen $2a$, den dobbelte Forskjel $4a$, og den totale Belastning $\div a + 4a = 3a$. — Paa samme Maade for $n = 0$ faaes Forskjellen a og den totale Belastning $2a$. For $n = \frac{1}{2}$ er den laveste Belastning $\frac{1}{2}a$, Forskjellen $\frac{1}{2}a$ og den totale Belastning $\frac{1}{2}a + 2 \cdot \frac{1}{2}a = 1\frac{1}{2}a$. For $n = 1$ er Variationen nul, og den totale Belastning bliver a . — Vi have nu for

$n = \div 1$	$n = 0$	$n = \frac{1}{2}$	$n = 1$
$3a$	$2a$	$1\frac{1}{2}a$	a

som de totale »dynamiske« Belastninger, der svare til de højeste Grænse a . Ville vi i hvert Tilfælde have samme Spænding a , maa vi kun anvende respective Belastningerne

$\frac{1}{3}a$	$\frac{1}{2}a$	$\frac{2}{3}a$	a
----------------	----------------	----------------	-----

og dette giver for $a = 4000$

1333	2000	2667	4000
------	------	------	------

Det er mærkeligt at se, hvor nær dette simple Raisonnement kommer Wöhlers Lov. Claxton Fidler henviser ogsaa til, at 2 Englændere, Capt. James og Ltnt. Galton, forlængst havde fundet, at en Jernstang kunde brydes ved tilstrækkelig hyppig Gentagelse af den halve Brudbelastning, men at Stykkerne af denne Stang efter Bruddet viste ganske samme Styrke som før Forsøgets Begyndelse. Desuden indvender Cl. F. imod Wöhlers Forsøg med modsatte Paavirkninger, at Resultatet er udledet af Bøjningstheorien, og at denne giver urigtige Resultater, naar man er over Elasticitetsgrænsen.

Claxton Fidler mener, at man i Jernbanebroer faar en ganske lignende dynamisk Virkning frem, og motiverer der ved Formler for den tilladelige Belastning, som noget minde om de efter Wöhlers Opfattelse beregnede Formler.

Det synes mig imidlertid tvivlsomt, om der ved et Togs eller et Hjuls Passage over en Bro eller Brodel virkelig finder en saadan dynamisk Virkning Sted. — Hjulets Tryk kommer jo netop ikke pludseligt paa f. Ex. en Tværdrager, Belastningen voxer jo netop jævnt fra 0 i det Øjeblik, Hjulet staar paa den foregaaende Tværdrager, til hele Trykket bæres i det Øjeblik, hvor Hjulet er lige over Tværdrageren for strax atter at aftage. — De her frembragte Virkninger synes jeg ere langt fra at komme ind under Claxtons Fidlers nysnævnte Forklaring af den dynamiske Virkning. — At der frembringes en dynamisk Virk-

ning ved de som Følge af Ujævnheder uundgaaelige Stød er noget ganske andet, og denne Stødvirkning er i og for sig heller ikke i nogen Kausalforbindelse med den ved Togets Passage frembragte Spændingsvariation i de enkelte Dele.

Et Bidrag til Forstaaelse giver Bauschingers interessante Forsøg udførte i det mekanisk-tekniske Laboratorium i München. Bauschinger har særlig undersøgt Elasticitetsgrænsen og da funden, at den er yderst variabel, den refter sig ganske efter den Behandlingsmaade, Jernet er blevet underkastet.

Strækkes (eller sammentrykkes) et Stykke Jern eller Staal vil det til en vis Grænse udvide sig proportionalt med Kraften, og om der end bemærkes smaa blivende Udvidelser, forandres Forholdet ikke ved gentagne Paavirkninger. — Overskrides Proportionalitetsgrænsen, forøges de blivende Længdeforandringer, og ved gentagne Forsøg viser det sig, at Elasticitetsgrænsen er bleven forhøjet. — Den kan paa denne Maade forhøjes indtil henimod Strækkegrænsen, for Smedejern ca. 2000 Atm. Overskrider man Strækkegrænsen, viser det sig, at Elasticitetsgrænsen er sunken lavt ned, men i Løbet af nogle Dage kan den atter hæve sig meget højt, endog over den oprindelige Strækkegrænse.

Paavirkninger skiftevis i modsat Retning indenfor Elasticitetsgrænserne forandre intet, men overskrides den ene af dem endog kun lidt, saa falder den anden Grænse langt ned. — Er Elasticitetsgrænsen meget lav, kan den ved fortsatte gentagne Paavirkninger forhøjes, men kun indtil en vis Grænse, som Bauschinger kalder den naturlige Elasticitetsgrænse, hvis Beliggenhed Bauschinger, dels ad Forsøgsvej, dels ved Analogislutninger, antager for Smedejern ved ca. 1200 Atm.

De Wöhlerske Forsøg har Bauschinger gentaget for Belastninger i samme Retning med Materialier, hvis Elasticitetsforhold vare undersøgte. — Forsøgene stemte meget godt med Wöhlers, og Bauschinger indordner dem i en ganske simpel og næsten selvindlysende Regel: Indenfor Elasticitetsgrænsen kan man gentage Paavirkningerne Millioner Gange uden Brud. — Elasticitetsgrænsen er her at opfatte som den største opnaaelige, ved Paavirkninger i en Retning altsaa henimod Strækkegrænsen (2000 A.) og i modsatte Retninger den naturlige Elasticitetsgrænse (1200 Atm). —

Bauschinger finder endvidere, at naar Stykkerne overanstreges og brydes, er deres Styrke den samme som før Forsøgene begyndte, og at der ikke er foregaaet nogen Strukturforandring, men at den Forandring, som Brudet udviser, kun indskrænker sig til selve Brudfladen. —

En Bemærkning af allerstørste Vigtighed er den, at Sætningerne kun gjælde Flusjern & Staal, naar de ere

absolut fejlfri, den mindste Fejl i Overfladen giver Anledning til Brud efter et forholdsvis ringe Antal Paavirkninger. Svejsejern er langt mindre ømfindtligt overfor saadanne Fejl.

Bauschingers Forsøg have i høj Grad klaret Begreberne, men det er et Spørgsmaal, om ikke Claxton Fidlers Indvendinger ogsaa gjælde dem. Mærkeligt er det, at Jernet ikke lider i Styrke ved de gentagne Paavirkninger over Elasticitetsgrænsen som fremkalde Brud, og betragter man Wöhlers Tal for $n = 1/2$, er det jo højst ejendommeligt, at altsaa et Materiale kan taale Millioner Gange gentagne Paavirkninger langt over Elasticitetsgrænsens højeste Værdi, og dette synes jeg kun vanskeligt kan rimes sammen med Bauschingers Theori om Elasticitetsgrænsens Betydning. —

I altfald er Bauschingers Theori paa den sikre Side, og derefter er det altsaa ligegyldigt, om det sker Millioner Gange gentagne Spændingsforandringer, blot man ikke overskrider Elasticitetsgrænsen, og det bør man dog aldrig gjøre for de ordinært fremkommende Paavirkningers Vedkommende, der bør dog være noget tilovers for exceptionelt indtræffende uheldige Tilfælde. — Det synes derefter, som om den videnskabelige Grundvold er rokket under de paa Wöhlers Lov grundede Formler.

Vi kunne imidlertid kaste et Blik paa Resultaterne af Formlerne, og Prof. Mohr gjør her opmærksom paa, at Følgen er bleven en Formindskelse i Broernes Styrke De faa Stykker, som have afvejlende Træk og Tryk, maa, saasnart Trykket naar en vis Størrelse, beregnes som Søjler uafhængig af Formlerne, og tilbage blive den største Del af Konstruktionen med n imellem 0 og 1, hvor Belastningerne er betydelig højere end tidligere tilladt. — Altsaa en Formindskelse af Sikkerheden istedetfor en Forhøjelse. — Man har, støttet paa Wöhlers Resultater, altfor énsidig lagt Vægt paa de varierende Paavirkninger og ikke noksom haft Øjet aabent for den eneste naturlige Definition af Sikkerhedskoefficienten, som Cl. F. giver saaledes: S. er en Faktor, som Praxis har vist det nødvendigt at føje til vore Beregninger for at dække over det ubekjendte Beløb af vor Uvidenhed.

Vi kunne maaske se lidt nærmere paa de Omstændigheder, som komme ind under Begrebet »vor Uvidenhed«, og der er i første Række Stødene. — Ved en Jernbanebro fremkomme de ordinære Stød ved Skinnernes Sammenføjninger, Hjulenes uensartede Slid, Lokomotivets og Vognenes Slingren i Højde og Sideretning o. s. v. Disse Stød gaa selvfølgelig mest ud over de Dele, hvortil de direkte overføres, mindre til de fjernere Dele, og det er af Hensyn hertil, at man bør gjøre korte Broer, Skinnebærere, Tværdragere og Diagonalstænger forholdsvis stærkere ved Dragernes Hoved og Fod.

(Fortsættes).

Til Diskussionen om Undervisningen ved Polyteknisk Læreanstalt.

Af Ingeniør Fr. Johannsen.

I Anledning af Diskussionen om Polyteknikerens Undervisning kunde nedenstaaende Sammenstilling af Examens-Fordringer, som jeg har foretaget efter Dredsner-Læreanstaltens Regulativ af 1892, maaske have nogen Interesse.

Diplom-Prøven svarer ganske til vor Kandidatexamen og er væsentlig den samme som Statsexamen, efter hvis Bestaaelse Kandidaten bliver »Regierungsbauführer« for efter nogle Aars Praxis at underkaste sig en Prøve, navnlig bestaaende i Projekteringsarbejder, efter hvilken han bliver

Om den tilladelige Belastning af Jernkonstruktioner.

Foredrag i Dansk Ingeniørforening af Ingeniør **Fr. Johannsen.**

(Sluttet).

Foruden disse ordinære Stød maatte Broen helst ogsaa kunne taale ekstraordinære Stød, f. Ex. ved et Sporafløb, Brud paa en Skinne eller Hjulbandage. De ordinære Paavirkninger bør vel, naar der skal være Sikkerhed tilstede, aldrig nogensinde naa til over Elasticitetsgrænsen. For de ekstraordinære Stød er det af Vigtighed, at Broens samlede elastiske og uelastiske Arbejdsevne er størst mulig. —

En Beregning af det, som skal modstaa Stød, stiller sig væsentlig anderledes end en statisk Beregning, medens det her er Modstandskraften, det kommer an paa, saa er det ved Stødene Arbejdsmængden. En Stang 30 m/m tyk er skrueskaaren paa den ene Ende og paavirkes til Træk gennem Møttriken. Er Skruens Snit 2 m/m dybt, er Stangen altsaa statisk ligesaa stærk som en 26 m/m Stang, men dynamisk er den svagere, for et Stød vil den 26 m/m Stang række sig $\frac{30^2}{26^2} = \frac{900}{676} = 1.35$ imod 1 og

kan altsaa optage 1.35 Gange saa stor en Arbejdsmængde. Dertil kommer, at skarpe indadgaaende Kanter erfaringsmæssig svække Jernet, saa at man muligvis faar samme Sikkerhed imod Overrivning i en kun 24 à 25 m/m tyk Stang, og derved maaske 50% mere Modstandsevne mod Stød i den tyndere Stang end i den tykkere.

Det er ikke let at se, hvordan Anvendelsen af saadanne Principer vilde virke paa en Brokonstruktion, det vilde maaske vise sig, at Forbindelserne ikke i Styrke svarede til selve Stængerne.

Man har forsøgt at bringe Stødene med i Regning ved Hjælp af en anden Betragtningssaa, nemlig, at en Del af Stødets Energi optages af Delenes Bevægelse, og for denne Betragtning er det af Vigtighed, at Egenvægten er størst mulig, jo mindre Egenvægt jo større Bevægelse og dermed større Paavirkning. Man har nu udviklet Formler, hvor den tilladelige Paavirkning var udledet af Forholdet imellem Egenvægten og den totale Belastning. — Formlerne komme til at ligne de Wöhlerske Formler noget, men som sagt de tage kun Hensyn til én Side af Stødvirkningerne og hvile desuden paa en Række empiriske Forudsætninger. — Jeg vil af Hensyn til Stødernes uberegnelige Størrelse og Virkemaade foretrække at sætte dem over paa vor Uvidenheds Conto.

Paa samme Conto kommer en Del andre Forhold, de falske Spændinger som opstaa ved, at Knudepunkterne ikke ere bevægelige, ved at Materialet især i de sammensatte Dele ikke arbejder under ét, ved at Stykkernes Elasticitet er forskjellig, ved at Fundamenterne kunne sætte sig lidt uensartet, ved Temperaturspændinger som opstaa ved at Dragernes Overside er solbeskinnet, medens Undersiden er dækket o. s. v. — De fleste af disse Forhold virke ugunstigst for Dragernes Hoved og Fod, altsaa de Dele som de Wöhlerske Formler gjøre svagest. —

For nogenlunde at faa en Ide om, i hvilken Grad disse Forhold gjorde sig gældende i virkelige Dragere, er der foretaget Forsøg med saadanne, dels i England af

Fairbairn og dels i Tydskland ved Brobygningsanstalten Harkort i Duisburg.

De Harkortske Forsøg gjaldt simple Pladejernsdragere, som belastedes saaledes, at Sidebøjningerne bleve undgaaede. — Der fandtes 6 à 12% ringere Styrke end Beregningerne gav. —

Fornylig har man i Østerrig gjort Forsøg med 10 smaa Gitterdragere af forskjellige Materialier. — Resultatet viste, at Dragerne af Sveisejern var resp. 10 og 27% svagere end beregnet (böhmsk og steyrisk Jern), af Thomasjern 25%, af Martinjern fra 3—17% svagere. Den mer eller mindre omhyggelige Udførelse havde overordentlig stor Indflydelse.

Dette er imidlertid kun meget simple Dragerformer, og ved Forsøgene ere ugunstige Bivirkninger undgaaede. Vare Forsøgene anstillede med hele Broer, vilde Resultatet sikkert være blevet langt ugunstigere, et Underskud i Modstandskraft af 30—40% vilde ikke have været usandsynligt.

Naar vor »Uvidenhed« kan antage saadanne Dimensioner ved jævnt Tryk, hvordan ser det saa ud ved Broer underkastede Rystelser og Stød?

Jeg troer, at Professor Mohr har Ret, naar han siger, at man maa udmaale den tilladelige Belastning i meget simple Tal, 5—6—7 kilos pr. □ mm., at regne med enkelte kilos pr. □ cm. er det samme som at aflæse $\frac{1}{10}$ Secunder paa et Schwartswalderuhr. — Jeg kan derfor ikke se rettere end, at man naaer en rimelig Tilpasning ved at gaa ud fra en ganske simpel Skala:

□ pr. □ " Atm.

- | | | |
|-------|-----|--|
| 8400 | 600 | - Smaa Jernbanebroer og Tværdragere, Diagonaler etc. i større Broer. |
| 10000 | 700 | - Hoved og Fod i større Broer, lettere Vejbroyer, Tagværker. |
| 11000 | 800 | - Vejbroyer med stor Egenvægt, de fleste Bygningskonstruktioner. |

Man har herved vistnok taget alt rimeligt Hensyn til Stødvirkningerne. Man kunde jo endelig ogsaa lægge Mærke til de ganske enkelte Dele, hvor Spændingerne variere imellem nogenlunde ligestore Træk og Tryk, og maaske gjøre dem noget stærkere end ellers, hvilket dog i Reglen allerede vil ske, fordi de paavirkes som Søiler.

Naar man kan anvende særlig Omhu og Kontrol ved Fabrikationen af Materialet og Arbejdets Udførelse, kan man jo gaa en halv eller hel Klasse op, ligesom man bør gaa ned, hvor man ikke kan sikre sig en god Udførelse.

Jeg troer, at disse simple Regler ville dække rigeligt over alle de Beregninger, som forefalde i de fleste Ingeniørers Praxis, og efter hvad man i disse Dage har meddelt mig, udarbejdes der i Preussen en ny Instruktion om denne Sag, der muligvis vil gaa i lignende Retning.

Hvad nu angaaer de forskjellige Jernsorter, saa havde jeg haabet, at vi her i Foreningen fra kompetent Side kunde have faaet nogle Meddelelser i denne Retning, hvorpaa vi kunde have bygget. — Set i Almindelighed, tror

jeg dog, at man ikke skal gaa for langt fra de angivne Tal, selv om et foreslaaet Materiale har en meget høj Brudgrænse, eller hvad der næsten er vigtigere, har en stor Forlængelse forinden Brudet. Det er naturligvis Fluss-Materialierne, jeg sigter til. Baade Erfaringen og Bauschingers Forsøg have vist, at de under visse Forhold kunne være meget penible.

Hvad man derimod aldrig burde undlade ved et blot nogenlunde stort Anlæg, det er at lade Materialet prøve og stille Fordringer om Styrke-Egenskaberne. Fordringerne bør ikke stilles for højt, men Undersøgelsen bør gennemføres med saa mange Stykker som muligt.

Særlig ønskeligt vilde jeg finde det, om vi kunde faa udført systematiske Forsøg med de herhjemme i Handelen gaaende Mærker, baade Strækkeforsøg og kolde og varme Smedeforsøg. Disse Forsøg burde bearbejdes og deraf uddrages Hovedresultater i runde Tal, som tillige med typiske Prøver vilde sætte os, ikke specielt kyndige Ingeniører, istand til bedre end hidtil at have en Mening om de gangbare Jernsorters Værdi. —

Efter Foredraget udtalte:

Ingeniør Lütken: Jeg ønsker at lægge et lille Ord ind for Formlerne, ikke saa meget specielt for de forskellige Formler, der ere byggede direkte over Wöhlers Forsøg, men snarere for den af Claxton Fidler angivne saakaldte dynamiske Formel, der i Hovedtrækkene stemmer overens med Wöhlers Forsøg og giver en simpel Forklaring af dem, alene støttet til en Belastnings dynamiske Virkning paa en elastisk Stang. Selv med Fare for at trætte ved en delvis Gentagelse af det af Ing. Johannsen anførte, ønsker jeg at gengive, hvorledes Claxton Fidler udleder sin Formel, idet dens theoretiske Berettigelse derigennem træder bedst frem.

Hvis man tegner en Kurve, hvis Ordinator betegne en elastisk Stangs indre Spændinger, medens Abscisserne ere de tilsvarende Værdier af den lineære Længdeforandring, saa vil denne Kurve, under Forudsætning af at Stangen er fuldkommen elastisk, blive en ret Linie, som gaar gennem Begyndelsespunktet og med Abscisseaxen danner en Vinkel, hvis tg. er lig Elasticitetskoefficienten, idet Stangens Længde tages som Maal-Enhed for Abscisserne. Arealet mellem Kurven og Abscisseaxen, begrænset ved Ordinatorerne til to Punkter x_1 og x_2 , er Maalet for den Arbejds mængde, som Spændingerne i Stangen udvikle, idet Længden ved Paavirkning af en Belastning forandres fra $1 + x_1$ til $1 + x_2$.

Kaldes Begyndelsesspændingen P, Slutningsspændingen D og Længdeforandringen a, vil Spændingernes Arbejde være $\frac{1}{2} a (P + D)$. Belastningen Q, som ved pludselig at anbringes paa Stangen frembringer Længdeforandringen a, vil, idet Længdeforandringen foregaar, gennemløbe Vej-længden a og derved udføre Arbejdet aQ, og Betingelsen

for dynamisk Ligevægt vil altsaa være: $aQ = \frac{a}{2} (P + D)$

eller $D = 2Q - P$. Belastningen Q vil altsaa ved pludselig at anbringes paa en Stang, som i Forvejen er belastet med P, give den en dynamisk Spænding $D = 2Q - P$, medens Stangens statiske Spænding under den samlede Belastning kun er $P + Q$. P er Stangens mindste statiske Spænding S_{min} , $P + Q$ den største statiske Spænding S_{max} , og en pludselig Overgang fra S_{min} til S_{max} vil altsaa frembringe en dynamisk Spænding $D = 2 S_{max} - S_{min}$, eller et Overskud af Spænding udover S_{max} , som er lig Forskellen mellem største og mindste Spænding, $S_{max} - S_{min}$.

For $S_{min} = S_{max}$ faas $S_{max} = D$.

» $S_{min} = 0$ » $S_{max} = \frac{1}{2} D$.

» $S_{min} = \frac{1}{3} S_{max}$ faas $S_{max} = \frac{1}{3} D$,

og det ses altsaa, at eftersom Belastningen er konstant S eller skifter fra 0 til en vis positiv Værdi S, eller fra $\frac{1}{3} S$ til $\frac{1}{2} S$, maa Værdierne af S forholde sig som $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$, naar Stangens Paavirkning skal være den samme i alle tre Tilfælde.

Dette stemmer i store Træk ret godt med Resultaterne af Wöhlers Forsøg, dog med den tilsyneladende væsentlige Forskel, at medens ifølge Wöhlers Forsøg en Kraft, der kun er lidt større end henholdsvis Halvdelen eller Trediedelen af Brudbelastningen, skal virke et stort Antal Gange for at frembringe Brud, saa synes det ifølge Theorien om Belastningens dynamiske Virkning, som om en enkelt eller dog ganske faa Anvendelser af Kraften maatte være nok til at frembringe Brud. Hidtil er imidlertid den belastede Stang betragtet som fuldkommen elastisk, men i Virkeligheden er Jern kun fuldkommen elastisk indtil Elasticitetsgrænsen. Den førnævnte Kurve, hvis Ordinator og Abscisser ere sammenhørende Værdier af Spænding og Formforandring, vil altsaa kun være en ret Linie indtil Elasticitetsgrænsen; ud over denne vil Kurven være en mere eller mindre regelmæssig krum Linie, hvis Vinkel med Abscisseaxen er mindre end $\arctg =$ Elasticitetskoefficienten, idet en Belastning ud over Elasticitetsgrænsen vil frembringe en forholdsvis større Formforandring, hvoraf en Del er permanent. Heraf følger imidlertid atter, at den dynamiske Spænding, som en Belastning kan frembringe i en Stang, bliver betydelig mindre, naar Elasticitetsgrænsen overskrides, end den vilde være bleven, hvis Stangen havde været fuldkommen elastisk, medens der paa den anden Side indtræder en permanent Formforandring. Hvis denne permanente Formforandring er saa stor, som den opnaaede dynamiske Spænding overhovedet kan gøre den, saa vil alle lavere Spændinger ikke give nogen blivende Formforandring, og Stangen er altsaa bleven fuldkommen elastisk for Belastninger, der naa op over den oprindelige Elasticitetsgrænse, \therefore denne er rykket opad. En fornyet Anvendelse af den oprindelige Belastning vil, da Elasticitetsgrænsen nu ligger højere, frembringe en større dynamisk Spænding end før, saa at Elasticitetsgrænsen atter overskrides, og der fremkommer en ny permanent Formforandring osv. En tilstrækkelig hyppig Gentagelse af Belastningen maa enten kunne gøre Stangen fuldkommen elastisk, indtil Brudgrænsen naas — og overskrides, hvis Belastningen er stor nok, til at dens dynamiske Virkning paa en fuldkommen elastisk Stang kunde naa eller overskride Brudbelastningen, eller ogsaa vil Summen af de mange smaa permanente Formforandringer efterhaanden voxe saa stærkt, at Brud indtræder af den Grund. Naar man tager Hensyn til Jernets ufuldkomne Elasticitet, kommer man altsaa til samme Resultat som Wöhler ved sine Forsøg, at der kræves et stort Antal Paavirkninger af Belastningen for eventuelt at kunne frembringe Brud.

Af denne Udvikling fremgaar det formentlig, at det er urigtigt, naar man undertiden har praktiseret, først at reducere den tilladelige Spænding paa Grund af den Svækkelse i Modstandskraft, som Jernet ifølge Wöhlers Forsøg skulde lide ved skiftende Paavirkning, og derefter atter reducere yderligere paa Grund af Belastningens dynamiske Virkning, idet dette vilde være at regne den samme Ting to Gange. Iøvrigt vil Claxton Fidler ikke benytte den førnævnte dynamiske Formel ens for alle Dele af Broen; han foreslaar at benytte den uforandret for Tværbjælker og Gitterstænger, men derimod for Hoveddragernes Flanger i store Broer kun at tillægge Halvdelen af den Størrelse, hvormed den dynamiske Spænding overskrider den statiske, altsaa $S_{max} + \frac{1}{2} (S_{max} - S_{min})$, fordi Paavirkningen her faktisk skifter langsommere, saa at Belastningen ikke kan give den fulde dynamiske Virkning.

Iøvrigt skal kun oplyses, at Claxton Fidler anser en Sikkerhedsgrad af 3 fra Brudgrænsen for passende, og at man dermed ved Brug af den dynamiske Formel gennemgaaende faar en lidt større Sikkerhedsgrad end ved f. Eks. Weyrauchs Formel.

Til at fastsætte den tilladelige Belastning for de forskellige Stykker af en Bro alene efter Skjon horer for-

mentlig stor Erfaring, og det store Flertal vil vist have bedst af ikke at bortkaste den Vejledning, som en fornuftig Formel kan give, og naar Hr. Johannsen som en væsentlig Anke mod de af Wøhlers Forsøg udledede Formler anfører, at flere amerikanske Broer, som vare beregnede efter disse Formler, i den nyeste Tid ere styrtede sammen, saa kunde Fejlen dog mulig mindre ligge i Formlerne end i en gal Brug af dem. Den »høje Ende« af dem, som Amerikanernes praktiske Sands skal skatte saa højt, vil man vist vanskelig med Rette faa Brug for i en Brokonstruktion. Det skulde vel snarest være ved Hoved og Fod i en meget stor Brodrager, hvor Egenvægten er meget stor i Forhold til den bevægelige Belastning, at man skulde vente en ringe Skiften i Spændingen og som Følge deraf kunde bruge en høj tilladelig Belastning. I den Henseende er et Par Tal fra Forth broen ret oplysende. Spændingen i Hoveddragernes Underdel angives her til ca. 2300 Tons hidrørende fra Egenvægten og ca. 1000 Tons fra den bevægelige Belastning. Tages alene Hensyn hertil, faas en Paavirkning, som skifter mellem 2300 og 3300 Tons, og Formlerne ville give en høj tilladelig Belastning. Men medregnes Vindtrykket, som alene giver en Spænding af ca. 2900 Tons, ser man let, da Vindtrykket kan virke fra begge Sider, altsaa baade positivt og negativt, at Spændingen vil variere mellem $+ 6200$ Tons og $\div 600$ Tons, og da vil Formlerne ikke give nogen særlig høj tilladelig Belastning.

At Belastningen paa en Bro kan faa en dynamisk Virkning, større eller mindre eftersom f. Eks. Jernbanevognes til en vis Grad rytmiske Stød passe mere eller mindre godt med de elastiske Brodeles naturlige Svingningstid, kan dog næppe benægtes, og hvorfor saa ikke ved en Formel tage Hensyn dertil, saa vidt man kan, og om muligt afløse det gamle Ideal for en Brokonstruktion, at den i alle sine Dele er statisk lige stærk, med det nye Ideal, at Broen overalt skal være dynamisk lige stærk?

Ingeniør Fr. Johannsen: Jeg maa strax erklære mig for ganske enig med Ing. Lütken, naar han siger, at Idealet er, at Broen skal være dynamisk lige stærk overalt, men desværre er, som vi lige have set, Praxis meget langt fra Idealet; den Uvidenhed, som Sikkerhedskoefficienten skal dække over, rummer mange andre Ting end netop den dynamiske Virkning, og Formler, som kun tage Hensyn til den, kunne let blive vildledende, da de friste til at tro, at man har faaet alle Bivirkninger med. — Jeg tror, at de opstillede simple Klasser vil forslaa til al forekommende Praxis for os almindelige Ingeniører, det være langt fra mig at ville give Regler for Konstruktion af meget store Broer. — Jeg troer ogsaa, at de wøhlerske Formler ville gaa af Mode, men nu faa vi jo snart at se, hvad det nye tyske Regulativ siger.

Iøvrigt har det glædet mig meget at høre, at Ing. Lütken, ligesom jeg, synes godt om Claxton Fidlers klare og naturlige Udviklinger, men jeg er lidt bange for, at Claxton Fidler paa dette Omraade har ladet sig lede noget af den raadende Strømning, hans Bog er fra 1887.

Ingeniør G. Garde: I Anledning af Ingeniør Johannsens interessante Foredrag skal jeg bemærke, at hans Slutningsresultater ere nogenlunde overensstemmende med de nyeste franske Regler af 1891 for tilladelig Paavirkning; derimod forekommer det mig, at Hr. J. ikke tilstrækkelig fremhævede, hvilke Fordringer der samtidig bor stilles til Materialets Kvalitet, der jo kan være yderst forskellig. Det kan maaske i denne Henseende være af Interesse at se, hvad der hos os hidtil har været Praxis i saa Henseende, og jeg skal som Bidrag hertil give nogle Eksempler paa Kvalitetsbetingelser fra Jernarbejder herhjemme i de senere Aar.

Statsbanerne:

- 1) Forskellige Broer ved Nordbanen:
Brudgrænse mindst 3400 Atmosf. for Plader og Façonjern.

- 2) Viadukter ved Skanderborg og Nyborg:
almindelige Bemærkninger om fortrinlig Kvalitet, Smedejern af Klasse »best«, Ret til Prover, ingen bestemt Angivelse af Brudgrænse eller Forlængelse.
- 3) Broklapper ved Masnedo og Orehoved:
almindelige Bemærkninger samt Fordring om, at Materialet tages fra 1ste Classes Værker.
- 4) Bro over Strandvejen — tyske Normalbetingelser.
- 5) Maskinafdelingen — Cisterner: Pladerne af ikke ringere Kvalitet end »best Staffordschird«.
- 6) Viadukt ved Slagelse, privat udbudt:
Brudgrænse mindst 3600 Atm. med mindst 12 pCt. Forlængelse.
- 7) Frilageret, Kjøbenhavn — Staalbjælker:
Elasticitetsgrænse mindst 2120 Atm., Brudgrænse mindst 3650 Atm., Forlængelse ca. 20 pCt.
- 8) Gasbeholder, Kolding — Pladernes Brudgrænse mindst 3000 Atm.
- 9) Fyrvæsenet — Staal: Brudgrænse 4100 à 4500 Atm., Forlængelse mindst 20 pCt.; Smedejern: Brudgrænse 3040 à 3400 Atm., Forlængelse mindst 20 pCt.

De her anførte Exempler vise, at der som Regel ikke er stillet særlig store Krav til Materialets Kvalitet, naar undtages Fyrvæsenet, hvis Fordringer endog overgaa Orlogsværftets. Ved de smaa Partier, som der her er Tale om, viser det sig ogsaa overordentligt vanskeligt at tilfredsstille de stillede Fordringer. Jeg skal i saa Henseende gøre opmærksom paa, at Værkerne ikke indlade sig paa at lade Materialet prøve her i Landet, og Værkernes Repræsentanter paatage sig i ethvert Tilfælde kun Garanti, naar Fordringerne ere saa lavt stillede, at der er Sandsynlighed for, at selv de mindre gode Stykker, som jo kunne forefalde i en Leverance, kunne bestaa Proven. Naar nu Byggeforetagendet er saa stort, at det kan bære den Udgift, der er forbunden med at kontrollere Prøverne paa selve Værket, saa er der ikke noget til Hinder for at stille Fordringerne nogenlunde højt, heller ikke i det Tilfælde at man mener at kunne lade sig nøje med Værkernes Certificater, men i modsat Fald maa det anbefales at konstruere med saa stor en Sikkerhedsgrad, at man ikke behøver at stille Kvalitetsfordringerne større, end at man kan faa Garanti med Ret til eventuelt at foretage Prover.

Ingeniør Johannsen berørte, at der herskede Uklarhed m. H. t. Kvaliteten af det Jern, der føres herhjemme. Jeg kan paa det varmeste slutte mig til denne Udtalelse. Hvilke forskellige Slags Jern findes der paa vort Jernmarked paa Lager, og hvilke kan forventes forskrevne, hvilke Garantier gives der med Hensyn til Kvaliteten af de forskellige Mærker? Var det ikke en Opgave for Ingeniørforeningen at søge at skaffe disse Forhold oplyste saa vidt som muligt? Jeg henstiller til den ærede Bestyrelse, om den ikke eventuelt ved et Udvalg vil søge denne Opgave løst og derved afhjælpe et ikke ringe Savn.

Inspektør Irminger: Det har interreseret mig meget at høre, hvad Foredragsholderen meddelte om »Falske Spændinger«, og jeg kan supplere det med nogle Forsøg, der ere anstillede for nogle Aar siden i Holland. Der skulde bygges et større Antal Jernbanebroer, og det hollandske Ministerium lod sin Ingeniør Hr. Anderson undersøge, hvor meget saadanne Broer i Virkeligheden kunde taale. Der forfærdigedes sammennittede Dragere af Jern og Staal. Materialet prøvedes förinden. Arbejdet var godt udført, og Belastningen paafortes jevnt. Jernets Brudgrænse varierede mellem 76000 og 94000 \mathcal{T} pr. \square Tomme; men Dragerne brødes ved en beregnet Fiberspænding varierende mellem 30400 \mathcal{T} og 15200 \mathcal{T} pr. \square ", altsaa langt ringere end man kunde have ventet. Brudet skete jevnt.

Staalets Brudgrænse varierede mellem 70000 og 87000 \mathcal{T} pr. \square ", og Dragerne brødes ved en beregnet Fiberspænding af mellem 43000 og 54000 \mathcal{T} pr. \square ", eller ca. Halvdelen af, hvad man havde ventet. Brudet skete mere pludseligt end ved Jern. I begge Tilfælde

viste det sig ved at udtage Provestykker, at Materialet, efter at Brudet havde fundet Sted, ikke havde lidt noget i Styrke. dette Resultat skyldes utvivlsomt falske Spændinger fremkomne ved Temperaturforandringer, uensartet Spænding i De Dele, der skulle arbejde sammen, uundgaaelige Fejl ved Udførelsen etc., og viser at man maa regne med stor Sikkerhed.

Hvilken Sikkerhed man efter dette bestemte sig til, ved jeg ikke, men 6 Gange Sikkerhed vilde efter dette være Minimum.

Efterskrift. I Betingelserne for Ombygningen af Guldborgsundbroen, som er udbudt i disse Dage, findes

følgende Bestemmelser: Den tilladelige Maximumsspænding fastsættes til

750 kg. pr. \square ^{cm} for Dragernes Hoved og Fod,
700 » — » Gitteret,
650 » — » Tvær & Svelledragerne,

hvilket er i god Overensstemmelse med den anførte Skala, idet der fordres en meget omhyggelig Forarbejdning. — For Smedejernet fordres følgende Brudgrænser og tilsvarende Udvidelser:

Pladejern i Valsretningen	3600 Atm. og 12pCt. Forlængelse.
do. tværs paa do.	2800 - » 3 » —
Façonjern	3600 - » 12 » —
Stangjern & Rundjern	3800 - » 12 » —

Fr. J.

Mindre Meddelelser.

Den elektriske Sporvej i Halle a/S. Da det maa ske kan interessere »Ingeniøren«s Læsere at erfare lidt om Indretningen af en elektrisk Sporvej efter amerikansk Mønster, fremsættes her efter »Electrical Review« og »Elektrotechn. Zeitschrift« en kort Beskrivelse af den for et Aars Tid siden etablerede Sporvej i Halle a/S i Tyskland.

Hastigheden paa Sporvejen er foreskrevet til 9 Km. pr. Time.

Linien, der har en Længde af 6½ Km., er meget bakket og har Fald paa 1:21; de skarpeste Kurver er fra 12^m til 16^m.

Kraftstationen.

Dampkraften leveres af 3 Vandrørskjedler à 125 \square ^m Ildpaavirkningsflade, hvoraf den ene holdes i Reserve. Der er 2 Compound-Dampmaskiner uden Kondensation, hver givende 123,4 Eff. HK ved 120 Pd. Tryk; ved 150 Pd. Tryk giver hver Maskine 200 HK, der vil være tilstrækkeligt til at drive det hele Antal Vogne. Af Hensyn til Pladsen er Maskinerne givne en noget særegen Form: Højtryks cylindren er horisontal 13,5" i Diameter ved 21,625" Slag. Lavtryks cylindren er vertical, har en Diameter af 20.0625" og et Slag af 21.625". Begge Plejstænger ere forbundne til samme Krumtap. Hver Dampmaskine driver med Rem to 4-polige Shunt-dynamoer givende 500 Volt \times 120 Ampère hver ved 520 Omdr. p. M. Strømmen føres til to Samleskinner paa et Reguleringsbrædt, af hvilke den ene Skinne er forbundet til Sporvejsskinnerne ved Hjælp af uisolerede i Jorden anbragte Kobberledninger. Den anden gaar til isolerede Hoved-Ledninger, der i brede Gader ere anbragte overjordisk, i de smalle Gader underjordisk. I Ledningen til Jorden er anbragt et Ampèremeter registrerende til 800 Ampère og en letsmelteelig Bly-Sikring for den samlede Strøm, der kan forsynes af begge Dynamoer. I hver Hovedledning er der en Afbryder. Dynamoerne ere anbragte i Paralel til de to Samleskinner med Blysikringer i hver Forbindelsesledning, og de kan hver for sig sættes ud og ind af Strømløbet. Et Ampèremeter er indskudt i hver Dynamo-Strømkreds, og et Voltmeter kan ved en særlig Omskifter bruges for begge Dynamoer. Spændingen i Enden af Hovedledningen reguleres ved Hjælp af Modstande i Serie med Magnetvindingerne.

Linien og det bevægende Materiel.

Traaden, hvorfra Strømmen overføres til Vognen, er af Silicium-Bronce, ca. 6 \square ^{mm} i Tværnsitsareal med Brudgrænsen for Strækning liggende ved 4300 Kgr. pr. \square ^{cm}. Den er ophængt saaledes, at den selv ved stærkeste Udvidelse i varmt Vejr ikke kommer Jorden nærmere end ca. 6^m. I smalle Gader er Traaden ved Isolatorer fastgjort til Tværlinier, der i indbyrdes Afstand af ca. 40^m ere udspændte tværs over Gaden mellem Husene paa Isolatorer; paa aabne Strækninger er

Traaden ophængt paa gitterformede Jernmaster, der da tillige bærer Hovedledningerne. Disse ere med Mellemrum forbundne med den blanke Kontakttraad, saa at denne kommer til at føre Strøm til 1 Vogn. Sporvidden er 1 Meter.

Enhver Vogn har 2 Elektromotorer hver paa 15 HK. Den ene Ende af hver Motor er ophængt drejelig paa hver sin Vognaxel, den anden Ende er ved kraftige Fjedre forbundet til Vognstellet. Der anvendes Kulbørster ved Kommutatorerne. Motorernes maksimale Omdrejningstal er 1150 pr. Minut. Kraftoverføringen til Vognaxlerne sker ved 2 Sæt Tandhjul, af hvilke Drivhjulene ere af Aluminiumbronze, de andre af Støbejern. Tandhjulene løbe i Olie og ere fuldstændigt indesluttede i Metalkasser; deres Tænder ere fræsede.

Strømskifterne med deres Mekanismer ere indesluttede i Kasser for og bag paa Vognen. De bestaar af lodrette Træcylindere, og Kontakterne ere anbragte paa Endefluden. Reguleringen af Hastigheden foregaar ved at forandre den elektriske Anordning af Feldmagnetvindingerne, men Ankerne ere altid paralelt forbundne. Motorerne ere af den almindelige Spragues Type for Sporvogne.

Vognenes Størrelse er som en almindelig 1-spændig Sporvogn med Plads til 22 Personer.

Der er Vigesor med saadanne Mellemrum, at der kan fare Vogn hvert 6te Minut i samme Retning.

C. H.

Foreningsmeddelelser.

Ved »Dansk Ingeniørforening«s Møde den 6. Decbr. d. A i Hotel National holdt Ingeniør C. F. S. Ernst Foredrag om »Kjøbenhavns Banegaardsforhold«, oplyst ved Tegninger. Foredraget og Gengivelser af Tegningerne vil saa snart som muligt blive optaget i »Ingeniøren«.

Efter ovennævnte Foredrag gav Direktør G. A. Hagemann paa Bestyrelsens Vegne en Meddelelse om, hvad der siden Ingeniørforeningens Møde i Konstantia angaaende Undervisningen paa den polytekniske Lærestanstalt er passeret i denne Sag, samt foreslog, at der af Foreningen valgtes 3 Udvalg til Sagens videre Behandling, nemlig et Udvalg for hver af de tre specielle Retninger, hvori Undervisningen paa Lærestanstalten er delt. Efter Bestyrelsens Forslag valgtes til Ingeniør-Udvalget: d'Hr. Amt, Ernst, Jochimsen, Windfeld-Hansen og Ulrich; til Kemikerudvalget: d'Hr. Drewsen, Hagemann, Carl Meyer, Millinge og Zahrtmann og til Mekaniker-Udvalget: d'Hr. Caroc, Garde, Gottlob, Holger Hansen og Poul Larsen.

Personalia.

Kjøbenhavns Magistrat. Under 5. dennes er Fuldmægtig ved Kjøbenhavns Vandværk, Ingeniør F. V. F. A. Øllgaard af den samlede Magistrat udnævnt til Viceinspektør ved Vandværket fra den 1/1 1893 at regne.