

Uffe Finst Holsb

JÆRN- KONSTRUKTIONER

GRUNDLAG

FOR

FORELÆSNINGER PAA POLYTEKNISK LÆREANSTALT

AF

A. OSTENFELD

FØRSTE DEL
~~ANDEN DEL~~

~~ANVENDELSER I HUSBYGNINGEN~~

ANDEN UDGAVE

KJØBENHAVN
JUL. GJELLERUPS BOGHADEL

~~1917~~
1914

DEN her foreliggende 2^{den} Udgave af min »Jærnkonstruktioner I« fremtræder i det væsentlige i uforandret Skikkelse. Ligesom i 1^{ste} Udgave behandles kun »Elementerne« af Jærnkonstruktioner, d. v. s. de Principper og Enkeltheder, der gaa igen i næsten enhver Jærnkonstruktion, og som ikke specielt have deres Udspring fra Konstruktionens Anvendelse. Derimod har det egentlig ikke drejet sig om at give en »elementær« Fremstilling, og det er ogsaa kun paa et enkelt Punkt, Inddelingen i spinkle og sværere Gitterdragere, at dette Hensyn har spillet en Rolle; her er kun medtaget de første, idet jeg fremdeles betragter det som en Fordel foreløbigt at kunne forbigaa de omstændeligere Beskrivelser og Beregninger, der nødvendiggøres af de større Dimensioner, indtil man er bleven fortrolig med de simplere Konstruktioner, hvor Principperne træde tydeligere frem. Paa næsten alle andre Punkter er Behandlingen derimod strax ført saa vidt, at der ikke senere er Grund til at tage den op igen, undtagen som sagt under Hensyn til Anvendelserne. Dette er f. Ex. ogsaa Tilfældet med det aktuelle Spørgsmaal om sekundære Forbindelser i sammensatte Trykstænger, skønt det har fundet Plads under Afsnittet om spinklere Gitterdragere; Indskrænkningen til de spinklere Dimensioner gælder i det hele mindre de Elementer, der indgaa i Konstruktionen, end de Forbindelser, hvorved Elementerne blive til en Drager. At dette Spørgsmaal ogsaa er behandlet i min »Jærnkonstruktioner III« og sandsynligvis maa genoptages her ved en ny Udgave af denne Bog, er noget ganske andet og hidrører kun fra, at man endnu ikke er i Stand til at give en afsluttende Behandling.

Ved Revisionen er der naturligvis foretaget adskillige mindre Ændringer, men kun faa væsentligere Tilføjelser. Forsøgsresultaterne angaaende Nitter og Nitteforbindelser ere

supplerede med det siden 1^{ste} Udg. fremkomne, de sekundære Forbindelser i Trykstænger ere som sagt behandlede saa udførligt, som det øjeblikkelige Standpunkt gør det muligt, og om Indspændingen af Søjler er medtaget noget mere end i 1^{ste} Udgave. Ved Behandlingen af Lejerne er alt det principielle og alméngyldige stillet forrest, medens alle Detailkonstruktioner ere henviste til smaat Tryk. I det hele er der mere end tidligere lagt Vægt paa at sondre mellem det væsentlige, principielle, og alle den Slags Detailkonstruktioner og -Beregninger, som man kan se efter, naar der er Brug for dem, men ikke behøver at huske. Men forøvrigt er der naturligvis i en Bog som denne en hel Del, navnlig elementære praktiske Regler og Resultater, som virkelig skal huskes, hvis man skal være i Stand til uden en altfor urimelig Tids-spilde at detaillere selv en simpel Jærnkonstruktion.

Bogens Omfang er voxet med godt to Ark, Figur-Antallet i forholdsvis langt højere Grad.

Sept. 1914.

A. O.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
INDLEDNING.	
§ 1. Materialets Kvalitet	1
§ 2. Tværsnitsformer for smedeligt Jærn	5
FØRSTE AFSNIT. FORBINDELSERNE.	
I. Nitteforbindelser.	
§ 3. Nitternes Form og gængse Dimensioner	11
Materialet til Nitterne	14
Fremstilling af Hullerne ved Boring eller Lokning	15
Udførelse af Nitningen	19
§ 4. Grundlag for Beregningen af Nitteforbindelser.	
Omstændigheder, der spille en Rolle for de enkelte Nitters	
Styrke:	
Forskydningsmodstand	23
Friktionen	27
Tryk paa Hulranden	30
Omstændigheder, der spille en Rolle for hele Forbindel-	
sens Styrke:	
Dimensionering af Træk- og Trykstænger under Hensyn	
til Nittesvækkelsen	31
Svækkelsen regnes kun for 1 ^{ste} Nitteække	34
Kraftfordelingen over de enkelte Nitter i Forbindelsen	35
Forholdsregler til Befordring af en ensformig Fordeling	38
§ 5. Dimensionering og praktiske Regler.	
Nittediameter, Nitteantal	39
Nitteafstande	41
Praktiske Regler angaaende den almindelige Anordning	44
Minimums- og Maximumsafstande	46
Nitteliniernes Plads	48
Nitte-Signaturer	49
§ 6. Stødforbindelser; almindelige Regler	51
direkte og indirekte Nitning	53
excentrisk paavirket Nittegruppe	57

	II. Bolteforbindelser.	Side
§ 7.	Skruebolte	60
	Charnierbolte	63

ANDET AFSNIT.

BJÆLKER.

§ 8.	Valsede Bjælker	67
§ 9.	Nittede Pladejærnsdragere.	
	Almindelige Angivelser angaaende de enkelte Dimensioner og Dragerformer	69
	Beregning af Tværsnitsdimensionerne	74
	» » Lamel-Længderne	76
	Kroppladen og dens Afstivninger	77
	Dragerens Sidestivhed	81
	Gunstigste Dragerhøjde	82
	Beregning af Nitteafstandene	84
	» » » for Dragere med variabel Højde	88
	Stødene	91
	Talexempel. Hoveddragere for en 15 ^m Jærnbanebro (Pl. 1)	99
§ 10.	Spinkle Gitterbjælker med nittede Forbindelser.	
	Almindelige Regler	105
	Tværsnitsformer for Stængerne	107
	Sekundære Forbindelser i Trykstænger (ved fortløbende Nitning, Udfyldingsstykker, Gitter eller Tværplader)	111
	Knudepunktsforbindelserne, Nitningen af de enkelte Stænger til Knudepladen.	127
	Forbindelsen af Knudepladen med Flangen	130
	Knudepladernes Styrke	132
	Dækning af Stød i Knudepunkterne	134
	Talexempel. Fransk Spærfag af 15 ^m theoretisk Længde (Pl. 2)	136
§ 11.	Spinkle Gitterdragere med Bolteforbindelser.	
	Tværsnitsformer	145
	Detaller vedrørende Trækstængerne (Øjer, Efterspænding m. m.)	146
	Detaller vedrørende Trykstængerne	150
	Knudepunkterne	151
	Talexempel	152

TREDIE AFSNIT.

UNDERSTØTNINGERNE (LEJER, SØJLER).

§ 12.	Lejekonstruktioner. Formaal med Lejerne	157
	Oversigt over Lejernes principielle Anordning	159

		Side
	Befæstelse paa Murværket, Forbindelse med Drageren, Materialet	163
	Formler til Beregning af Berøringsfladerne	164
	Detaller, Pladelejer	167
	Vuggelejer	172
	Rullelejer	175
	Pendullejer	178
	Indstillelige Lejer	179
	Forankring af Lejerne	180
§ 13.	Charnierer	182
§ 14.	Søjler. Støbejærnsøjler, Skaftet	190
	Fod og Hoved	192
	Søjler af smedeligt Jærn, Tværsnitsformer	198
	Støbte og nittede Hoved- og Fodplader	200
	Indspænding af Søjlen, ved Forankring	204
	ved Indstøbning	211

FJERDE AFSNIT.

FREMSTILLINGEN AF JÆRNKONSTRUKTIONER.

§ 15.	Arbejdets Udførelse	213
§ 16.	Betingelser for Arbejdets Udførelse	220
§ 17.	Prisforhold	223

INDLEDNING.

§ 1. **Materialets Kvalitet.** Det i Jærnkonstruktioner anvendte Materiale er fortrinsvis Smedeligt Jærn, men dernæst ogsaa Støbejærn, Staalstøbegods og smedet eller valset haardt Staal.

Smedeligt Jærn. Svejsjærnet er nu i Virkeligheden ganske fortrængt af Staal og anvendes kun i rene Undtagelsestilfælde.

Staalet er saa godt som altid Blødt Staal, enten Martin (sædvanligvis basisk, sjældnere surt) eller Thomasstaalet (basisk). I enkelte Konstruktionsdele (Charnierbolte, Øjestænger) have Amerikanerne allerede længe anvendt en haardere Kvalitet af Staal, og i de senere Aar er man begyndt at beskæftige sig ret indgaaende med Spørgsmaalet om et ædlere Materiale til Brug ved større Konstruktioner. Der er herved navnlig Tale om følgende to Muligheder: enten et haardere og renere Kulstofstaalet, hvormed man tænker sig at naa til en 20—25 % større Styrke end for det almindelige Bløde Staal, eller Nikkelstaalet med en 50—60 % større Styrke*); men foreløbigt spiller Spørgsmaalet om et ædlere Materiale naturligvis kun en Rolle ved de største Brokonstruktioner. Her holde vi os derfor til det almindelige Bløde Staal.

Af alt valset Jærn forlanger man først og fremmest, at det skal være rent og glat udvalset, uden synlige Overfladefejl som Revner, Afbladninger, Fordybninger o. l., og endvidere at Brudflader skulle vise en fuldkommen ensartet Struktur. De mere detaillerede Fordringer, man dernæst opstiller, afvige

*) Se »Der Eisenbau« 1911, S. 79; 1912, S. 432; 1913, S. 95. Ogsaa J. K. III, S. 2, Noter. — Ved Henvisninger til Forf.s andre Bøger benyttes Forkortelserne: J. K. II og III (Jærnkonstruktioner II, 1909, og III, 1912), T. E. (Teknisk Elasticitetslære, 1905), T. S. I og II (Teknisk Statik I, 1908, og II, 1913).

noget fra hinanden i de forskellige jærnproducerende Lande, og her til Lands ere vi henviste til at stille de samme Betingelser som i det Land, hvorfra Jærnet faas, d. v. s. vi kunne efter Omstændighederne komme til at benytte de tyske, engelske eller svenske Normalbetingelser*). Da vort meste Konstruktionsjærn f. T. kommer fra Tyskland, anføres her (idet vi foreløbigt ikke tænke paa Jærn til saadanne specielle Anvendelser som Nitter, Bolte o. l.) de vigtigste Bestemmelser i de tyske Normalbetingelser for Blødt Staal (Afvigelserne herfra efter de engelske og svenske Betingelser ere angivne i Noterne):

a. Trækprøver**).

	Brudgrænse kg/cm ²		Forlængelse %
	min.	max.	
7—28 mm { i Valseretningen.....	3700	4400	20
Tykkelse { tværs paa — (for Plader)	3600	4500	17
4—7 (exkl.) mm { i Valseretningen....	3700	4600	18
Tykkelse { tværs paa —	3600	4700	15

*) Disses fuldstændige Titler ere: Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgestellt von dem Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure, dem Vereine deutscher Eisenhüttenleute und dem Vereine deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken (13de Oplag, Otto Meissner, Hamburg, 1912); British standard specification for structural steel for bridges and general building construction, opstillet af The engineering standards committee (Crosby Lockwood & son, London, 1906); Normalbestämmelser för materialier och arbeten vid järnkonstruktioner för Bro- och Husbyggnader, utarbetade genom Svenska Teknologföreningens afdelning för väg- och vattenbyggnadskonst (Stockholm, 1900, omtryckt opplaga 1910; en Revision er for Tiden i Gang).

***) Efter de engelske Normalbetingelser forlanges en Træk-Brudgrænse paa 28—32 tons per sq. inch (4410—5040 kg/cm²) og en Brudforlængelse (paa 8 in. Maalelængde) paa mindst 20 %; for Godstykkelser under $\frac{5}{16}$ in. (8 mm) anvendes kun Bøjepøver.

De svenske Normalbetingelser skelne mellem: 1. Prima svensk Materiale, af hvilket forlanges en Træk-Brudgrænse paa 39—4500 kg/cm² og en Brudforlængelse paa mindst 22 % (hvilket Tal dog muligvis ved Revisionen nedsættes til 20 %), og 2. Andet Materiale, for hvilket Fordringerne stemme med de tyske (for 7—28 mm Tykkelse).

b. Bøjepøver*).

Prøvestykker med rektangulært eller cirkulært Tværsnit opvarmes til lys Rødgloedehede, afkøles derpaa pludseligt i Vand af ca. 28° C. og skulle saa kunne bøjes 180° til en Sløjfe, hvis indvendige Diameter d er:

for Prøvestykker i Valseretningen $d = \text{Prøvestykkets Tykkelse}$,
 » » tværs paa » $d = 2 \times$ » »

Der maa herved ikke vise sig Revner paa den udvendige, strakte Side. — For Plader af mindre Tykkelse end 5 mm anvendes kun Bøjepøven.

Endvidere anvender man en Smede- og Lokkeprøve for at sikre sig mod Rødkørhed og foreskriver desuden undertiden et Maximumsindhold af de for Jærnet farligste Stoffer, først og fremmest Phosphor, undertiden ogsaa Svovl**).

Forskrifterne for Svejsjærn afvige noget fra de her anførte, men paa Grund af den nu saa sjældne Anvendelse af dette Materiale nævnes blot, at der sædvanligvis i Valseretningen forlanges en Brudgrænse paa 30—3600 kg/cm² og en Forlængelse paa 10—12 %, derimod kun 28—3000 kg/cm² og 3—4 % tværs paa Valseretningen.

Støbejærn anvendes aldrig, hvor det bliver paavirket til direkte Træk, og kun sjældent overfor Bøjning; ligeledes undgaar man helst at anvende det, hvor det kan blive udsat for Stød og Rystelser. Hovedanvendelsen er til trykkede Konstruktionsdele som Søjler med nogenlunde central og stødfri Belastning, Underlagsplader og andre Leje-Details og i det hele til Konstruktionsdele af mere kompliceret Form. Imidlertid gaar man nu ogsaa paa dette Omraade mere og mere bort fra Støbejærnet, især ved store Paavirkninger, og

*) De engelske Normalbetingelser foreskrive Bøjepøver baade med koldt Materiale og efter en Opvarmning med paafølgende Afkøling i Vand (80° Fahr.), i begge Tilfælde med indvendig Diameter af Sløjfen lig 3 Gange Prøvestykkets Tykkelse. De svenske Bøjepøver stemme ordret med de tyske.

***) Saadanne Fordringer til den kemiske Sammensætning indeholdes ikke i de tyske Betingelser. Derimod foreskrives i de engelske: for Materiale til Broer højst 0,06 % Phosphor og Svovl, til almindelige Bygningskonstruktioner højst 0,06 % S og 0,07 % P; og i de svenske: højst 0,08 % P (og for Nittejærn: under 0,06 % S).

foretrækker Staalstøbegods. Til Ornamenten o. l. egner Støbejærnet sig derimod fortræffeligt.

Støbejærn, der indgaar i bærende Konstruktioner, skal være graat og saa blødt, at det lader sig bearbejde med Mejsel og Fil. Hvor der ønskes stor Styrke og Paalidelighed af Materialet, bruges gerne en Tilsætning af Staal-Affald (se T. E., S. 319).

Den vigtigste Modtagelsesprøve for Støbejærn er Bøjningsprøven, hvorved forlanges en Brudmodulus (se T. E., S. 319—20) af 25—2600 kg/cm². Fordringen formuleres f. Ex. saaledes*): en ubearbejdet Stang med cirkulært Tværnsnit, 30^{mm} Diameter og 65^{cm} Længde, skal med et Fritliggende af 60^{cm} kunne bære en Belastning paa Midten, der voxer jævnt og stødfrit til 460 kg, inden Bruddet indtræder; Nedbøjningen maa herved ikke være under 6^{mm}.

Staalstøbegods, der nu efterhaanden anvendes paa flere og flere af de Omraader, hvor Støbejærnet tidligere var eneherkende, er i Almindelighed Martinstaal. Der forlanges sædvanligvis til Anvendelserne her en Træk-Brudgrænse paa 4500—6000 kg/cm² og en Forlængelse af 15—10 %^{**}). Staalstøbegods bør altid udglødes efter Støbningen.

Smedet (eller valset) haardt Staal er at foretrække for Staalstøbegods, hvor Formen ikke træder hindrende i Vejen. Der kan foreskrives: Træk-Brudgrænse 45—6000 kg/cm², Forlængelse mindst 16 %^{***}).

Vægtfylden kan for Svejsjærn regnes til 7,80, for Blødt Staal til 7,85 (ca. $\frac{2}{3}$ % mere end for Svejsjærn; nogle Profil-tabeller angive endnu Vægten for Svejsjærn), for Staalstøbegods 7,86 og for Støbejærn 7,25.

*) I de tyske Normalbetingelser. De svenske Betingelser foreskrive: Træk-Brudgrænse for et afdrejet Prøvestykke mindst 1200, Tryk-Brudgrænse mindst 7000 kg/cm². Man skal med en Hammer kunne slaa et Mærke i en skarpkantet Del af Godset, uden at Kanten springer af. En ubearbejdet Stang med kvadratisk Tværnsnit og 30^{mm} Sidelinie skal med et Fritliggende af 1,0 m give en Brudmodulus paa 2500 kg/cm² og et Deformationsarbejde paa mindst 5 kgm.

***) I de tyske Normalbetingelser: 45—6000 kg/cm² og mindst 10 %; i de svenske 45—6000 kg/cm² og 15—12 %.

****) Efter de tyske Normalbetingelser.

§ 2. Tværnsnitsformer for smedeligt Jærn. I Jærnkonstruktioner anvendes Stangjærn, Plader og Profil- eller Façonjærn.

Ved Tal-Angivelserne i det følgende tænkes der, naar ikke andet udtrykkeligt siges, paa tysk Jærn*).

Stangjærn omfatter Rund-, Firkant-, Sexkant- o. l. Jærn, der kun anvendes til Nitter, Skruebolte, egentligt Smedearbejde som Rækværker o. l. samt i Konstruktioner med Bolteforbindelser, og desuden Flad- og Universaljærn. Vigtigst for Jærnkonstruktioner er Fladjærn (med rektangulært Tværnsnit, valset i Kalibervalser), der faas med Bredder op til 180^{mm}, og Universaljærn eller kantvalsede Plader (valset med bestemt Bredde i Universalvalseværk, i Modsætning til Plader) med Bredde 180—1000^{mm}; over 650^{mm} angives dog Plader at være billigere**).

Plader vales med ubestemt Bredde og klippes til langs Kanterne. De sædvanligt anvendte Tykkelser ligge mellem 8 og 26^{mm} (sjældnere ned til 5^{mm} og op til 30^{mm}***).

Om særlige Former, som Riffelplader, Buckelplader, Bølgeblik, hvori Plader forekomme, nærmere nedenfor.

Profiljærn anvendes i mange forskellige Former; de almindeligste ere Vinkeljærn, \perp -, \sqsubset -, \lrcorner - og \llcorner -Jærn, endvidere Kvadrantjærn, Zoresjærn, Haandlistjærn o. fl. I de fleste jærnproducerende Lande er der nu opstillet bestemte

*) Udførligere Oplysninger, end der her kan gives, indeholdes f. Ex. i E. Suenson: Byggematerialier, Kbhvn. 1911; ligeledes i »Eisen im Hochbau« (ausgegeben vom Stahlwerks-Verband A. G., Düsseldorf, 4de Opl. 1913).

***) Normallængden (som faas uden Overpris) er for Fladjærn 6—8 m, for Universaljærn 12 m.

****) De Maximums-Dimensioner (Bredde, Areal, Vægt) af Plader, op til hvilke Grundprisen endnu gælder (uden Overpris), ere ifølge »Hütte« I, S. 677 (21. Opl. 1911):

Tykkelse mm	Bredde m	Areal m ²	Vægt kg
7— 8 (exkl.)	1,8	8	700
8— 9 (—)	1,9	9	800
9—10 (—)	2,0	10	900
10—15 (—)	2,2	12	1250
15—25 (—)	2,4	15	2500

Normalprofiler, som alle Værkerne valse, og om dem findes alle ønskelige Oplysninger i de almindelige Haandbøger*).

Formen af de vigtigste af de tyske Normalprofiler***) ses i Fig. 1. Af Vinkeljærn er der vist et ligefliget og et uligefliget med Forholdet 2:3 mellem Fligbredderne; der haves desuden et andet uligefliget Vinkeljærn med nævnte Forhold lig 1:2. \perp -Jærnene ses i begge de eksisterende Former, med $b:h=2:1$ og $b:h=1:1$. — Det er af særlig Vigtighed, af Hensyn til Forbindelserne i Jærnkonstruktionerne, at lægge Mærke til, hvilke Hjørner der ere skarpe og hvilke afrundede; ligeledes i hvilke Profiler Fligenes Yderflader ere parallelle (Vinkeljærn, \perp -, Kvadrant- og Zores-Jærn), og i hvilke de

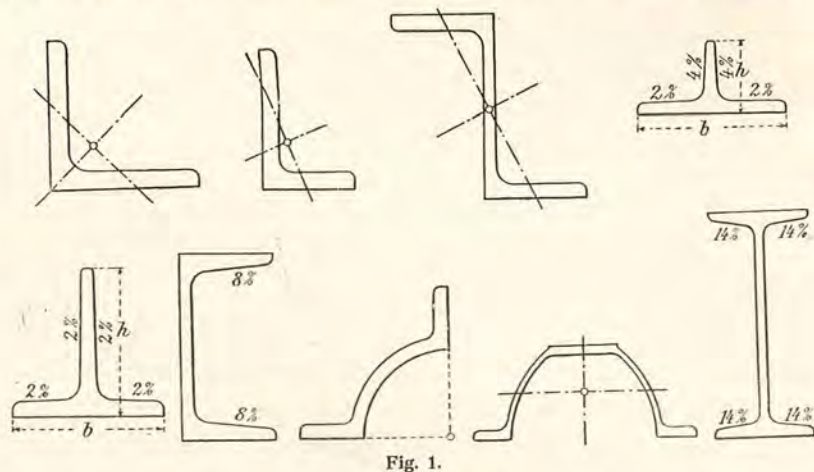


Fig. 1.

helde mod hinanden. Figurerne give alle fornødne Oplysninger i saa Henseende; specielt er Heldningens Størrelse paaskrevet overalt, hvor der overhovedet forekommer en Heldning. Den forholdsvis ringe Anvendelse af \perp -Jærnene

*) Den officielle Kilde er for de tyske Normalprofiler: Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen, for de engelske: Properties of British Standard Sections (issued by the Engineering Standards Committee, London 1904).

**) Normallængden er for \perp -Jærn 12 m, for \perp -Jærn og for Vinkeljærn med over 70 mm Fligbredde 10 m, for alle andre Profiler 8 m. Største Længde, der kan faas uden særlig Overenskomst, er ca. 20 m, men af Hensyn til Transporten er 12—15 m en Grænse, der ikke gerne skal overskrides her til Lands, i alt Fald naar det ikke drejer sig om større Partier.

har netop sin Grund i, at her ingen af Fligene er begrænset af parallelle Planer.

Profilnummeret staar i nøje Forhold til Profilets Hoveddimensioner. For \perp -, \perp -, \perp -og Zores-Jærnene angiver Nummeret Profilets Højde i cm (for Haandlistjærn og Kvadrantjærn henholdsvis Bredden og det cirkulære Partis Middelradius), for ligefligede Vinkeljærn Fligens Bredde, og endelig for uligefligede Vinkeljærn og \perp -Jærn giver Nummeret Oplysning om begge de to Hoveddimensioner (f. Ex.: Vinkeljærn Nr. 8/12, idet de to Flige have Bredderne 8 cm og 12 cm). For alle Profiler undtagen Vinkeljærn (og Kvadrantjærn) er Nummeret alene en tilstrækkelig Betegnelse (f. Ex. \perp -N. P. 12); ligefligede Vinkeljærn forekomme derimod med tre forskellige Tykkelser, svarende til de samme Bredder af Fligene (for de mindste Profiler dog kun to Tykkelser), uligefligede Vinkeljærn med to Tykkelser. Vinkeljærn betegnes derfor saaledes: \perp 80·80·10 mm, \perp 65·100·11 mm eller \perp $\frac{80 \cdot 80}{10}$ mm, \perp $\frac{65 \cdot 100}{11}$ mm (det almindeligste er at angive Jærndimensioner, navnlig Tværnsnitsdimensioner i mm, men at regne med cm).

De hidtil omtalte Normalprofiler ere specielt opstillede for Anvendelse i almindelige Jærnkonstruktioner; foruden dem findes der imidlertid en Række Normalprofiler til Skibsbygningsbrug (se f. Ex. »Hütte«), som ogsaa, om det end sjældnere sker, kunne anvendes i andre Konstruktioner. Her skal foruden det meget rige Udvalg af uligefligede Vinkeljærn særlig gøres opmærksom paa \perp -Jærnene, der navnlig udmærke sig ved noget større Flig-Bredder end de ovenfor omtalte, hvilket i mange Tilfælde kan være meget ønskeligt, samt paa de uligefligede Vulst-Vinkeljærn (Fig. 2), som navnlig til Sæmmensætning af trykkede Stænger, Søjler o. l., frembyde væsentlige Fordele.

De engelske Normalprofiler have i det store og hele de samme Former som de tyske, men der er dog forskellige Afvigelser, saaledes at de engelske Profiler maa siges paa en Del Punkter at være heldigere valgte*), naar der tænkes paa deres Anvendelse til nit-



Fig. 2.

*) Man har ogsaa allerede for adskillige Aar siden i Tyskland begyndt at tænke paa en Revision af Normalprofilerne, se f. Ex. »Der Eisenbau« 1913, S. 44.

tede Konstruktioner; navnlig er Fligbredden (for Γ -, \square - o. l.) gennemgaaende større end for de tilsvarende tyske (bedre Plads til Nitning). Endvidere gaar den engelske Profil-Række i Almindelighed op til noget større Dimensioner, saaledes for ligesidede Vinkeljærn op til 8"·8"· $\frac{3}{4}$ " (det største tyske er 160·160·19 mm), for uligesidede Vinkeljærn til 10"·4" (mod 200·100 mm), for Γ -, \square - og Γ -Jærn til 10", 15" og 24" Højde (mod 200, 300 og 600 mm). Profilerne betegnes: *BS* (British Standard) med Tilføjelse af *B* (Beam, Γ), *C* (Channel, \square) o. s. v., og i Stedet for et Profilnummer angives de to vigtigste Dimensioner (Højde \times Bredde e. l.) samt Vægten i lbs. pr. Fod (engl.), f. Ex. *BSB*, 10" \times 6", 42,02 lbs., *BSC*, 15" \times 4", 41,94 lbs.

Foruden Normalprofilerne vales der en Mængde Profiler til specielle Anvendelser, som det vilde føre alt for vidt at komme ind paa her; om dem maa de nærmere Oplysninger søges i de enkelte Værkers Profilbøger*). Exempelvis nævnes blot: skævvinklede eller skarpkantede Vinkeljærn, det i Fig. 3 viste Trapezjærn (til Søjler, Burbacher Hütte), Vautherin-Jærn (J. K. III, S. 290, Fig. 359), Gitterjærn (J. K. III, S. 65) til Hegn og Rækværker, Sprossejærn, lette Γ - og \square -Jærn til Bindingsværks-Bygninger o. s. v. Men ogsaa til Anvendelse i almindelige Jærnkonstruktioner fremkommer der af og til Forslag om nye Profilformer**), og af disse er der et enkelt,

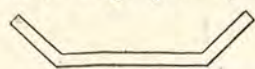


Fig. 3.

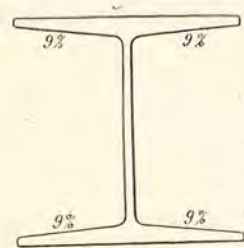


Fig. 4.

nemlig det i Fig. 4 viste bredflangede Γ -Profil, der har faaet overmaade stor Betydning. Profilet vales ved et specielt, af Amerikaneren Henry Grey angivet Universalvalseværk; det er først fremkommen i 1902 og fremstilledes indtil for nylig her i Europa kun i Differdingen (Luxemburg***); Profilerne benævnes Grey-Bjælker eller bredflangede

*) Her skal nævnes Mannstaedt-Werke A. G., Troisdorf b. Köln, der særligt giver sig af med at valse Special-Profiler til de forskellige Anvendelser.

**) Saaledes et S-Profil (russisk) og H-Profiler (»Eisenbau« 1912, S. 124, 451).

***) Nu vales nogle af Profilnumrene ogsaa af Værket Thyssen i Hagendingen.

Differdinger-Profiler. Af Figurenses, at de indvendige Flange-fladers Heldning kun er 9% mod Normal- Γ -Profilets 14%; ved Flangernes udvendige Kanter er der saa godt som ingen Afrundinger. Profilet egner sig særligt som Bjælke ved kneben Højde eller ved skæv Belastning samt som Søjle*) og kan i det hele ofte med Fordel erstatte de ellers benyttede sammen-nittede Bjælker eller Søjler (ogsaa Gitterstænger i større Dragere, idet der er god Plads til at nitte i Flangerne). Profilnummeret angiver ligesom ved Normalprofilerne Højden i cm. Der vales for Tiden to Profil-Rækker, der betegnes *B* og *Bx* (altsaa f. Ex. Diff. 32*B*, Diff. 45*Bx*), begge fra Nr. 18 til Nr. 100; Flangebredden er for Nr. 18—30 lig Højden, for de højere Bjælker er Bredden konstant, lig 30 cm. *B*-Profilerne ere de oprindelige, *Bx*-Profilerne, der først for nylig ere komne til, have lidt tyndere Krop og tykkere Flanger. Normal-længde 12 m. — Endnu nævnes, at der af unormale, bredflangede Γ -Profiler kan faas nogle enkelte (Nr. 7 $\frac{1}{2}$, 10 $\frac{1}{2}$, 13 $\frac{1}{2}$, 15 $\frac{1}{2}$, 20 $\frac{1}{2}$), der ere spinklere og lavere end Differdinger-Bjælkerne, og som f. Ex. til Aase o. l. Anvendelser kunne være meget fordelagtige**).

Af andre Former, hvori Jærnet kan finde Anvendelse i Jærnkonstruktioner, skal endnu omtales Riffelplader, Buckelplader og Bølgeblik.

Riffelplader ere glatte paa den ene Side, men paa den anden forsynede med 1,5—3 mm høje, 4—5 mm brede Fremspring, der forløbe retliniet efter to hinanden krydsende Retninger (Fig. 5). Tykkelsen angives eksklusive Fremspringene. De faas med indtil 1,5 m Bredde og indtil 450 kg Vægt.

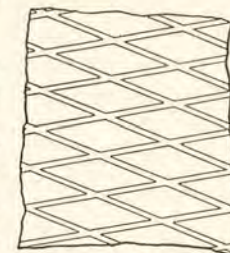


Fig. 5.

Buckelplader (Fig. 6) ere i Reglen rektangulære Plader, der ved Presning have faaet Form som en Klosterhvælving

*) Konstanterne $c = W_1 : W_2$ og $\zeta = F^2 : I_{min}$ have følgende Værdier:

Profil Nr.	18	30	32	50	75	100
Profil <i>B</i> } $c =$ {	3,28	3,36	3,60	5,7	9,4	13,6
» <i>Bx</i> } $c =$ {	3,22	3,35	3,56	5,5	9,0	12,8
Profil <i>B</i> } $\zeta =$ {	3,10	3,10	3,30	5,84	8,8	12,1
» <i>Bx</i> } $\zeta =$ {	3,02	2,76	2,96	5,04	7,0	9,4

**) Se f. Ex. Sophus Berendsens eller Chr. C. Rahr & Co.'s Profil-Album.

med en plan Kant uden om til Fastnitningen. Pilhøjden er gerne $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ af Sidelængden, den plane Kant 50—80 mm

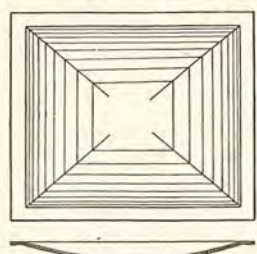


Fig. 6.

bred, Tykkelsen ligger gerne mellem 5 og 10 mm. De faas efter Bestilling i hvilket som helst Maal indtil 2 m Sidelængde, ogsaa med Trekant- og Trapez-Former.

Undertiden fremstilles ogsaa flere Buckelplader sammenhængende, saaledes at de enkelte Buckler kun ere adskilte ved en plan Kant.

Bølgeblik anvendes med de to i Fig. 7 og 8 viste Tværnsnitsformer, fladt og højt Bølgeblik. De forskellige Fabrikker fremstille noget forskellige Profiler; et Udvalg findes i »Hütte« eller andre Haandbøger. Det faas i Plader af indtil

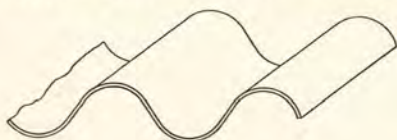


Fig. 7.

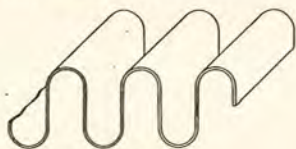


Fig. 8.

0,95 m Bredde (tværs paa Bølgerne) og indtil sædvanlig 2—4 m Længde, højst 6 m, og kan leveres lige eller krummet (efter Længden). Tykkelsen er for fladt Bølgeblik 0,5—1,25 mm, for højt Bølgeblik 1—5 mm, Tværnsnitsareal, Modstandsmoment og Vægt kan nøjagtigt nok regnes proportionale med Tykkelsen; i de fleste Haandbøger finder man Opgivelser, der gælde for 1 mm Tykkelse.

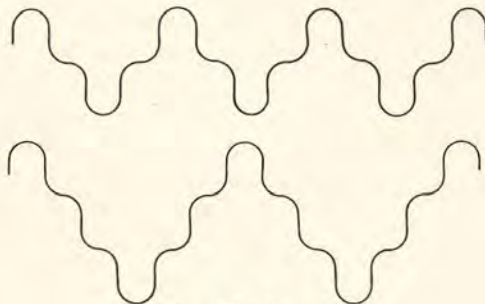


Fig. 9.

I de sidste Aar er der fremkommen en ny Bølgeblikform, det saakaldte Knutson-Blik (efter Opfinderen), dobbelt eller tredobbelt (Fig. 9), ved hvilket der med samme Jærnvægt opnaas en langt større Bæreevne og Stivhed*).

*) »Der Eisenbau« 1910, S. 12, 1911, S. 493.

FØRSTE AFSNIT.

Forbindelserne.

I. Nitteforbindelser.

§ 3. Nitternes Form og Materiale, Hullernes Fremstilling og Nitningens Udførelse. Hovedformalet med en Nitteforbindelse kan være enten at faa en vis Kraft overført eller at skaffe Tæthed eller begge Dele. I Jærnkonstruktioner er det i Reglen det første Hensyn, man har at tage, Spørgsmaalet om Tæthed kommer kun for saa vidt til at spille en Rolle, som man for Konstruktionens egen Skyld (af Hensyn til Holdbarheden) maa sørge for, at der ikke kan trænge Fugtighed ind i Fugerne.

a. Nitternes Form og gængse Dimensioner. Den færdig anbragte Nitte bestaar af et cylindrisk Skaft og to Hoveder. I sin simpleste Skikkelse er Hovedet formet som en Kuglekalot eller et Afsnit af en Omdrejningsellipsoide (Fig. 10); man kan undertiden ogsaa se andre Former, tilspidsede (kegleformede) eller afladede, men ved Kraftnitninger er Formen i Fig. 10 den almindeligste og bedste. Figuren angiver de vigtigste Dimensioner i Forhold til Nittediametren (denne betegnes stadig i det følgende ved d), nemlig Hovedets Diameter $1,5d$, Højden $0,5d$, maalt i Skaft-Overfladens Forlængelse, og hele Højden ca. $\frac{2}{3}d$; med disse Dimensioner frembyder Hovedet noget større Sikkerhed mod Forskydning langs en lodret Cylinderflade i Fortsættelse af Skaftet og mod Tryk paa Underfladen end Skaftet mod Overrivning. — Den i Fig. 11 viste Form af Nittehovedet har indtil for nylig været overmaade almindelig

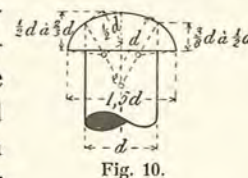


Fig. 10.

foreskrevet og anvendt. Der er her tilføjet en lille konisk Forstærkning ved Overgangen fra Hoved til Skaft, hvorved der skulde blive mindre Fare for Afsprængning af Hovedet. Imidlertid har det altid voldt Vanskeligheder at faa den lille Forsækning nøjagtigt udført, og naar den ikke passer stramt, er den ikke blot værdiløs, men ofte endog direkte til



Fig. 11.

Skade. Efter at det nu ved Forsøg*) er paavist, at den lille Forsækning hverken ved rolig eller ved Stød-Paavirkning medfører større Styrke eller Paalidelighed, er man de fleste Steder gaaet bort fra den igen.

I Fig. 12 øverst ses en halvforsænket Nitte; den anvendes dels, naar der ikke er Plads til et saa stærkt fremspringende Hoved som i Fig. 10, dels for at formindske Skaftlængden, hvor Tykkelsen, der skal nittes igennem, er stor; Faren for Afsprængning af Hovedet ved Nittens Afkøling voxer nemlig med Skaftlængden. Formen i Fig. 12 foreskrives derfor ofte, naar Skaftlængden ellers vilde blive større end $2,5d$ à $3d$.

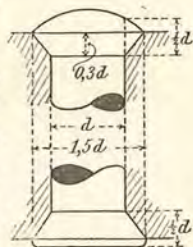


Fig. 12.

Hel Forsækning som i Fig. 13 anvendes kun, hvor der absolut ikke er Plads til noget Fremspring. Da det i Almindelighed er umuligt at afpasse den Overlængde af Skaftet, som er nødvendig til at danne Hovedet, saa nøjagtigt, at der hverken bliver for lidt eller for meget Materiale, er der ikke andet at gøre end at tage Overlængden snarest lidt for stor og saa mejsle

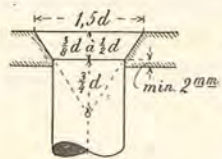


Fig. 13.

det overflødige bort under Nitningen; men derved bliver der mindre Tid til Stukningen af Nitteskraftet, denne bliver ikke saa godt udført, og Følgen er, at en saadan Nitte lettere bliver løs. Hvor man kan, anvender man derfor hellere den nederst i Fig. 12 viste Form; Fremspringet kan her gøres

*) Zweiter Bericht über Festigkeitsversuche mit Eisenkonstruktionen, erstattet von der Versuchskommission des Vereines deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken, Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 1019. Som Følge af disse Forsøg er den lille Forsækning afskaffet ved Arbejder for den preussiske Stat (Centralbl. d. Bauverw. 1909, S. 505).

større eller mindre, eftersom Pladsen tillader det. Man anvender ikke gerne hel Forsækning i mindre Pladetykkelse end $\frac{1}{2}d$; Nittehullet maa nemlig ikke være konisk gennem hele den yderste Plade; som vist i Fig. 13, skal der i alt Fald være en mindst 2 mm høj cylindrisk Rand tilbage i denne Plade.

Skaftdiametren d er højst 26 mm , hvis Nitningen skal udføres ved Haandkraft; ved Maskinnitning kan man gaa højere op, men man søger saa vidt muligt at nøjes med de 26 mm og gaar i alt Fald yderst sjældent over 30 mm . Der anvendes varm Nitning for $d > 10\text{ mm}$, kold Nitning for $d \leq 10\text{ mm}$, idet de smaa Nitter altfor let vilde blive forbrændte ved Opvarmningen. Ved varm Nitning maa Hullet være lidt større end den kolde Nitte (i Nordamerika regnes gerne $\frac{1}{16}''$), ellers vilde man ikke kunne faa den varme Nitte igennem.

Under Nitningen skal Skaftet stukkes i hele sin Længde, saa det fylder Hullet tæt ud, og af Hensyn hertil er det af Betydning, at Skaftlængden ikke bliver for stor. Ved Udarbejdelsen af Projektet maa man derfor saa vidt muligt sørge for, at denne Længde højst bliver ca. $4d$, og ved Længder over $2,5d$ à $3d$ anvendes som ovenfor sagt undertiden en Halv-Forsækning. Ofte angives ogsaa, at Længden ikke maa være over 90 mm , men det er ikke altid muligt at gennemføre dette, og fra de sidste Aar haves da ogsaa flere Exempler paa, at man er gaaet højere op; naturligvis gør man dog kun dette, naar der ingen anden Udvej er*). — Den nødvendige Overlængde af Skaftet (til Fremstilling af Hovedet under Nitningen og af Hensyn til Skaftets Stukning) angives til $\frac{1}{3}d$ ved Maskin- og $\frac{1}{4}d$ ved Haandnitning.

For at kunne nøjes med saa faa Former af Nitteværktøj og Bor som muligt holder man sig gerne til følgende Skala**)

*) Ved Jærnbanebroen over Rhinen ved Ruhrort er der i Tværbjælkernes Forbindelser med Hoveddragerne anvendt 153 mm lange 30 mm Nitter, og nogle i den Anledning anstillede Forsøg viste, at Nitterne dog havde den normale Styrke. Det anbefales dog i Beretningen om Forsøgene at forøge det beregnede Nitteantal med mindst 20% og specielt at drage Omsorg for, at Nitterne ikke paavirkes til Træk (»Der Eisenbau« 1911, S. 289).

**) Verein deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken har i 1910 vedtaget »i Reglen« at benytte denne Skala. Maalene angive Diametren af det færdige Hul. (Dingler Polyt. Journ. 1910, S. 487).

for Nittediametren: 12 eller 13, 16, 20, 23, 26 mm = $\frac{1}{2}$ " , $\frac{5}{8}$ " , $\frac{3}{4}$ " , $\frac{7}{8}$ " , 1". Desforuden kan der blive Tale om 28 og 30 mm (dog kun ved Maskinnitning) og om spinklere Nitter (6, 8, 10 mm) ved tynde Plader (Bølgeblik o. l.).

b. Materialet til Nitterne i almindelige Konstruktioner er enten Svejsjærn eller Blødt Staal. Til Værksteds-Nitter anvendes nu til Dags saa godt som altid Staal, til Monterings-Nitter, og undertiden ogsaa ved Haandnitning i Værkstedet, er det dog ikke ualmindeligt at forlange Svejsjærn (f. Ex. her til Lands undertiden svensk Trækuls-Jærn).

Kvaliteten af Jærnet i Nitterne er gerne bedre end i Konstruktionen ellers; navnlig gælder det om at faa et særlig blødt og sejt Materiale af Hensyn til den lidt voldsomme Behandling, det skal undergaa. Der foreskrives derfor i Almindelighed en noget større Brudforlængelse (men derimod ikke højere Brudgrænse) og en skarpere Bøjeprøve for Nittejærn end for det almindelige Konstruktionsjærn*).

*) De tyske Normalbetingelser foreskrive for Nittejærn:

1. Trækprøve.

Svejsjærn ($d \leq 25$ mm), Brudgr. 3800 kg/cm², Forlængelse 18 0/0,
 > (25 < d < 40 mm), > 3600 > , > 15 0/0,
 Blødt Staal, Brudgr. 36—4200 kg/cm², Forlængelse 22 0/0.

2. Bøjeprøve.

En Rundjærnsstang med Diameter d skal koldt kunne bøjes sammen til en Sløjfe, hvis indvendige Diameter er $\frac{1}{3}d$, uden at der viser sig Revner paa den udvendige Side. Blødt Staal skal inden Prøven glødes og pludselig afkøles i Vand af 28° C.

3. Stukkeprøve.

Et Stykke Nittejærn af Længde $2d$ skal i varm Tilstand (som ved Nitningen) kunne lade sig sammenstykke til $\frac{1}{3}$ af sin oprindelige Længde, uden at der viser sig Ridser i Kanten.

De engelske Normalbetingelser:

1. Trækprøve.

Blødt Staal, Brudgr. 26—30 tons pr. sq. in. (4100—4730 kg/cm²), Forlængelse mindst 25 0/0.

2. Bøjeprøver forlanges ikke med Nittejærnet, kun med færdig fabrikerede Nitter; disse skulle kunne bøjes sammen til en Sløjfe med indvendig Diameter Nul.

3. Stukkeprøver foretages ligeledes kun med færdig fabrikerede Nitter; disses Hoved skal (varmt) kunne flades ud, saa Diametren bliver $2\frac{1}{2}$ Gange Skaftdiametren, uden at der viser sig Revner i Kanterne.

Naar man i de senere Aar har begyndt at se sig om efter et ædlere Materiale i Stedet for det almindelige Konstruktionsjærn, har man naturligt nok tænkt sig det samme for Nittematerialets Vedkommende, og navnlig med Nikkelstaal-Nitter er der allerede gjort en hel Del Forsøg*). Da Spørgsmaalet dog foreløbigt kun har Betydning i rene Undtagelses-tilfælde, maa denne Henvisning her være tilstrækkelig.

c. Fremstillingen af Hullerne sker ved Boring eller Lokning. Sidstnævnte Fremgangsmaade medfører i Almindelighed en Svækkelse af Materialet, hvilket derimod ikke er Tilfældet med Boring. Undersøgelsen af disse Forhold er imidlertid ikke saa simpel, som man maaske strax kunde være tilbøjelig til at tro, og Grundene hertil ere**):

1) at Gennemhulning — bortset fra Maaden, hvorpaa den er tilvejebragt — giver en Tilvæxt i Styrke; gennemhullede Prøvestykker (Fig. 14) give en højere Brudgrænse (men en langt mindre Forlængelse og Kontraktion) end de sædvanlige

De svenske Normalbetingelser:

1. Trækprøve.

Prima svensk Svejsjærn, Brudgrænse 3000—3400 kg/cm², Forlængelse 20 0/0,
 Blødt Staal til Nitter, Brudgrænse 3200—3800 kg/cm², Forlængelse 28 0/0,
 (ved Revisionen paatænkes dette ændret til: Brudgr. mindst 3600 kg/cm², Forlængelse mindst 25 0/0).

2. og 3. Bøje- og Stukkeprøverne som de tyske, blot at der ved Bøjeprøven for prima svensk Svejsjærn kun forlanges en indvendig Diameter af Sløjfen lig d .

4. For Blødt Staal maa Phosphorindholdet ikke overskride 0,08 0/0, og Svovlindholdet skal være under 0,06 0/0.

*) Mesnager, Ann. d. ponts et chaussées, 1906 III, S. 114; Preuss, Stahl u. Eisen 1909, S. 1143; Talbot, Der Eisenbau 1910, S. 382; Schanzer, Der Eisenbau 1913, S. 99.

**) Forholdene ved Lokningen ere navnlig undersøgte af Barba, Considère (Ann. d. ponts et chaussées, 1885 I, S. 727 o. f.) og Tetmajer (Mittheilungen der Materialprüfungsanstalt am schweiz. Polytechnikum in Zürich, Heft 3 og 4; Tetmajers Resultater findes ogsaa i hans »Angewandte Elasticitäts- u. Festigkeitslehre«, Zürich 1889, S. 202 o. f., 2. Aufl. Wien 1903, S. 309 o. f.). B. B. Stoney: »The strength and proportions of riveted joints«, London 1885, meddeler (S. 55—73) en hel Del engelske Forsøg, af Kirkaldy, Kennedy o. fl.

prismatiske Prøvestykker. Fænomenet er det samme og forklares paa samme Maade som for Trækprøvestykker med en inddrejet Not (T. E., S. 261, Noten). Gevinsten er størst ved lille Afstand mellem Hullerne (a i Fig. 14) og aftager hurtigt, naar Afstanden voxer. — Da Gennemhulningen, som sagt, ogsaa medfører en mindre Brud-Deformation, kan man slutte, at en nittet Jærnkonstruktion er skørere (mindre modstandsdygtig overfor Stød) end det Jærnmateriale, hvorefter den bestaar.

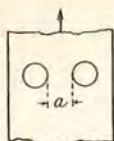


Fig. 14.

2) at Svækkelsen snarere viser sig som et Tab i Sejghed end som Tab i Styrke, altsaa som en Skørhed. Den konstateres derfor bedst ved en Bøjeprobe; et Prøvestykke med lokkede Huller faar Revner i Hulkanten ved Bøjning gennem en ganske lille Vinkel. Ved Trækprøver giver Svækkelsen sig navnlig til Kende ved en mindre Forlængelse, hvorimod man meget godt kan finde en højere Brudgrænse end for det ulokkede Materiale, nemlig naar Hullerne ere lokkede meget tæt ved hinanden*).

Ved de sædvanlige i Nitteforbindelser anvendte Afstande mellem Hullerne vil Lokning dog i Reglen bevirke en Aftagen af Styrken. Tabet, der for Svejsjærn kan løbe

*) Considère fandt f. Ex. ved Trækprøver af 10 mm tyk Martin-Staalplade følgende Brudgrænser (i kg/mm²), idet a betegner Afstanden mellem Hullerne (i mm):

Uden Huller	Lokkede Huller						Borede Huller $a = 5$
	$a = 5$	6	8	14	30	50	
51,5	67,1	65,4	64,0	52,4	45,1	42,9	59,5

For $a < 14$ mm er her en Tilvæxt i Styrke, men denne kan ikke skyldes Gennemhulningen alene, da de lokkede Huller for $a = 5$ mm give en 15 % større Tilvæxt i Styrke end de borede Huller. Disse 15 % maa hidrøre fra selve Lokningen (smlgn. kold Valsning og lignende koldt frembragte Deformationer, hvorved Brudgrænsen ved Træk forøges, medens Forlængelsen aftager). At Lokningen ved større Afstand mellem Hullerne medfører et Tab, forklarer Considère derved, at det skørnede Materiale omkring Hullerne bevirker, at Bruddet begynder ved en meget lille Forlængelse, altsaa længe inden det af Lokningen upaavirkede Materiale har naaet sin Brudgrænse; og naar der først har dannet sig en Revne, forplanter den sig hurtigt videre.

op til ca. 20 %, for Blødt Staal til over 30 %, er desto større,

1) jo større Materialets Haardhed er*); Svejsjærn lider altsaa mindst ved Lokningen, Blødt Staal noget mere, Haardt Staal langt mere;

2) af jo daarligere Kvalitet Jærnet er**); naturligt nok taaler godt Materiale bedst den voldsomme Behandling;

3) jo mindre Hullets Diameter (d) er i Forhold til Pladetykkelsen (δ); ogsaa dette er forstaaeligt, idet Behandlingen er des voldsommere, jo mindre Forholdet $d : \delta$ er.

Den ved Lokningen frembragte Svækkelse kan helt eller delvis bringes til at forsvinde enten ved Udglødning***), hvad dog ikke godt kan anvendes videre i Praxis, eller ved Oprivning af Hullerne. Den sidstnævnte Fremgangsmaade har stor praktisk Betydning. Ved Oprivningen maa naturligvis alt det ved Lokningen beskadigede Materiale fjernes, hvortil ifølge Tetmajer kræves, at Hullets Diameter forøges med mindst 2 mm; for Sikkerheds Skyld vil man dog altid i Praxis gaa til en Forøgelse af 3—4 mm. Efter udført Op-

*) Dette fremgaar tydeligt af følgende Forsøg af Considère:

Materiale.	Normal Brudgrænse	Tab ved Lokningen
Svejsjærn, extra godt	3740 kg/cm ²	19 %
» phosphorholdigt	4100 »	21 »
Bessemerstaal, meget blødt	4700 »	20 »
Martin » blødt	5250 »	22 »
Bessemer » haardt	6000 »	25 »
» » meget haardt	8170 »	34 »

***) Ch. Frémont paastaar (Étude expérimentale du rivetage, Paris 1906, S. 77—83), at Lokningen kun medfører nogen Svækkelse, hvis Materialet selv i Forvejen er skørt, og han paaviser dette ved sammenlignende Slagforsøg med skørt og ikke skørt Materiale. Han mener derfor, at man kunde tillade Lokning med en paafølgende ubetydelig Oprivning (kun for at bringe Hullerne til at flugte), naar blot Materialet ikke er skørt. Denne Paastand trænger dog sikkert til nærmere Bevis.

****) Tetmajer slutter af sine Forsøg, at man ved Udglødning ikke kan naa helt op til Materialets oprindelige Styrke, eftersom $\frac{d}{\delta} > 1,5$.

rivning kommer den med Gennemhulningen følgende Styrketilvæxt til at gøre sig gældende; ifølge Tetmajer kan man saa regne paa en 8—10 % større Styrke end for det ikke gennemhullede Materiale.

Boring af Hullerne svækker ikke Materialet i nogen kendelig Grad*); Oprivning af borede Huller er derfor ingen Nytte til.

Overfor Spørgsmaalet Boring kontra Lokning er der imidlertid mange andre Hensyn at tage end blot til de gennemhullede Stykkers Styrke. De vigtigste ere følgende:

Niternes Styrke (mod Overklipping) er sædvanligvis større i lokkede end i borede Huller**). Grunden hertil er, at Hulrandene ikke ere saa skarpe ved Lokning som ved Boring. Forskellen forsvinder, naar den skarpe Kant ved de borede Huller brækkes ganske svagt, hvad man derfor altid burde gøre. En eventuel Boregrat bør selvfølgelig altid fjernes.

Boring er betydelig dyrere end Lokning (2—6 Gange saa dyr).

Det enkelte Hul kan anbringes nøjagtigere paa sin Plads ved Lokning end ved Boring, idet Boret søger at vige ud hen mod det blødeste Materiale. Til Gengæld kan Boring udføres paa én Gang gennem alle de Stykker, der skulle samles, hvis dette ellers er ønskeligt; herved kan Prisforskellen omtrent forsvinde, hvis der raades over praktisk indrettede transportable Boremaskiner.

Med Lokningen følger gerne en Strækning af Materialet i Omegnen af Hullerne, hvoraf atter kan resultere en Krumning af den lokkede Stang, hvis Hullerne sidde excentrisk. Det kan derfor komme til at knibe med at faa Hullerne i de

*) Dog faar man næppe hele den Gevinst frem, som Gennemhulningen skulde medføre. Tetmajer angiver, at boret Svejsjærn viser en Tilvæxt i Styrke af 3—12 %, gennemsnitlig 8 %; men ved Udfiling af Hullerne kan man naa op til en gennemsnitlig Tilvæxt paa 10 %.

***) Tetmajer angiver som Gennemsnitsresultat af sine og andres Forsøg, at man kan regne Forholdet $\sigma_F : \sigma_T$ mellem Nittens Brudgrænse overfor Forskydning og Træk til:

	for Svejsjærn	Blødt Staal
i borede Huller med skarpe Kanter	0,78	0,84
i lokkede Huller eller borede Huller med afrundede Kanter	0,82	0,88

forskellige Stykker til at passe for hinanden ligesom med at faa Stødfuger til at slutte tæt osv.

Her i Europa foreskrives det sædvanligvis, at alle Huller (i egentlige Jærnkonstruktioner) skulle bores (undtagen i Udfyldinger, Paaforinger o. l., hvor Styrken ingen Rolle spiller). Naar Hullerne fremstilles i hvert enkelt Stykke for sig, bør de bores med en 2—3 mm mindre Diameter end den endelige og først efter Samlingen (lige inden Nitningen) rives eller bores op til den rigtige Størrelse. — Sjældnere tillades det at lokke Hullerne med 3—4 mm mindre Diameter end den endelige og bagefter bore op. I Nordamerika lokkes ofte, uden paafølgende Oprivning, i de mindre Tykkelser af Blødt Staal, medens der i alt Fald følger en Oprivning efter ved de større Tykkelser og bores i haardere Staal.

d. Udførelse af Nitningen. Stykkerne samles intermistisk ved Bolte. For at faa dem trukne sammen, saa Hullerne flugte, anvendes Dorne, der drives ned i nogle af Hullerne; herimod er der heller ikke noget at indvende, naar Hulafstandene ere saa nøjagtige, at Hullerne virkelig kunne bringes til at flugte ved en indbyrdes Forskydning af Stykkerne, og naar Dornene anvendes med passende Forsigtighed. Derimod er det absolut forkasteligt, naar nogle af Hullerne flugte, men andre ikke, da at drive Dorne gennem de sidste. Man kan ganske vist derved opnaa, at det bliver muligt at faa Nitten igennem, hvis Fejlen i Hullernes Beliggenhed da ikke er altfor stor; men Hulrandene blive stukkede op (Hullerne ovale), saa man ikke kan faa Stykkerne pressede sammen ved Nitningen, og der fremkaldes en uensformig Spændingsfordeling. En Unøjagtighed i Beliggenheden af de Huller, der egentlig skulde flugte, paa indtil 5 % af Diametren (men ikke mere) tillades i Almindelighed, men i saadanne Tilfælde maa der anvendes Oprivning og eventuelt sværere Nitter.

Selve Nitningen udføres ved Haandkraft eller med Nitte-maskine. Ved Haandnitning hører der til en Nittekolonne mindst 4 Mand, ved svære Nitter og naar Pladsen tillader det, 5, nemlig en Formand, en Tilslaaer (eller to), en til at holde for og en Nittevarmer (Dreng). Der holdes for med et »Forhold« med en til Nittehovedet svarende Fordybning, forøvrigt formet som en Hammer, en svær Jærnstang, en Skrue-

vinde e. l., nu ogsaa Trykluft-Forhold. Først stukkes Nitte-skaftet og tildannes Hovedet foreløbigt med Haandhamre, dernæst faar »Knappen« (det under Nitningen dannede Hoved; det tidligere fremstillede kaldes slet og ret »Hovedet«) sin endelige Form ved en Sænker (»Knapmager«), som Formanden sætter paa og efterhaanden drejer rundt, medens der slaas paa den af Tilslaaeren. — Nittemaskiner virke enten ved et roligt Tryk eller ved Slag. Ved Maskiner af førstnævnte Slags presses Nitten mellem to Sænkere af Hovedets Form. Der anvendes enten Vand- eller Lufttryk (hydraulisk eller pneumatisk Nittemaskine), sjældnere en rent mekanisk Kraftomsætning (ved Knæpresse e. l.); den ene af de to Sænkere, hvorimellem Nitten fattes, kan være fast, den anden direkte anbragt paa Pressestemplet, eller der kan benyttes en Vægtstangsudveksling mellem Presse og Sænker. Maskinen kan være faststaaende eller transportabel (hængende i en Kæde), det sidste navnlig ved pneumatiske Maskiner. Slag-Nittemaskiner virke ved Trykluft (pneumatiske »Nittehamre«) paa lignende Maade som pneumatiske Mejsel- og Stemme-Værktøjer; Apparatet er lille og let handleligt for en Mand, men i Begyndelsen temmelig ubehageligt at arbejde med. Resultatet er snarest bedre end det, der kan naas ved Haandnitning, men kommer ikke paa Højde med god Maskinnitning*).

Nitterne maa varmes til lys Rødgldhede, for at Skaftet kan blive nogenlunde ordentligt stukket i hele sin Længde, og for at Nitningen kan være færdig, inden Rødgldheden endnu er helt forsvunden. Dette sidste er navnlig ganske nødvendigt ved Staalnitter, der ellers let vilde blive skøre (blaaskøre). Ved meget lange Nitter er det ikke ualmindeligt kun at varme den Ende af Skaftet, hvor Knappen skal dannes, saa stærkt som ovenfor nævnt, idet der som Grund her til bl. a. anføres, at man vil undgaa altfor stor Længdespænding i Skaftet. Imidlertid er det paa den Maade umuligt at faa Nitte-skaftet stukket i hele Længden, og ved Staalnitter resikerer man let at faa Blaaskørhed, saa Hovedet springer af; man bør derfor ubetinget (undtagen maaske hvis man har med forholdsvis meget tykke Plader og faa Fuger

*) Om Nitningens Udførelse i det hele og om Enkelthederne ved Nittemaskiner henvises til H. I. Hannover: Forelæsninger over Metalbearbejdning og Forelæsningsstegninger.

at gøre) varme Nitten ens over det hele, undertiden endog hellere varme den stærkest ved det i Forvejen dannede Hoved, hvor Stukningen vanskeligst naar hen*). Forbrændte Nitter bør kasseres.

Ved Maskinnitning foregaar Arbejdet i langt kortere Tid end ved Haandnitning, og man kan derfor, hvis Trykket i Maskinen ellers er stort nok, nøjes med en noget lavere Begyndelsestemperatur; dette giver nemlig en bedre Nitte, hvormod nærmere nedenfor.

Maskinnitning er baade billigere og hurtigere end Haandnitning, og tillige muliggør den Anvendelse af større Nitte-diametre. Ved godt udført Maskinnitning kan der ogsaa opnaas bedre Resultater end ved Haandnitning, bedre Stukning af Nitte-skaftet og større Friktion (se nedenfor), derimod ikke nogen væsentlig højere Brudgrænse for Nitten. Til en saadan god Maskinnitning kræves der navnlig, dels at Trykket er stort nok til virkelig at presse Nitten saaledes sammen, at Hullet bliver tæt udfyldt**), dels at Trykket holdes nogen

*) Bach finder ved sine Forsøg (Z. d. V. deutsch. Ing. 1912, S. 1890), at Spændingen i Nitte-skaftet bliver omtrent den samme (kun lidt under Flydegrænsen), enten Nitten varmes ens over hele Længden eller kun ved Spidsen, men ved den sidste Fremgangsmaade lider Materialet (bliver skørere; Gennemsnits-Brudforlængelsen fandtes lig 23,2 % og 19,9 % ved ensformig eller delvis Varmning), og Hovederne springe lettere af. Se ogsaa Frémont, Étude expérimentale du rivetage, Paris 1906, S. 112—13. — Man finder kun sjældent i Betingelserne for Arbejdets Udførelse detaillerede Forskrifter angaaende Varmningen af Nitterne. Dog kan anføres, at det ved Manhattan Bridge, New York, var foreskrevet, at Nitterne skulde varmes ens over det hele eller stærkest ved det færdige Hoved, medens en stærkere Varmning af Spidsen end af Hovedet var forbudt (Eng. News, Dec. 21, 1905). Schaper («Kurze Anleitung für die Bauüberwachung eiserner Brücken», Berlin 1912) forlanger ligeledes (S. 27) Nitterne varmede over hele Længden.

**) Ifølge de Regler, der benyttes af Am. Br. Co. (foreskrevne af J. Christie) skulle Nitter af Svejsjærn eller blødt Staal underkastes et Tryk af ikke under $8 \frac{1}{2} \text{ cm}^2$ af Tværsnittet (se Dingers Polyt. Journ. 1905, S. 741). Frémont angiver som Resultat af sine Forsøg (Étude expérimentale du rivetage, Paris 1906, S. 100) det nødvendige Tryk til $c \cdot \sigma_{B,c} \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$, hvor $\sigma_{B,c}$ er Nittematerialets Brudgrænse, og hvor Konstanten c ligger mellem 2,7 og 5,0 (ved den højeste og laveste praktisk anvendelige Nitte-temperatur); $\sigma_{B,c}$ er

Tid*), efter at selve Nitningen er fuldført; ellers kan det endnu glødende Skaft ikke hindre Pladerne i at fjedre sig noget ud fra hinanden. — Det foreskrives ofte nu til Dags i Betingelserne for Arbejdet, at saa meget som muligt af Nitningen skal udføres paa Maskine.

Monteringsnitter udføres ikke under saa gunstige Omstændigheder som Værkstedsnitter; man foretrækker derfor, som tidligere omtalt, undertiden Svejsjærn til dem, og endvidere byder man dem i Reglen en noget mindre Paavirkning, f. Ex. kun $\frac{2}{3}$ à $\frac{5}{8}$ af den, man ellers regner med.

En fuldkommen Nitte skal udfylde Hullet helt og have sine Hoveder siddende centralt i Forhold til Skaftet, Hovedet skal have den nøjagtige Form, hverken indeholde for lidt eller for meget Materiale, og have sine Rande liggende tæt an mod Pladen. Endvidere skal Nitten være fast, hvilket kendes paa den Klang, et let Hammerslag mod Nittehovedet giver; en løs Nitte klinger mere mat end en fast; en løs Nitte kan ogsaa føles, naar man holder en Finger paa det ene Hoved og giver et let Slag paa det andet. Alle løse eller ufuldkomne Nitter bør hugges ud og erstattes med nye; det bør som Regel ikke tillades at stemme rundt langs Omkredsen af Hovedet, da dette Middel dog ikke hjælper i Længden, navnlig ikke paa saadanne Steder, hvor Nitterne ere udsatte for at blive løse senere paa Grund af deres Paavirkning. I Fig. 15 ses en Række af de almindeligst forekommende Fejl. Ved 1 sidder Hovedet skævt, hvad man kun kan opdage ved dets unøjagtige Beliggenhed i Forhold til andre Nitter eller til

kg/mm² og Nittetværsnittet $\frac{1}{4} \pi d^2$ udtrykt i mm². Bach advarer paa Grundlag af sine Forsøg (Z. d. V. deutsch. Ing. 1912, S. 1890) mod at bruge større Tryk end lige nødvendigt til at danne Hovedet og presse Pladerne ordentlig sammen (6,5—8,0 $\frac{1}{2}$ cm² af Nittetværsnittet). Ved de ofte anvendte rigeligt store Tryk anstrenges Jernet omkring Nittehullet over Flydegrænsen, og der opnaas ikke nogen fastere Forbindelse, idet Spændingen i Nitteskaftet tværtimod bliver mindre.

*) Efter de preussiske Statsbaners »Besondere Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Anlieferung und Aufstellung von Eisenbauwerken« (af 14. Juni 1912) maa Trykket først fjernes, naar Glødheden er forsvunden, d. v. s. efter ca. 10—15 Sekunder. Frémont siger (l. c. S. 102), at Trykket bør holdes mindst 30 Sek. Bach mener, at det længere varende Tryk kun har Betydning, naar Pladerne have Tilbøjelighed til at fjedre sig fra hinanden.

Pladekanten; naar Skævheden ikke er alt for stor, har Fejlen ingen videre Betydning. 2 viser den almindelige Fejl, der foraarsages af den lille Forsænkning, naar Hullet ikke er forsænket dybt nok; en fuldkommen Nøjagtighed er her meget vanskelig at opnaa, og dette har været den

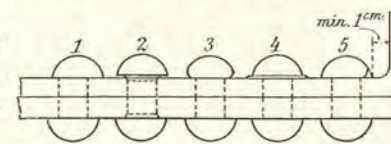


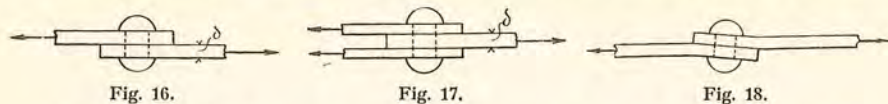
Fig. 15.

væsentligste Grund til at opgive denne Nitteform (som ovenfor omtalt). Ved 3 har der været for lidt Materiale til at faa Hovedet fuldt, ved 4 for meget Materiale, saa Skægget bag efter maa mejsles af. Ved 5 er Hovedet ikke bleven fuldt i den ene Side; denne Fejl forekommer let, naar Nitten sidder tæt op ad en fremstaaende Flange, som antydnet i Figuren, hvorved der ikke bliver Plads til at dreje Knapmageren tilstrækkeligt til den Side. Nitterne 2, 3 og 5 bør ubetinget kasseres.

Ved Projekteringen af en Jærnkonstruktion maa man selvfølgelig have sin Opmærksomhed henvendt paa, at det maa være muligt at komme til at nitte; der maa altsaa paa den ene Side være Plads til at slaa til og til at dreje Knapmageren i alle Retninger (Nitte 5 i Fig. 15), og paa begge Sider maa der mindst være 1 cm fri Plads uden om Nittehovedet, for at man kan faa Værktøjet anbragt.

§ 4. Grundlag for Beregningen af Nitteforbindelser. a. Omstændigheder, der spille en Rolle for de enkelte Nitters Styrke. Naar man anstiller et Brudforsøg med en Nitteforbindelse, og det er Nitterne selv, ikke de sammennittede Plader, der brydes, vil Bruddet i Almindelighed foregaa som en Overklipping (Forskydning). I Fig. 16 er vist en 1-Snits Nitte, for hvilken Bruddet kan indtræde ved Overklipping af kun ét Nittetværsnit; ved den 2-Snits Nitte i Fig. 17 kræves derimod Overklipping af to Tværsnit. Paa lignende Maade kan man have Paavirkning i 3, 4 og flere Snit, men sjældnere. Naar vi foreløbig kun tænke paa Nittens Modstand mod Forskydning, er det naturligt at antage en 2-Snits Nitte netop dobbelt saa stærk som en 1-Snits, og saaledes regner man da ogsaa sædvanligt ved Jærnkonstruktioner. Ganske vist vil der ved en 1-Snits Nitning fremkomme en

Bøjning, men dels vil det bøjende Moment blive stærkt formindsket paa Grund af Formforandringen (se Fig. 18) og i



Brudøjeblikket ofte være helt forsvundet, dels vil denne Bøjning egentlig paavirke Pladerne mere end selve Nitterne*). Paa den anden Side kan man ved en 2-Snits Nitte næppe antage, at Kraften fordeler sig nøjagtigt ens over de to Snit, eller at disse ere nøjagtigt lige stærke**). De aller fleste

*) Virkningen paa Nitterne vil navnlig vise sig derved, at Hovederne kunne sprænges af, idet Bøjningen (se Fig. 18) fremkalder et Træk paalangs i Nitterne. Kennedy fandt, at en Tilvæxt til Nittehovedernes Vægt med $\frac{1}{2}$ forøgede 1-Snits Nitters Forskydningsmodstand med $8\frac{1}{2}\%$ (se Stoney: »Riveted joints«, S. 48, »Engineering« 1885 II, S. 44), saa Nittehovedernes Størrelse (og Form) i dette Tilfælde spiller en betydelig Rolle. — Selv om man tager Formforandringen med i Betragtning, finder man Pladerne meget stærkt paavirkede af Bøjningen (se en Beregning af Barkhausen i Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553), navnlig i Tilfælde af en kort Plade som f. Ex. Laskepladen i Fig. 19;

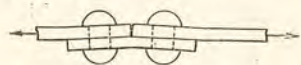


Fig. 19.

Spændingen naar i praktisk forekommende Exempler let op til Flydegrænsen. Naar denne (ved Brudforsøg) overskrides, bliver Formforandringen imidlertid saa stor, at Brudbelastningen ikke paavirkes væsentligt af Bøjningen. Tetmajer slutter af sine Forsøg med Forbindelser som i Fig. 18 og 19, at Tabet i Styrke paa Grund af Bøjningen ikke er større end den med Gennemhulningen følgende Gevinst.

**) Forsøg af Engesser (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 399) med 15 mm Nitter (Bolte) i 10 à 12 mm tykke Plader (kun én Nitte i hver Forbindelse) have givet følgende Brudbelastninger (hvert Tal er Middeltal af 3 Enkeltforsøg):

	1-Snits	2-Snits
Almindelig varm Nitning	3800 kg/cm ² ,	3550 kg/cm ² ,
Kold Nitning	3840 > ,	3500 > ,
Afdrejet Skruebolt	3160 > ,	3180 > .

De 1-Snits-Nitninger ere altsaa her 7—10 % stærkere end de 2-Snits, hvorimod 1- og 2-Snits Skruebolte ere lige stærke. Lignende Resultater kendes fra andre Forsøg. Forskellen kan her ikke hidrøre fra uensformig Fordeling af Kraften over de to Snit, da den i saa Fald ogsaa maatte have vist sig for Boltene.

Forsøg have imidlertid pr. Arealenhed givet omtrent samme Modstand mod Forskydning for 1- og 2-Snits Nitter, saa der er næppe nogen Grund til at gøre Forskel paa dem i saa Henseende. En anden Sag er det, at man altid saa vidt muligt bør undgaa en énsidig Nitning af Hensyn til Bøjningen. — Ved Paavirkning i flere Snit maa man helst være saa forsigtig at regne med en noget mindre Forskydningspaavirkning end normalt, idet en ganske ensformig Fordeling af Kraften over de forskellige Snit her er noget mindre sandsynlig end ved 2-Snits Nitter.

Nitternes Modstand mod Overklipping viser sig ogsaa ved de forskellige Forsøg at afhænge noget af, om der er faa eller mange Nitter i Forbindelsen (om Nitterne sidde i én eller flere Rækker); i sidste Tilfælde fordeler Kraften sig næppe ensformigt over alle Nitterne, og nogle af dem blive derfor tidligere overbelastede. — Endvidere have vi ovenfor set, at ogsaa Hullernes Fremstillingsmaade og navnlig Hulrandenes Beskaffenhed har Indflydelse paa Nitternes Styrke. Dog ere disse forskellige Afvigelser ikke stort større end dem, der hidrøre fra Variationer i Nitematerialets Kvalitet, saa man plejer ikke at tage Hensyn til dem.

Hovedresultatet af Forsøgene angaaende Nitternes Modstand mod Overklipping er, at den kan regnes lig Nitematerialets Forskydnings-Brudgrænse. Dette Resultat er ikke uden videre selvfølgelig; paa Forhaand maatte man snarere vente, at den store Længdespænding i Nitteskafte (hvorom nedenfor) vilde medføre en noget mindre Modstand mod Forskydning. Imidlertid maa man dels antage, at Længdespændingen i Brudøjeblikket er noget mindre end oprindelig, idet der forud for Bruddet foregaar en Glidning i Forbindelsen, og dels synes det, som om Nitematerialet vinder i Styrke ved den Behandling, det underkastes under Nitningen*). — Man kan derfor uden Betænkelighed regne

Engessers Forklaring gaar ud paa, at Nitteskafte stukkes kraftigst nærmest ved Knappen, hvorved baade Materialet bliver tættere og Hullet bedre udfyldt i det ene Snit end i det andet. Desuden fremgaar det af Forsøgene, hvad ogsaa er bekendt andet Steds fra, at Nitter ere ikke ubetydeligt stærkere end afdrejede Skruebolte.

*) Frémont har undersøgt dette Forhold (Étude expérimentale du rivetage, Paris 1906, S. 104—08) for 11 forskellige Jærnsorter paa

den tilladelige Forskydningspaavirkning paa Nitterne r_f lig 0,8 Gange den tilladelige Trækspænding r i de sammennittede Konstruktionsdele, og denne Værdi ville vi benytte i det følgende. Undertiden gaar man højere op med r_f , i enkelte Tilfælde kan man endog finde, at der regnes med $r_f = r$.

Imidlertid kan der blive Spørgsmaal, om det overhovedet er Nitternes Forskydningsmodstand, man skal regne med,

følgende Maade: af hvert Materiale udtoges Prøvestykker, der underkastedes baade Træk- og statiske og dynamiske Bøjeprøver (med indkærvede Prøvestykker), dels 1) i den oprindelige Tilstand, dels 2) efter Opvarmning til den sædvanlige Nittetemperatur med paafølgende Afkøling, men uden mekanisk Behandling, og endelig 3) efter Opvarmning og Nitning (med Maskine); efter Afkøling toges Nitterne ud, og der udarbejdedes Prøvestykker af dem. Nogle af Resultaterne ere:

Materiale	Trækforsøg			Bøjning Brudarbejde ved Slød, kgm	
	Flydegr. kg/mm ²	Brudgr. kg/mm ²	Kon- traktion %		
Svensk Svejsjærn	1. oprindelig	21,7	33,6	55	17
	2. efter Varmning.	21,7	33,6	49	17
	3. efter Nitning...	32,2	43,4	54	18
Extra Blødt Staal	1. oprindelig	27,3	35,7	65	22
	2. efter Varmning.	21,7	35,0	63	26
	3. efter Nitning...	30,0	43,4	66	24
Alm. Blødt Staal	1. oprindelig	28,0	45,5	62	6
	2. efter Varmning.	30,8	42,7	61	2
	3. efter Nitning...	39,2	55,3	59	10
Nikkel-Staal (3 %))	1. oprindelig	35,0	44,1	63	22
	2. efter Varmning.	28,35	42,0	65	19
	3. efter Nitning...	44,8	57,4	62	27

Forandringen i Materialets Kvalitet er tydeligt nok en Forbedring; de to sidste Kolonner vise, at Tilvæksten i Styrke ikke er ledsaget af nogen Formindskelse i Sejghed eller Paalidelighed og altsaa ikke skyldes et Hærdningsfænomen. Aarsagen er snarere den med Afkølingen følgende Strækning (analog med kold Valsning o. l.).

og ikke snarere Friktionen mellem de sammennittede Stykker. Ved almindelig varm Nitning foregaar der nemlig en Sammentrækning af Nitteskraftet under Afkølingen; derved presses først Stykkerne sammen, saa Mellemrummene forsvinde, men der bliver dog en betydelig Længdespænding*) tilbage i Nitteskraftet, hvorved Stykkerne stadig holdes trykkede fast mod hinanden. Den derved fremkaldte Modstand mod Glidning af de sammennittede Stykker paa hinanden kan blive meget betydelig, og vil for en godt udført Nitning i alt Fald være saa stor, at der ikke indtræder nogen Glidning ved de Paavirkninger, man sædvanligt i Praxis udsætter Nitterne for.

Friktionens Størrelse angives i Forhold til Nittetværsnittet; for en 1-Snits Nitte er den altsaa $P: \frac{1}{4} \pi d^2$, for en 2-Snits Nitte $P: (2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2)$, naar P betegner den Kraft, der frembringer Glidning. Som Resultat af de mange Forsøg over Friktionen

*) Længdespændingens Størrelse afhænger naturligvis først og fremmest af Temperaturdifferensen mellem Nitten og det omgivende Jærn i det Øjeblik, Nitten er færdig, men der er saa mange andre Omstændigheder, der ogsaa spille en Rolle, som Nitteskraftets Længde, Fugernes Antal, Pladernes Fjederkraft osv., at man aldeles ikke vilde kunne beregne Spændingen, selv om man kendte Temperaturdifferensen. Det kan dog være af Interesse at lægge Mærke til, at hvis Nitteskraftets Sammentrækning var fuldstændig hindret, vilde en Temperaturdifferens paa blot 100° C. fremkalde en Spænding, der naaede op til Flydegrænsen (Spændingen $\sigma = E\epsilon = 2\,000\,000 \cdot 0,000012 \cdot 100 = 2400 \text{ kg/cm}^2$). — Længdespændingen i Nitten kan heller ikke findes af Friktionen, hvis dennes Størrelse kendes fra direkte Maalinger, da man ikke er i Stand til at angive en for disse specielle Forhold passende Friktionskoefficient. Ved direkte Maalinger har Dupuy (Ann. d. ponts et chaussées 1895 I, S. 35—37) fundet Længdespændingen i 25 mm Nitte gennem to 17 mm Plader varierende mellem 11,6 og 27,6 kg/m.m². Bach fandt (Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1890), at Længdespændingen, naar de sammennittede Plader berørte hinanden tæt, uden Tendens til Fjedring, var uafhængig af Nittetrykket (i Nittemaskinen) eller endog aftog, naar Trykket blev større end nødvendigt (se ovenfor, Noten S. 22); endvidere at Længdespændingen i korte Nitte (< 3 d) var mindre end i lange, rimeligvis som Følge af de i Nittehovederne foregaende Formforandringer, men for en Længde $\geq 3d$ voxede Længdespændingen ikke yderligere; i Almindelighed naaede den nær op til Flydegrænsen.

kan angives, at den gennemsnitlig for god Haandnitning beløber sig til 500—1000 kg/cm²; for god Maskinnitning (d. v. s. naar Trykket holdes vedlige, indtil Nitten er bleven sort) kan den naa op til det dobbelte af denne Værdi, men hvis man lader Trykket høre op med at virke, saasnart Nitningen er udført, kan den til Gengæld gaa helt ned til kun 100—200 kg/cm²; Nitning med Lufthammer indtager en Mellemstilling. Friktionen er altsaa overordentlig variabel, og mange forskellige Omstændigheder have Indflydelse paa den*), saaledes Beskaffenheden af de sammennittede Stykkers

*) Af nyere Forsøg henvises særlig til: Considère (Ann. des ponts et chaussées, 1886 I, S. 98 o. f., hvor ogsaa de fleste ældre Forsøg opregnes) og Bach (»Abhandlungen und Berichte« 1897, S. 142, 220 og 228). Andre Forsøg findes i Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 739 og 768 og 1889, S. 399, i Ann. des ponts et chaussées 1895 I, S. 9 o. f. og i »Dritter Bericht über Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen«, anstillede for Verein deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken (af Rudeloff), Berlin 1912. De væsentligste af Considères Resultater ere: af de forskellige Fremstillingsmaader for Hullerne giver Lokning, naar Lokke-Graterne vendes mod hinanden, størst Friktion, og denne voxer med aftagende Nittetemperatur ned til 6—700°, naar Nitningen da ogsaa ved de lave Temperaturer bliver godt udført (i Praxis er det umuligt at gaa saa langt ned med Temperaturen, selv ved Maskinnitning, uden at risikere daarligt Arbejde); naar en Glidning én Gang er fremkommen, gaar Friktionens Værdi meget hurtigt nedad ved skiftende Paa-virkninger. Bach fandt, at Friktionen aftager ved aftagende Skaft-

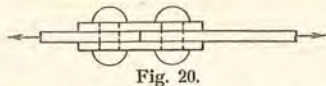


Fig. 20.

længde (korte, forsænkede Nitter blive derfor let løse); men ifølge hans nyeste Forsøg (1912, se ovenfor) dog kun, naar Længden er mindre end ca. 3*d*; Forbindelser med flere Nitterækker give mindre Friktion end med kun én Nitterække, fordi Kraften ikke fordeler sig ensformigt over Nitterne; en Forbindelse med dobbelte Laskeplader (Fig. 20) giver mindre Friktion end en simpel Overdækning (Fig. 16 og 18), fordi Pladerne i Fig. 18 presses imod hinanden paa Grund af Bøjningen, og fordi de to Midterplader i Fig. 20 næppe ere nøjagtigt lige tykke; ogsaa de ovenfor angivne Resultater angaaende Efterstemning af Nitterne hidrøre fra Bach. — Ved Rudeloff's Forsøg (1912) med to og tre 2-Snits Nitter i Forbindelsen fandtes i de fleste Tilfælde en meget ringe Friktion, idet den første Glidning indtraadte ved følgende Gennemsnitsværdier:

Overflader, Nittetemperaturen, Nittens Skaftlængde, Nitterantallet i Forbindelsen og endelig naturligvis den større eller mindre Omhu, hvormed Nitningen udføres, hvilket bl. a. tydeligt fremgaar af de ovenfor anførte Resultater for Maskinnitning. Friktionen kan forøges en Del, naar man stemmer rundt langs Nittehovedet (ogsaa langs Pladekanterne, men dette har ingen Betydning for almindelige Jærnkonstruktioner). Sædvanligvis forbyder man en saadan Efterstemning af løse Nitter, og dette er ogsaa rigtigt, da saadanne strax bør erstattes med nye; men paa Steder, hvor det er vanskeligt at komme til og Nitten derfor let bliver ikke helt paalidelig, kan man med Fordel gøre Brug af en Efterstemning.

Det er overmaade vigtigt at opnaa en stor Modstand mod Glidning i Forbindelserne, da Nitterne saa vanskeligere blive løse og Vedligeholdelsen altsaa bliver billigere; men til syvende og sidst afhænger et Brud, som vi have set, dog kun af Forskydningsmodstanden. Ved Dampkedler, hvor Tætheden er en væsentlig Faktor, kan der være Grund til ved Dimensioneringen af Forbindelserne at gaa ud fra Friktionen, men ved Jærnkonstruktioner regner man altid med Forskydningsmodstanden*). Ganske vist er den Kraft, man herefter lader den enkelte Nitte overføre (tilladelig Forskydningspaavirkning lig 0,8 Gange tilladelig Trækpaavirkning) sædvanligvis (men langtfra altid) mindre end Friktionens gennemsnitlige Beløb,

Haandnitning	{ 3 Nitter i Forb.	615 kg/cm ²
	{ 2 » i »	255 »
Nitning med Lufthammer.	{ 3 » i »	650 »
	{ 2 » i »	420 »
do. do. Maskine (Presse)	{ 3 » i »	870 »
	{ 2 » i »	805 »

Derimod var Brudbelastningen (Bruddet foregik ved Overklipping af Nitterne) meget regelmæssigt 28—3000 kg/cm², ret uafhængig af Nittemaaden. Den forskellige Overfladebehandling (om blot fernisseret eller baade fernisseret og malet) havde ingen Indflydelse paa Friktionen.

*) Det er dog undertiden foreslaaet, at man skulde gaa ud fra Friktionen ogsaa ved Kraftnitninger, saaledes af Magnell (Teknisk Tidsskrift, Afd. f. Væg- og Vattenbyggnadskonst, 1912, Hefte 10); se ogsaa en Art. af Forssell samme Steds, Hefte 12.

saa Nitterne under normale Forhold slet ikke blive paavirkede til Forskydning; men dels er Friktionens Størrelse allerede strax efter Nitningen mindre paalidelig, dels kan den formindskes i Tidens Løb (ved regelmæssigt tilbagevendende Revisioner opdages faktisk en Del løse Nitter). Det er derfor naturligt, at man holder sig til Forskydningsspændingen og derigennem skaffer sig en virkelig Sikkerhed mod Brud.

Der er endnu en Omstændighed, hvoraf den enkelte Nittes Styrke afhænger, nemlig Trykket paa Hulranden. Dettes Størrelse angives altid pr. Arealenhed af Hullets Diametralsnit (altsaa $P: (d\delta)$, idet P er Kraften paa Nitten, d Nittediametren, δ Pladetykkelsen). Den tilladelige Værdi s af dette Tryk regnes gerne til 1,5 à 2,0 Gange den tilladelige Paavirkning til Træk. Hvis Trykket bliver for stort, faar man Hullerne trukne ovale og Pladerandene stukkede, hvorved Nittehovederne kunne sprænges af; dette er den naturligste Forklaring af, at man overhovedet sætter en Grænse for Trykkets Størrelse, men forøvrigt er Forholdet ikke fuldt opklaret*). At man tør regne det tilladelige Tryk saa højt som angivet, hænger sammen med det bekendte Fænomen, at et Legeme kan taale et desto højere Tryk, jo vanskeligere det kan vige ud til Siden, og de forholdsvis meget faa Forsøg, der tage direkte Sigte paa at opklare Betydningen af Trykkets Størrelse for Nittens Styrke, tyde ogsaa paa, at der ingen Fare er, før Trykket naar op til henved den dobbelte Træk-Brudgrænse eller mere.

*) Engesser (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 399 o. f.) fik ved et Par enkelte Forsøg netop Brud ved Afsprængning af Hovederne, men først ved meget store Tryk paa Hulranden; f. Ex. for en 2-Snits 10 mm Nitte i 5 mm Plader var Trykket i Brudøjeblikket 16400 kg/cm², Forskydningen 5200 kg/cm²; han slutter, at det i alt Fald er sikkert at holde Trykket mindre end 2,5 Gange den tilladelige Forskydningspaavirkning. — Kennedy (Engineering, 1885 II, S. 44) finder, at naar Trykket paa Hulranden naar op til 79 à 8700 kg/cm², synes Nittens Modstand mod Overklipping at gaa ned til 20—25 % under den normale Værdi, og han mener, at Trykket i alt Fald ikke bør overskride ca. 6500 kg/cm². — Af Gerber's Forsøg udleder Tetmajer 2500 kg/cm² som højeste Grænse for det tilladelige Tryk (se Tetmajer: »Angewandte Elasticitäts- u. Festigkeits-Lehre«, Zürich 1889, S. 205).

I Praxis maa det vel nu siges at være almindeligst*) at regne det tilladelige Tryk paa Hulranden s lig 2 Gange den tilladelige Forskydningspaavirkning r_f paa Nitterne, saa dette ville vi ogsaa gøre i det følgende, skønt man derved snarest er lidt for meget paa den sikre Side.

Under denne Forudsætning ($s = 2r_f$) bliver Betingelsen for, at Forskydning og Tryk paa Hulranden ere lige farlige:

$$\left. \begin{array}{l} \text{for 1-Snits Nitter (Fig. 16): } \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot r_f = d\delta \cdot s, \quad d = 2,5\delta \\ \text{» 2- » » (Fig. 17): } 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot r_f = d\delta \cdot s, \quad d = 1,25\delta. \end{array} \right\} (1)$$

Med de almindeligt anvendte Nittediametre skal man herefter kun regne med:

$$d = 16, 20, 23, 26 \text{ mm,}$$

Tryk p. Hulr. for 1-Snits Nitter, hvis $\delta \geq 6,4, 8,0, 9,2, 10,4 \text{ mm,}$
Forskydning for 2-Snits Nitter, hvis $\delta \geq 12,8, 16,0, 18,4, 20,8 \text{ mm,}$

og da Pladetykkelsen δ i Reglen ligger mellem disse to Grænseværdier, bliver det for 1-Snits Nitter næsten altid Forskydningen, for 2-Snits Nitter derimod Trykket paa Hulranden, der er farligst.

b. Omstændigheder, der spille en Rolle for hele Forbindelsens Styrke. Her er det baade Stængernes og Nitternes Styrke, hvorpaa det kommer an; vi ville undersøge hvert af disse Hensyn for sig.

Stængerne. Dimensioneringen af Træk- og Trykstænger er i og for sig bekendt, men der er her den nye Omstændighed at tage i Betragtning, at Tværsnittet svækkes ved Nittehullerne. Der ses altid bort fra den Tilvæxt til Styrken pr. Arealenhed, der følger med Gennemhulningen, og da Lokning uden paafølgende Oprivning ikke bør anvendes i egentlige Jærnkonstruktioner, undtagen hvor Styrken ingen Rolle spiller, behøver man til Gengæld heller ikke at regne med mindre Paavirkning end den sædvanlige. Svækkelsen af Tværsnittet ved Nittehuller vil altsaa kun sige en Formindskelse af Tværsnitsarealet**). Man skelner mellem det fulde Tværsnit F_{fuldt} og det nyttige Tværsnit F_{nytt} . og har:

$$F_{nytt} = F_{fuldt} - n \cdot d\delta, \quad (2)$$

*) Saaledes f. Ex. hyppigst i Nordamerika; foreskrevet for de preussiske Statsbaner 1903. Efter den østrigske Forskrift (1904) er s lidt større end $2r_f$.

***) Saaledes regner man altid, men i Virkeligheden fremkalder Hullernes Tilstedeværelse en helt anden Spændingsfordeling i

hvor n betegner Antallet af Nittehuller i det betragtede Normalsnit*). Fradraget i et bestemt Normalsnit maa dog ikke blot beregnes efter det Antal Nitter, der mathematisk talt sidde i Snittet; ogsaa de Nittehuller, hvis Afstand fra Snittet er $< 1,5 d$, maa fradrages. Ved forsænkede Nitter er Fradraget 20 % større end ved uforsænkede.

I Trækstænger, hvis Dimensioner bestemmes alene ved Arealet, fradrages Nittehullerne altid. Naar Stangens Spænding er S , den tilladelige Paavirkning r , maa man altsaa vælge Dimensionerne saaledes, at

$$F_{\text{nytt.}} \geq F_{\text{nød.}}, \quad \text{idet } F_{\text{nød.}} = \frac{S}{r}. \quad (3)$$

For Trykstænger bestemme vi Dimensionerne paa følgende Maade: i de Punkter af Stangen, der ere fastholdte, saa der ingen Udbøjning kan finde Sted, er det kun Arealet, det kommer an paa, her maa Spændingen naa op til samme Værdi r som i en Trækstang; udenfor disse Punkter maa ogsaa Stivhedshensynet ske Fyldest, d. v. s. der skal regnes med Søjleformlerne, og idet vi benytte Johnson-Parablen for korte Søjler, sættes det heri indgaaende r_0 for Blødt Staal lig $0,8 r$; i Euler-Formlen, som benyttes for lange Søjler, indgaaer Paavirkningen som bekendt slet ikke.

Naar Arealet alene er bestemmende, vilde det overhovedet ikke være nødvendigt at fradrage Nittehullerne, hvis de udfyldtes fuldstændigt af Nitterne; dette kan man dog ikke regne paa**), og man bør derfor ganske som ved

det svækkede Tværsnit, saaledes at Spændingen lige ved Hullet bliver (ifølge Forsøg af Preuss, Mitt. über Forschungsarbeiten etc. Heft 126) 2,1—2,3 Gange saa stor som ved ensformig Fordeling over Tværsnittet. Se ogsaa Engineering for 28. Marts 1913, Forsøg af Coker og Scoble.

*) I Nordamerika er det Praxis ved Beregningen af det nyttige Tværsnit at regne Nittehullets Diameter $\frac{1}{8}$ " (ca. 3 mm) større end den nominelle Nittediameter. I Tyskland er Reglen, at »Nittediametren« betyder Diametren af det færdige Hul (se Note**), S. 13).

**) Ved Haandnitning vil Nitten næsten altid, naar Skafllængden da ikke er særlig lille, have $\frac{1}{2}$ —1 mm mindre Diameter end Hullet i Nærheden af »Hovedet«. Selv ved hydraulisk Nitning under rigeligt Tryk fandt Dupuy, at der aldrig var Vandtæthed, naar Nittehovederne fjernedes, og Frémont har vist, at selv et ganske glat Hul kun blev udfyldt fuldstændigt paa ca. 35 mm nærmest ved Knappen (Étude expérimentale du rivetage, S. 66).

Trækstænger gøre fuldt Afdrag for Nittehuller, altsaa regne efter (3). Nogle gøre dog slet intet Afdrag, andre f. Ex. kun halvt. — Naar det derimod er Stivhedshensynet, der gør sig gældende, kan man ifølge Tetmajer*) se bort fra Svækkelsen ved Nittehuller, saa længe det samlede Areal af Hullerne i ét Normalsnit udgør mindre end 12 % af det fulde Areal. Man maa lægge Mærke til, at den Svækkelse, der her er Tale om, kun hidrører fra Nittehullerne ude paa den frie Stang, ikke lige ved Knudepunkterne (paa dette sidste Sted er Svækkelsen i Almindelighed større). Herved kommer man til følgende Formler:

for smaa Længder ($\frac{1}{3} \zeta l^2 \leq F_0$):

$$F_0 = \frac{S}{r_0}, \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{\text{fuldt}} \geq F_0 + \frac{1}{3} \zeta l^2, \text{ hvis } nd\delta < 0,12 F_{\text{fuldt}}, \\ r_0 = 0,8r, \quad F_{\text{nytt.}} \geq F_0 + \frac{1}{3} \zeta l^2, \text{ hvis } nd\delta \geq 0,12 F_{\text{fuldt}}, \end{array} \right. \quad (4)$$

idet F er udtrykt i cm^2 , l i Meter; Koefficienten ζ beregnes ved: $\zeta = \frac{(F_{\text{fuldt}})^2}{I_{\text{fuldt}}}$;

for store Længder ($\frac{1}{3} \zeta l^2 > F_0$):

$$\left. \begin{array}{l} I_{\text{nød.}} = \text{nød. Inertimoment efter Eulerformlen} = \frac{1}{2} m S l^2, \\ \text{hvor } I \text{ er udtrykt i } \text{cm}^4, S \text{ i Tons, } l \text{ i Meter, og } m \text{ be-} \\ \text{tegner Sikkerhedsgraden (for Blødt Staal } m = \frac{3500}{r}), \\ \text{og } I_{\text{fuldt}} \geq I_{\text{nød.}}, \text{ hvis } nd\delta < 0,12 F_{\text{fuldt}}, \\ I_{\text{nytt.}} \geq I_{\text{nød.}}, \text{ hvis } nd\delta \geq 0,12 F_{\text{fuldt}}. \end{array} \right\} \quad (5)$$

I_{fuldt} og $I_{\text{nytt.}}$ betegne det fulde og det nyttige Inertimoment af Stangens Tværsnit ($I_{\text{nytt.}} = I_{\text{fuldt}} - \text{Inertimomentet af Hullernes Diametralsnit}$).

I alle Tilfælde (undtagen som nævnt ved Stivhedsbereg-

*) »Die Gesetze der Knickungs- und der zusammengesetzten Druckfestigkeit der technisch wichtigsten Baustoffe«, Zürich 1901, S. 144.

**) Egentlig skulde man, naar Nittefradraget er $< 12\%$, sætte:

$$F_{\text{nød.}} = \frac{S}{r}, \quad F_0 = \frac{S}{r_0}, \quad \text{og baade } F_{\text{nytt.}} \geq F_{\text{nød.}} \text{ (nemlig tæt ved}$$

Knudepunkterne) og $F_{\text{fuldt}} \geq F_0 + \frac{1}{3} \zeta l^2$ (ude paa den frie Stang). Men den første af disse to Betingelser vil i Virkeligheden altid være opfyldt af sig selv, naar man sætter $r_0 = 0,8r$ ($F_{\text{nød.}} = 0,8 F_0$), selv om $F_{\text{nytt.}}$ tages som Stangens mest svækkede Tværsnit (ved Knudepunkterne), saa man behøver i Praxis kun at regne med (4).

ningen for Trykstænger) gælder det, at Svækkelsen ved en Forbindelse kun skal regnes at hidrøre fra Nitterne i første Række. I Fradraget $n \cdot d\delta$ skal n altsaa kun betegne Nitteantallet i første Række, selv om der er flere Nitter i en følgende Række. Grunden hertil er, at en

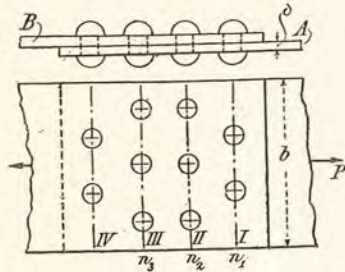


Fig. 21.

Del af Kraften er ført bort fra Stangen gennem 1^{ste} Nitterække, saa Tværsnittet gennem 2^{den} Nitte-række ikke skal kunne optage hele Kraften. Hvis der saaledes i Fig. 21 fordres 10 Nitter til at overføre hele Kraften P fra A til B , og hvis vi forudsætte, at Kraften fordeler sig ensformigt over alle Nitterne (hvorom nærmere nedenfor), skal Tværsnit I i A kunne passeres af hele Kraften, Tværsnit II kun af $\frac{8}{10}P$, III af $\frac{5}{10}P$ osv. — Har man mere almindeligt n_1 Nitter i 1^{ste} Række, n_2 i 2^{den}, n_3 i 3^{die} osv. og hele Nitteantallet lig p , og antages Kraften P ensformig fordelt over alle Nitterne, vil der gennem 1^{ste} Nitterække blive overført Kraften $\frac{n_1}{p}P$, gennem 2^{den} Nitterække Kraften $\frac{n_2}{p}P$, og for Stangen A 's Vedkommende kræves derfor de nyttige Bredder $b - n_1d$, $b - n_2d$. . . , der bestemmes af:

$$\text{i Tværsnit } I: (b - n_1d) \delta r = P,$$

$$\text{i } \gg \text{ II: } (b - n_2d) \delta r = P - \frac{n_1}{p}P,$$

$$\text{i } \gg \text{ III: } (b - n_3d) \delta r = P - \frac{n_1 + n_2}{p}P.$$

Ved Subtraktion af disse Udtryk findes:

$$n_2 - n_1 = \frac{n_1}{p} \frac{P}{d\delta r}, \quad n_3 - n_2 = \frac{n_2}{p} \frac{P}{d\delta r}, \quad (6)$$

og saa mange Nitter kan man sætte mere i 2^{den} end i 1^{ste} Række, i 3^{die} end i 2^{den} osv., uden at forøge Svækkelsen. Udtrykket (6) er uafhængigt af Forbindelsens Art (om 1- eller 2-Snits-Nitter).

For en 1-Snits-Forbindelse bestemmes den nødvendige Størrelse af p ved:

$$P = p \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{5} r, \quad \text{hvoraf } \frac{P}{pd\delta r} = \frac{\pi d}{5 \delta};$$

ved Indsættelse i (6) bliver da n_2 :

$$n_2 = n_1 \left(1 + \frac{\pi d}{5 \delta} \right) \quad \text{eller med } d \geq 1,6\delta: \quad n_2 \geq 2 n_1. \quad (7)$$

Betingelsen $d \geq 1,6\delta$ vil saa godt som altid være opfyldt i Praxis.

Ved en 2-Snits Forbindelse skal man i Almindelighed regne med Tryk paa Hulranden, saaledes at p bestemmes af (med $s = 2r_f = 1,6r$):

$$P = p \cdot d\delta \cdot 1,6r, \quad \frac{P}{pd\delta r} = 1,6$$

$$\text{hvorved (6) giver: } n_2 = n_1 + 1,6 n_1 = 2,6 n_1, \quad (7a)$$

altsaa n_2 større end efter (7). — Mellem n_3 og n_2 finder man ganske de samme Relationer, og man kan derfor benytte følgende almindelige Regel: naar $d \geq 1,6\delta$ kan der altid sættes dobbelt saa mange Nitter i en Række som i den foregaaende, uden at Svækkelsen derved forøges.

Nitterne i Forbindelsen. Indgaar der flere Nitter i en Forbindelse, regner man gerne med, at Kraften fordeles sig ensformigt over dem alle. — Saa længe Friktionen ikke er overvunden, er det dog let at indse, at dette ikke kan være rigtigt. I Fig. 22, hvor to Stkr. Fladjærn ere forbundne ved 3 Nitter, skulde hver af disse efter den nævnte Regel overføre $\frac{1}{3}$ af Kraften, og i saa Fald vilde Kraftfordelingen blive som vist i den øverste af de to Projektioner, der fremstille Forbindelsen set fra Kanten. Paa Strækningen I vilde Kraften i det øverste Fladjærn altsaa være dobbelt saa stor som i det

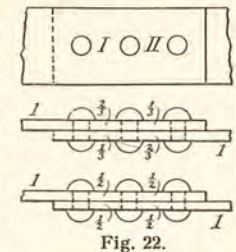


Fig. 22.

nederste, og naar de have samme Tværsnit, vilde ogsaa det øverstes Forlængelse blive dobbelt saa stor som det nederstes; det omvendte vilde være Tilfældet paa Strækningen II . Saadanne Forlængelser af forskellig Størrelse kunne imidlertid ikke fremkomme, uden at der foregaar en Glidning, og paa den anden Side vil under normale Forhold Friktionen være mere end tilstrækkelig til at hindre enhver Glidning. — Tænk man sig dernæst, at der paa Grund af Friktionen ikke kan fremkomme nogen som helst Længdedifferens mellem de to Stkr. Fladjærn, faar man

den nederst i Fig. 22 viste Kraftfordeling, hvorved den midterste Nitte bliver ganske uvirksom, og selv om der fandtes flere end de 3 Nitter paa Rad, vilde det efter denne Betragtning kun blive de to yderste, der paavirkedes. Nu kan Friktionen naturligvis kun hindre en Bevægelse i selve Berøringsfladen; fjerner man sig lidt fra denne, er der (navnlig ved en 1-Snits Nitning som i Fig 22) intet i Vejen for, at der kan indstille sig en noget forskellig Længde af Fibrene i de to Fladjærn paa Grund af Bøjninger indenfor Forbindelsen. Kraftfordelingen bliver herved sandsynligvis noget gunstigere end den, der er vist nederst i Fig. 22, men Resultatet er dog, at saalænge Friktionen ikke er overvunden, kan Kraften umuligt fordele sig helt ensformigt over Nitterne.*)

Naar man dernæst tænker sig, at en Glidning har fundet Sted, — som ovenfor udviklet afhænger Sikkerheden jo til syvende og sidst ikke af Friktionen, — saa foregaar Kraftoverførelsen nu derved, at Nitteskraften lægger sig an mod Hulranden, og da man vel aldrig kan forudsætte ganske ens Forhold i saa Henseende ved alle Nitterne i Forbindelsen, bliver Kraftfordelingen til at begynde med let lidt tilfældig. Efterhaanden som Nitterne trykkes fastere ind mod Hulrandene, maa man dog antage, at Forskellen udjævnes,**) idet

*) Dette bekræftes bl. a. ved Forsøg af Bach (»Abhandlungen und Berichte«, Stuttgart 1897, S. 152) med en Forbindelse som i Fig. 22, blot med 6 Nitter paa Rad i Stedet for 3. En Glidning indtraadte først ved de to yderste Nitter for 6000 kg Belastning, derefter ved de to næstyderste for 8000 kg og endelig ved de to inderste for 11000 kg Belastning. Ligeledes ved Forsøg af Magnell (Teknisk Tidsskrift, Afd. f. Væg- og Vattenbyggnadskonst 1912, Hefte 10, hvoraf man ogsaa faar interessante Oplysninger om Friktionens Fordeling omkring en Nitte.

**) Forudsætter man, at alle Nitter i Forbindelsen passe nøjagtigt ens i Hullerne, er Kraftfordelingen bestemt af Elasticitetsforholdene, idet Forskellen mellem to vilkaarlige Nitters Nedbøjninger maa være lig Længdeforandringen af det mellemliggende Stykke af Stangen (tænkes Nitterne uendelig stive, altsaa deres Bøjninger lig Nul, kommer man for Forbindelsen i Fig. 22 ogsaa ad denne Vej til, at de yderste Nitter overføre hele Kraften, medens den midterste Nitte — eller ved flere end 3 Nitter: alle Mellem-Nitterne — er upaavirket). Med dette Udgangspunkt har Ar-novlević gennemført nogle theoretiske Undersøgelser af Nitte-

baade Nitterne bøjes og Hulrandene deformeres, og naar man nærmer sig til Bruddet, er det i og for sig sandsynligt, at Reglen om ensformig Fordeling maa give tilnærmelsesvis rigtige Resultater. Dette bekræftes ogsaa af alle de talrige Brudforsøg,*) der i Tidens Løb ere anstillede, og man regner derfor faktisk med den ensformige Fordeling; da denne Forudsætning dog ikke er ganske korrekt, bør man dels regne rigeligt (d. v. s. sætte en eller et Par Nitter mere, ved større Nitteantal indtil ca. 10 % mere, end beregnet), dels gøre, hvad man kan, for at befordre den ensformige Fordeling.

Hvis alle Nitterne i Forbindelsen overføre lige store Kræfter, kan man, som i Fig. 22 antydet, regne sig til Spændingerne (og Længdeændringerne) i Stængerne paa de forskellige Strækninger indenfor Forbindelsen, og det, man maa tilstræbe, er da at holde Længdeændringerne for de hinanden berørende Stænger saa nær som muligt ens indenfor samme Strækning. Har man opnaaet dette, er der ingen Grund til en uensformig Fordeling af Kraften, hverken før eller efter at Friktionen er overvunden. Hertil har man to Midler, nemlig at gøre

förbindelser (Oesterr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1908, Heft 34, og Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-wesen 1909, S. 89), hvorved han bl. a. kommer til, at Differensen mellem to konsekutive Nitters Paavirkning i alle Tilfælde bliver desto mindre, jo mindre Nitteantallet og Nitteafstanden er, og jo mindre stiv Nitten er; forreste Nitte bliver altid stærkest paavirket, og denne største Paavirkning bliver praktisk talt uforandret, naar Nitteantallet forøges ud over 5.

*) Exempelvis anføres blot, at Rudeloff (Dritter Bericht über Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen) for de ovenfor (Noten S. 28—29) omtalte Forbindelser med 2 og 3 Nitter fandt Brudgrænsen 28—3000 kg/cm² og for tre Rækker Forbindelser med 15 Nitter Middeltallene 2830, 3000 og 2930 kg/cm². I disse sidste Forbindelser vare Nitterne ordnede enten i Trekant-Form (5 Rækker med 1, 2, 3, 4, 5 Nitter i hver, Middeltal 2830 kg/cm²) eller som Rektangel (3 Rækker med 5 i hver, Middeltal 3000) eller som Parallelogram (3 Rækker med 5 i hver, Rækkerne skævt mod Kraftretningen, Middeltal 2930); Grupperingen af Nitterne ses saaledes kun at have haft ringe Indflydelse; det laveste Middeltal er ganske vist fundet for Trekant-Forbindelsen (med den længste Udstrækning i Kraftretningen), men baade det laveste og det højeste Enkelt-Resultat (2780 og 3060) fandtes ved en af Parallelogram-Forbindelserne.

Nittegruppen kort eller at variere Stængernes Tvær-
snit mellem Nitterne efter de Kræfter, der skulle optages.

Det mest ideale, saa længe det kun drejer sig om Kraft-
fordelingen, vilde være at sætte alle Nitterne i én Række
vinkelret paa Kraftretningen; hvis Kraften er ensformig for-
delt over Stængens Bredde, maa den saa nødvendigvis ogsaa
være det over Nitterne. En saadan Ordning lader sig nu
ikke gennemføre, dels af Pladshensyn, dels fordi man paa
den Maade vilde svække Stængerne altfor meget; man er
næsten altid nødt til at anbringe Nitterne i flere Rækker bag
hinanden, men jo kortere man gør Nittegruppen, des mindre
blive de skadelige Differenser mellem Længdeændringerne.
Man bør derfor altid holde Nittegruppens Udstrækning
i Kraftretningen saa lille som muligt; mere end 5



Fig. 23.

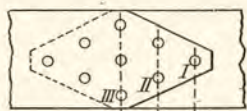


Fig. 24.

Nitter paa Rad burde der aldrig sættes, navnlig hvis
Nitterne ikke ere forsatte for hinanden.

Hvad dernæst en Variation af Stængernes Tvær-
snit angaar, er det klart, at der kun kan være Tale om at variere
Bredden (at udsmede til mindre Tykkelse vilde være altfor
dyrt og upraktisk); men alene dette vil ofte være fordelagtigt.
I Fig. 22 skulde saaledes det øverste Fladjærn paa Stræk-
ningen II helst kun have halvt saa stort Tvær-
snit, altsaa halv saa stor Bredde, som det nederste, og selv om man
ikke kan opnaa dette fuldtud, vil man dog ved at afskære
Enderne af Stængerne skraat som i Fig. 23 nærme sig der-
til; en saadan Modifikation af Forbindelsen er altsaa i alt
Fald et Fremskridt. — Idet man saaledes føres ind paa at
tilspidse Stængerne ved Enderne, ligger det ogsaa nær ved
Forbindelser med flere Nitter at »tilspidse Nittegruppen« som
i Fig. 24. Man opnaar herved at svække Stængerne saa lidt
som muligt (kun nogle faa, ofte kun 1 Nitte i forreste Række),
og samtidig kan Stængernes Bredde varieres betydeligt. Man
kan let beregne, hvorledes Bredden skal variere for at sikre
en ensformig Kraftfordeling; i Fig. 24 skal Tvær-
snit I i den

øverste Plade passerer af $\frac{1}{3}$ af hele Kraften, i nederste Plade
af hele Kraften; de nyttige Bredder skulle altsaa forholde
sig som 1:9; i Tvær-
snit II findes paa samme Maade For-
holdet 3:8, i III 6:6. Nøjagtigt kan man ikke holde sig
hertil, bl. a. fordi man i Reglen kun skærer af efter rette
Linier, men der kan dog altid opnaas en Del.

Hvor en saadan skraa Afskæring ikke kan gennemføres,
maa man nøjes med at formindske Nittegruppens Udstræk-
ning i Kraftretningen saa meget som muligt. Dette Tilfælde
indtræffer meget ofte, f. Ex. naar en Stang skal nittes til en
større Plade, der i Sammenligning med Stængen maa betrag-
tes som temmelig uelastisk. I saa Fald gør man bedst i
ikke at nøjes med en enkelt Nitte i forreste Række, skønt
Stængens Svækkelse derved bliver større.

§ 5. Dimensionering og praktiske Regler. Nittediametre-
n d vælges først og fremmest i Forhold til den
gennemsnitlige Pladetykkelse δ , i Almindelighed mellem
1,6 δ og 2 δ , saaledes at man kun ved tykkere Plader nærmer
sig til den lavere, medens man ved tyndere Plader bruger
den højere Grænse. Der angives ofte bestemte Formler for
Nittediametren, men for Jærnkonstruktioner have de ingen
videre Betydning; man bør nemlig i sin Konstruktion kun
bruge en enkelt eller dog kun nogle faa forskellige Nitte-
diametre og kan derfor alligevel ikke holde sig til Formlerne.

Som almindelig Praxis kan man regne, at
Nittediametren 16, 20, 23, 26 mm
kan benyttes ved en Gennem-

snits-Pladetykkelse 7—10, 8—12, 11—14, 13— mm.

Af Hensyn, der i 2^{den} Række kunne tages ved Valget af
Nittediametren, skal nævnes den samlede Tykkelse, hvor-
igennem der skal nittes, idet denne, som tidligere nævnt,
helst skal være mindre end 4 d , samt Bredden af den
Stang (Flange i et Profiljærn), hvori der skal nittes; denne
Bredde skal nemlig mindst være 3 d , hvorom nedenfor.

Nitteantallet n , der er nødvendigt til Overførelse af en
Kraft P , bestemmes ved følgende Ligninger, idet vi sætte:

tilladelig Forskydningspaavirkning paa Nitterne $r_f = \frac{1}{5} r$,

tilladeligt Tryk paa Hulranden $s = 2r_f = 1,6r$,

hvor r betegner den tilladelige Trækspænding:

for 1-Snits Nitter: $n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{8} r = P,$ (8)

» 2- » » $\begin{cases} n \cdot 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{8} r = P, & \text{for } d \leq 1,25\delta, & (9a) \\ n \cdot d\delta \cdot 1,6r = P, & \text{» } d > 1,25\delta. & (9b) \end{cases}$

For 1-Snits Nitter vil der med de angivne Forhold imellem de tilladelige Paavirkninger kun undtagelsesvis blive Tale om at regne med Tryk paa Hulranden (kun naar $d > 2,5\delta$), saa her er kun anført den ene Ligning (8). Af de to Ligninger (9) skal den bruges, der giver det største n ; som tidligere fundet, afgøres dette hurtigst ved at undersøge, om $d <$ eller $> 1,25\delta$; δ betegner Tykkelsen af den midterste Plade (eller Summen af de to udvendige Pladers Tykkelse, hvis denne Sum skulde være mindre, hvad dog sjældent vil forekomme).

Ofte (navnlig naar man benytter en variabel tilladelig Fiberpaavirkning r for Stængerne) formes Beregningen simplest saaledes: den Stang, der skal fastnittede, har et nødvendigt Areal F_n , givet ved

$$F_n = \frac{P}{r}, \text{ eller for Trykstænger: } F_o = \frac{P}{r_o}; \quad (10)$$

heraf findes det nødvendige 1-Snits Nitteareal g_n (d. v. s. det nødvendige samlede Tværsnitsareal af Nitterne under Forudsætning af, at de ere 1-Snits) ved

$$g_n = \frac{5}{4} F_n \text{ eller } g_n = F_o, \quad (11)$$

idet $r_o = \frac{1}{8} r$, og heraf igen det nødvendige Nitteantal n ved:

$$n = \frac{g_n}{\frac{1}{4} \pi d^2} \text{ eller } n = \frac{g_n}{2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2}, \quad (12a)$$

eftersom det i Virkeligheden er 1- eller 2-Snits Nitter, eller ved:

$$n = \frac{P}{0,8r \cdot 2d\delta} = \frac{g_n}{2d\delta}, \quad (12b)$$

hvis der skal regnes med Tryk paa Hulranden. — Ved at gaa saaledes frem opnaar man, at Paavirkningen paa Nitterne afpasses paa samme Maade efter Spændingens Variation som Stangens Tværnit. Undertiden lader man i disse Formler F_n (for Trækstænger) betyde det nyttige Areal, som jo i Reglen vil være noget større end det lige nødvendige, idet man forlanger det samme Overskud af Styrke i Forbindelsen som i Stangen selv; imidlertid maa det erindres, at et saa-

dant Overskud af Sikkerhed kun har Værdi, hvis det gennemføres paa alle Punkter i hele Konstruktionen.

Man sætter ofte en Nitte eller to mere end det beregnede Antal, og naar undtages sekundære Gitterstænger o. l., nøjes man aldrig med mindre end 2 Nitter i en Forbindelse, for Profiljærn sættes endda ofte mindst 3.

Nitteafstande. Nittemidstens Afstand a fra Pladeranden i Kraftens Retning (Fig. 25) skal bestemmes saaledes, at man faar samme Sikkerhed, mod at Nitten som mod at Pladen gaar i Stykker. Imidlertid er det umuligt at opstille nogen paa-lidelig Beregning af Pladens Styrke udfor Nittehullet*), saa der er ikke andet for end at bestemme Afstanden a erfaringsmæssigt, paa Grundlag af Forsøg**). Man kan sætte:

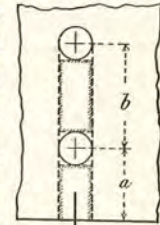


Fig. 25.

*) Man er sædvanligvis gaaet ud fra den Forudsætning, at et Brud af Pladen sker ved en Forskydning at de to i Fig. 25 ved Skravering fremhævede Snit i Flugt med Hullet, hvorved man f. Ex. for en 1-Snits Nitte faar (Pladetykkelsen = δ):

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{8} r = 2(a - \frac{1}{2}d) \delta \cdot \frac{1}{8} r,$$

$$a = \frac{1}{2} d + \frac{\pi d^2}{8 \delta}.$$

For $d = 2\delta$ findes heraf: $a = \text{ca. } 1,3d$, hvilket dog, som Erfaringen viser, er for lidt. For 2-Snits Nitter findes, naar der regnes med Tryk paa Hulranden, idet man gaar frem paa lignende Maade: $a = 1,5d$. — Idet Bruddet sædvanligvis foregaar som antydnet i Fig. 26, har man ogsaa betragtet den i Fig. 25 skraverede Del af Pladen som en i begge Ender indspændt Bjælke, der paavirkes til Bøjning af Kraften paa Nitten; men heller ikke herved kommer man til brugelige Resultater.



Fig. 26.

***) Tetmajer (>Angewandte Elasticitäts- und Festigkeitslehre«, Zürich 1889, S. 226—27) angiver som Resultat af sine Forsøg, at ved en enkelt Nitterække (\perp Kraftretningen) brødes Pladen altid udfor Hullerne, saalænge $a \leq 1,5d$ (uden Forskel for 1- og 2-Snits Nitter), derimod aldrig ved to eller flere Nitterækker, naar $a \geq 1,5d$. Han foreslaar derfor:

	lukkede Huller	borede Huller
1 Nitterække	$a = 2,0d,$	$a = 1,9d,$
2 Nitterækker	$a = 1,6d,$	$a = 1,5d,$
3 og flere Nitterækker	$a = 1,5d,$	$a = 1,4d.$

ved 1 Nitterække (\perp Kraftretningen) $a = 2d$ (min. $1\frac{3}{4}d$),
 » 2 og flere Nitterækker (» ») $a = 1\frac{3}{4}d$ (» $1\frac{1}{2}d$),

uden at gøre Forskel paa 1- og 2-Snits Nitter. Hvor der ikke er nogen særlig Grund til at knibe paa Afstanden, sætter man gerne overalt $a = 2d$.

Afstanden b (Fig. 25) mellem to Nitter, der sidde bagved hinanden i Kraftretningen, skulde beregnes paa samme Maade som Afstanden a , hvis en Beregning overhovedet var mulig; det er nemlig klart, at man mindst maa have $b = a + \frac{1}{2}d$. Man sætter mindst $b = 3d$ (undtagelsesvis $b = 2\frac{1}{2}d$).

Følgende af Schwedler angivne Undersøgelingsmaade kan undertiden være til Nytte. I Fig. 27 er en Stang A nippet fast til en anden Stang eller Plade B . Man kan da tænke sig Stangen opløst i en Række Slynger som den, der er skraveret i Figuren, én for hver Nitte; Dimensionerne af en Slynges skulle netop være tilstrækkelige til at optage Kraften fra én Nitte. Bredden c_1 af Slingen bag Nitten maa aabenbart være den samme som Afstanden $a - \frac{1}{2}d$ i Fig. 25 og kan altsaa ikke bestemmes sikkert ved Beregning, men det er i Virkeligheden ogsaa kun Bredden c , man har Brug for. Denne findes for 1-Snits Nitter af:

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{2} r = 2cd \cdot r,$$

$$\text{altsaa for 1-Snits Nitter: } c = \frac{\pi d^2}{10 \delta}. \quad (13)$$

For 2-Snits Nitter faas paa lignende Maade:

$$\text{for 2-Snits Nitter: } \begin{cases} c = \frac{\pi d^2}{5 \delta}, & \text{for } d < 1,25\delta, \quad (14a) \\ c = \frac{1}{2} d \frac{s}{r} = 0,8d, & \text{» } d > 1,25\delta, \quad (14b) \end{cases}$$

(i Midterpladen)

eftersom Forskydning eller Tryk paa Hulranden er farligst. Naar Nitteantallet n netop passer til Stangens nyttige Areal, maa tillige altid

$$c = \frac{b_n}{2n}, \quad (15)$$

hvor b_n betegner Stangens nyttige Bredde.

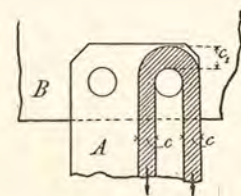


Fig. 27.

Benyttelsen af disse Schwedlerske Slynger ses eksempelvis i Fig. 28. Man begynder med at anbringe Nitterne paa fri Haand i en fornuftig Gruppering og skitserer saa Slyngerne ind (i Virkeligheden er det tilstrækkeligt at angive dem med enkelte Linier), saaledes at de passere mellem Nitterne paa en naturlig Maade. Af Skitsen (Fig. 28) faar man da den Oplysning, at der mellem to af Nitterne i forreste Række maa være

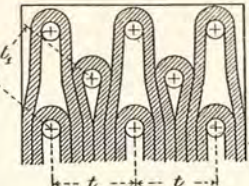


Fig. 28.

Plads til 6 Slyngebredder, altsaa at Afstanden t mindst maa være lig $d + 6c$. Ligeledes maa Afstanden t_1 være stor nok til, at 3 Slyngebredder kunne passere, og da det vilde være lidt unaturligt, om denne Passage skulde foregaa netop vinkelret paa Forbindelseslinien mellem Nitterne, maa man helst i Stedet for selve Bredden c regne med ca. $1,3c$ og altsaa sætte t_1 lig $d + 3,9c$. — I Fig. 29 og 30 er vist en Behandling af en og samme Nittegruppe paa to forskellige Maader; Ordningen i Fig. 29 er maaske at foretrække, da Nitterne her ere bedre fordelt ud over hele Stangens Bredde. — Disse Slynger maa kun betragtes som et Middel til at danne sig en omtrentlig Dom over Placeringens Godhed og som en Vejledning ved Bestemmelsen af Afstandene mellem de enkelte Nitter; derimod maa det ikke opfattes, som om de gav nogen Oplysning om det virkelige Kraftforløb omkring Nitterne. Det er navnlig ved større Nittegrupper og Grupper af mere uregelmæssig Form, at der kan være Brug for at tegne Slyngerne op.



Fig. 29.



Fig. 30.

Ved regelmæssige Pladenitninger (f. Ex. Kedelnitninger), hvor Nitterne anbringes i fortløbende Rækker vinkelret paa Kraftretningen, kan man én Gang for alle danne en Formel for Afstanden mellem Nitterne i Rækken. Disse

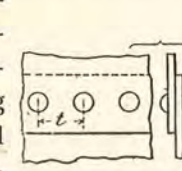


Fig. 31.

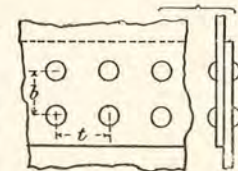


Fig. 32.

Pladesamlinger kunne som bekendt udføres som simple Overdækninger med én eller flere Nitterækker (Fig. 31—32) eller

som stumpe Stød med (bedst) dobbelte Laskeplader (Fig. 33—34), og Nitterne i de forskellige Rækker kunne enten sidde

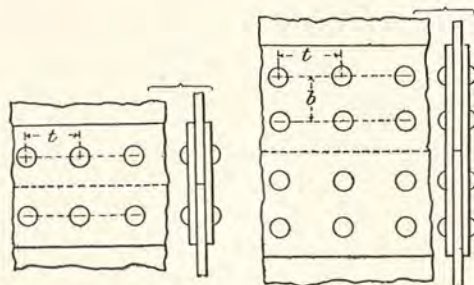


Fig. 33.

Fig. 34.

lige bagved hinanden (Parallelnitning eller Kædenitning, Fig. 32 og 34), eller de kunne være forsatte for hinanden (Zigzagnitning, Fig. 28)*. For alle disse forskellige Ordninger har man, naar m betegner Antallet af Rækker (paa den ene

Side af Stødet), at Afstanden t mellem Nitterne i forreste Række skal være (se Fig. 28):

$$t = d + 2mc; \quad (16)$$

Værdien af c tages fra (13) eller (14). I Fig. 34 findes f. Ex. herefter, naar Trykket paa Hulranden er farligst, ved (14 b):

$$t = d(1 + 2 \cdot 2 \cdot 0,8) = 4,2d.$$

Erfaringsmæssigt kan man ved den Slags Nitninger sætte Afstanden b mellem Rækkerne (Fig. 34):

$$\begin{aligned} \text{for Zigzagnitning } b &= 0,60 t, \\ \text{» Parallelnitning } b &= 0,80 t. \end{aligned}$$

Praktiske Regler. Man ordner Nitterne i flere Rækker bag hinanden, færrest i den forreste af Hensyn til Stangens Svækkelse (ofte, ved ikke altfor brede Stænger, kun én Nitte i forreste Række); dog ikke i for mange Rækker (højest 5 Nitter paa Rad), idet Kraftfordelingen over Nitterne da let bliver for uensformig. Man afskærer om muligt Plader og Stænger skraat, saa Bredden aftager med Nitteantallet i Rækkerne. Man anbringer, saa vidt det paa nogen Maade er muligt, Nitterne symmetrisk om Stangens Midtlinie og tilstræber ligeledes Symmetri om Stangens Midterplan (anvender f. Ex. aldrig enkelte Laskeplader, hvor det kan lade sig gøre

*) Theoretisk skulde der ikke være nogen Forskel paa Styrken af de to Slags Nitning, men Forsøg vise, at Parallelnitning faktisk er noget stærkere end Zigzagnitning (se f. Ex. Proc. Inst. C. E. Vol LXXX (1885), S. 155; Tetmajer: Baumechanik, 1889, S. 222).

at bruge dobbelte og saaledes undgaa Bøjning). — Undertiden kan man bedre faa Plads til det nødvendige Antal Nitte ved at anordne Nitte-rækkerne skraat i Forhold til Stangens Midtlinie (Fig. 35); naar man ogsaa her anvender (skraa) Symmetri, og hvis Forbindelserne ved de to Ender af Stangen ere ordnede symmetrisk om Stangens Midtpunkt, kommer der ingen Bøjning. Kun kan man naturligvis ikke bestemme Stangens Svækkelse efter Normalsnittet gennem forreste Nitte (én excentrisk Nitte); man kan derimod regne, at det skraa Snit gennem første Nitte-række skal have et 30 % større nyttigt Areal, end der vilde kræves i et Normalsnit.

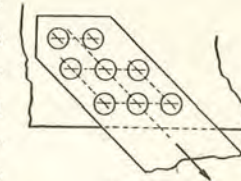


Fig. 35.

Nitterne bør anordnes saaledes, at de saa vidt muligt kun blive paavirkede til Forskydning, ikke til Træk efter deres Længderetning; Grunden hertil er, at en Trækpaavirkning let kan fremkalde Brud ved Afsprængning af Hovedet. Faren herfor formindskes, naar man sørger for at brække Hulranden (fjerne Boregraten), og den synes forøvrigt at være mindre ved Staal- end ved Svejsjærns-Nitter*);

*) Frémont har (Étude expérimentale du rivetage, S. 108 o. f.) anstillet en Del Trækforsøg med Nitte af 6 forskellige Kvaliteter og har derved fundet følgende (Tallene ere Middeltal af 8—10 Forsøg):

	Brudgrænse (kg/mm ²) for				Brud i
	Nitte-materialet (oprindelig)	Nitte-materialet (efter Nitning)	Nitterne		
			Min.	Max.	
Alm. svensk Svejsjærn	33,6	43,4	35,0	37,5	Hovedet
Blødt Staal (extra blødt)	35,7	43,4	44,0	47,1	Skaflet
» » (alm.)	45,5	55,3	54,7	56,6	»
Nikkelstaal (3 %)	44,1	57,4	56,0	59,5	»
Haardere Kulstofstaal .	49,0	65,0	67,8	70,5	»
Nikkelstaal (5 %)	49,7	72,8	64,0	68,0	»

Brudbelastningen for alle Staalnitterne var saaledes omtrent lig (eller snarest større end) den Brudgrænse, der fandtes for »Nitematerialet efter Nitning«, d. v. s. med Prøvestykker af Nitte, der forsigtigt vare udtagne af deres Huller; for disse Nitters Vedkommende vilde der altsaa intet væsentligt være at ind-

men i alle Tilfælde er en Nitteforbindelse mindre paalidelig overfor en Trækpaavirkning, og man bør derfor som sagt undgaa den.

De sædvanligt brugte Minimumsafstande for Nitterne ses i Fig. 37. Afstanden mellem to Nitte, ligegyldigt i hvilken Retning, gøres i Reglen ikke under $3d$, kun undtagelsesvis $2,5d$ (ved forsænkede Nitte $\frac{1}{4}d$ mere); Afstanden fra Nittemidte til Pladekant (til Enden af Stangen), maalt i Kraftens Retning, i Reglen $2d$, kun undtagelsesvis $1,75d$; fra Nittemidte til Kant af Stangen (vinkelret paa Kraftens Retning) mindst $1,5d$. De i Fig 37 angivne Afstande bruges gerne som normale Nitteafstande ved Stødforbindelser, Knudepunktsnitninger o. l., hvor

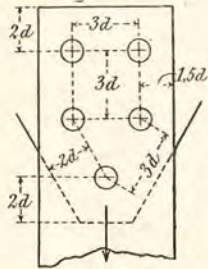


Fig. 37.

Pladsen er indskrænket; undertiden (og mere praktisk) anvender man dog paa saadanne Punkter $3\frac{1}{2}d$ som Minimumsafstand (sjældnere $4d$), hvorved man opnaar at kunne gennemføre en konstant Nitteuddeling (se Fig. 38, hvor man kan benytte en af de to paa skrevne Rækker Maal). Ved større Nittegrupper maa man muligvis forøge Afstandene, hvilket kan afgøres ved Hjælp af de Schwedler'ske Slynger.

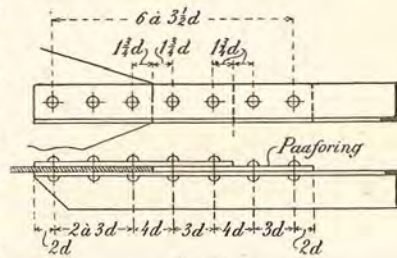


Fig. 38.

En højere Grænse for Nitteafstanden faas ved Hen-

vende mod en Træk-Paavirkning. Svejsjærns-Nitterne vare derimod svagere og mindre paalidelige (Brud ved Hovedet), og det samme viste sig ved Gentagelse af Forsøgene med to andre Slags Svejsjærn; to Slags finkornet svensk Jærn gav dog lignende gode Resultater som Staalet. — Blandt Rude-

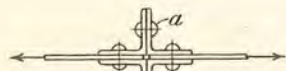


Fig. 36.

loff's Forsøg (Dritter Bericht über Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen) findes fire Trækforsøg med Forbindelser som i Fig. 36; ved to brødes de opstaaende Vinkelflige, ved de to andre bleve Nitterne a trukne over, Brudgrænse 3260 og 3030 kg/cm^2 ; heller ikke her viste der sig altsaa nogen særlig Svaghed eller Upaalidelighed.

synet til, at Fugerne skulle holdes tætte, saa Fugtighed ikke kan trænge ind. Dette gælder ikke blot for den Slags Kraftnitninger (ved Stød, Knudepunkter osv.), som der hidtil nærmest har været tænkt paa, men ogsaa særligt for de fortløbende Nitterækker, der tjene til at forbinde de enkelte Dele, hvoraf en Stang ofte bestaar, til et Hele. Specielt ved Trykstænger maa man tillige sørge for, at de enkelte Dele ikke kunne knække ud hver for sig mellem Nitterne. Man kan bruge følgende Maximumsafstande*):

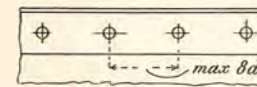


Fig. 39.

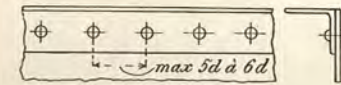


Fig. 40.

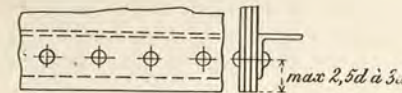


Fig. 41.

ved Sammenitning af stive Profiler, eller naar der dog ligger stive Profiler yderst paa begge Sider (Fig. 39)..... $8d$, ved Nitning af Plade eller Fladjærn (med Tykkelse δ) indbyrdes eller til et stift Profil (Fig. 40) ... for $\delta \leq 11 \text{ mm}$ $5d$, » $\delta > 11 \text{ mm}$ $6d$, i Trykstænger som Fig. 40 desuden ... $12\delta-15\delta$, fra Nittemidte til Kanten (\neq Nitterækken) af en Pakke Plader eller Fladjærn af Tykkelse δ , der holdes sammen af en fortløbende Nitterække (Fig. 41),

for $\delta \leq 14 \text{ mm}$... $e = 2,5d$, » $\delta > 14 \text{ mm}$... $e = 2,8d$,

i Almindelighed vil man dog ikke betænke sig paa at gaa lidt højere op, f. Ex. til højst..... $e = 3d$.

*) De her angivne Forskrifter, der paa nogle Punkter ere noget skarpere end de mest almindeligt praktiserede, hidrøre fra Meyerhof (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 202), der har opstillet dem paa Grundlag af Iagttagelser af Rustdannelse ved en Række af Schwedler byggede Broer (med vel store Nitteafstande) i Breslau. — For rene Heft-Nitte angives ofte:

med stive Profiler yderst (Fig. 39):	Trykstænger { $8d$, 20δ ,	Trækstænger { $10d-12d$, 40δ ,
med slappe Profiler yderst (Fig. 40):	Trykstænger { $6d$, $12\delta-15\delta$,	Trækstænger { $8d-10d$, 20δ ,

Mindste Bredde af et Stykke Fladjærn, hvori der skal være Plads til at anbringe en Nitte, er $3d$. Ved Bredder over $5d$ à $6d$ bruges Zigzagnitning, over $6d$ ogsaa Parallelnitning (Nittelinierne $1,5d$ fra Kanterne).

Mindste fri Bredde af et Profiljærns Flange, naar der skal kunne nittes deri, er ligeledes $3d$ (d. v. s. i Fig. 42: $b = 3d$; til Nød dog $\frac{1}{2}(B + b) = 3d$). Der kræves saaledes for:

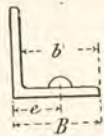


Fig. 42.

Nittediametren 16, 20, 23, 26 mm,
en mindste Fligbredde 55, 65, 75, 90 mm.

I et Vinkeljærns to Flige er det Reglen, at Nitterne altid forsættes for hinanden. Naar man undertiden bliver nødt til at sætte Nitterne lige ud for hinanden, hvilket f. Ex. kan hænde ved Vinkellasker for Bjælkeforbindelser og i lignende Tilfælde, er den mindste brugelige fri Bredde af Fligen (b i Fig. 42) $3,5d$ eller bedre $4d$.

Nitteliniers Beliggenhed i et Vinkeljærns (og ligesaa i et \square - og Γ -Jærns) Flange angives altid ved Afstanden e fra Profilets skarpe Kant (Fig. 42), aldrig ved Afstanden fra Fligens yderste Kant. De forskellige Jærnkonstruktionsværksteder kunne have lidt forskellige Normalier for disse Afstande. Man kan sætte $e = \frac{1}{2}B + 5$ mm; Nitemidten falder da omtrent midt i den frie Bredde b . — Ved større Flangebredder (f. Ex. $B \geq 100$ mm) kan der blive Plads til en Zigzagnitning som i Fig. 43, og naar $B \geq 130$ mm anvendes en saadan i Reglen; man kan som Minimumsafstande sætte: $a_3 = 1,5d$,

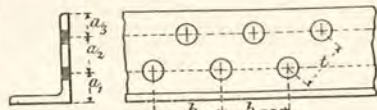


Fig. 43.

$a_1 = a_3 + 5$ à 10 mm efter Flangetykkelsen, $t = 3d$. Paa Tegningen angives Maalene a_1 , a_2 og b , derimod ikke a_3 og t . — Ved endnu større Flangebredder kan der endelig blive Plads til to Rækker lige ud for hinanden (Parallelnitning), nemlig naar $a_2 > 3d$.

I Flangerne af Γ - og Γ -Jærn lader man Nittelinierne halvere de frie Fligbredder; paa Tegningen angives Maalet e (Fig. 44). I Kroppen af Γ -, \square - og Γ -Jærn lægges de yderste Nittelinier (e_1 i Fig. 44) saaledes, at der fra Kanten af Nittehovedet til

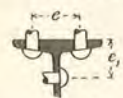


Fig. 44.

Rundingens Begyndelse er et Spillerum paa $3-5$ mm.

Nitternes Betegnelse paa Tegningerne er gerne en Cirkel (med Skaftets, ikke Hovedets Diameter), set fra Siden

en Cirkelbue, lidt mindre end en Halvcirkel. Hvis der kun anvendes én Nittediameter i hele Konstruktionen eller dog i alle de Konstruktionsdele, der ere fremstillede paa én Plan, kan Diametren angives ved Paaskrift paa et iøjnefaldende Sted af Tegningen. Forekommer der derimod forskellige Nittediametre, hvad meget ofte ikke kan undgaas, i alt Fald paa Hovedtegningerne, maa man skelne dem fra hinanden ved Signaturer. Fig. 45 viser saaledes de nu almindeligt i Tyskland brugte Signaturer*). Der findes ingen internatio-

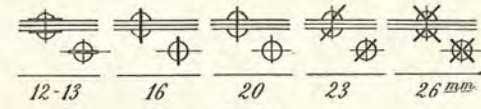


Fig. 45.

nalt antagen Række; ofte vælger man de simplest mulige til de Nittedimensioner, man har med at gøre, og tilføjer saa blot en Signatur-Forklaring paa hver Plan. Skruebolte skelnes fra Nitter ligeledes ved Signaturer, f. Ex. ved at tilføje et Kvadrat uden om Cirklen.

Paa Arbejdstegningerne maa der endvidere skelnes mellem Værksted- og Monteringsnitter og saadanne, for hvilke endog Hullet først skal bores ved Montering, og Nittehovedets Form maa angives (fuldt, halv- eller helforsænket). Heller ikke til dette Brug findes der almindeligt antagne Signaturer. Undertiden har man anvendt Farve (f. Ex. Monteringsnitter røde), hvilket dog ikke er særlig praktisk af Hensyn til Tegningernes Mangfoldiggørelse. I Fig. 46 ses saaledes et Par forskellige tyske (men ikke almindeligt vedtagne) Signaturer for Monterings- (sværtede) og forsænkede Nitter, i Fig. 47 de i Nordamerika almindeligst anvendte Signaturer**), der dog

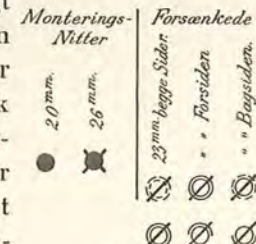


Fig. 46.

*) Vedtagne 1910 af »Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-fabriken«. Retningen af Stregerne er bestemt i Forhold til vedkommende Stangs Axe (Længderetning), ikke i Forhold til Tegningens Kanter.

**) American Bridge Co.s standards for detailing (1911). De forsænkede Nitter i de to første Kolonner, med Overskrift Værksted- og Monterings-Nitter, ere plant afmejslede; Affladningen $h = \frac{1}{4}$ i sidste Kolonne anvendes kun for $\frac{1}{2}$ og $\frac{5}{8}$ Nitter, $h = \frac{3}{8}$ for $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ og 1 Nitter. Disse Signaturer ere oprindelig, bortset fra enkelte ubetydelige Ændringer, angivne af Osborn.

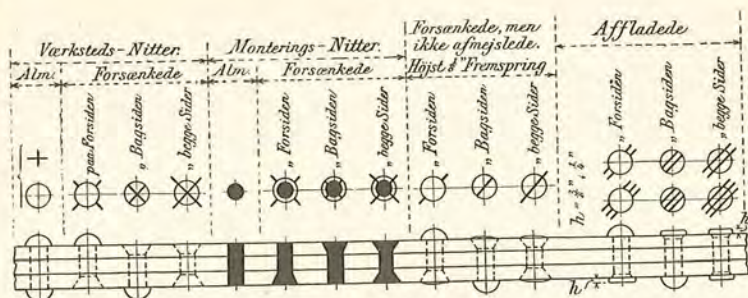


Fig. 47.

forudsætte, at der kun findes én Nittediameter paa vedkommende Plan.

Tal eksemp. En Fladjærnsstang af Tykkelse $d=10$ mm skal optage en Kraft paa 21t; tilladelig Paavirkning $r=700$ kg/cm². Man skal bestemme Stangens Bredder og konstruere et Stød i den. —

Der fordres et nyttigt Areal paa $\frac{21\ 000}{700} = 30$ cm² og vælges en Nittediameter $d=2$ cm; antages det, at Svækkelsen kun hidrører fra ét Nittehul (én Nitte i forreste Række), bliver Stangens Bredder 32 cm.

Stødet antages først at skulle dækkes med en enkelt Laskeplade; den herved indkommende Bøjning forudsættes hindret ved Konstruktionens Anordning i det hele, ellers burde man ubetinget bruge dobbelte Laskeplader. Nødvendigt 1-Snits Nitteareal [se 11]) $\eta_n = \frac{1}{4} \cdot 30 = 37,5$ cm², Tværsnittet af en 2 cm Nitte er 3,14 cm², det nødvendige Nitteantal altsaa $\frac{37,5}{3,14} = 12$. Det forsøges først at placere Nitterne som angivet i Fig. 48, og Slyngerne tegnes ind. Slyngebredden er ifølge (15)

$c = \frac{30}{2 \cdot 12} = 1,25$ cm. Med de i Figuren skitserede Slynger skal der i Mellemrummene a og b passere 5 Slyngebredder, i Mellemrummet c 2 Slyngebredder. Afstanden fra Fladjærnets Kant til den nærmeste Nitte skal herefter være mindst $2c + \frac{1}{2}d = 3,5$ cm, og begge Mellemrummene a og b , naar man af Hensyn til den skraa Retning tilføjer Koefficienten 1,3, skulle være $5c \cdot 1,3 + d = 10,1$ cm. Denne Afstand haves ogsaa med Maalene paa Figuren, idet $\sqrt{8^2 + 6,25^2} = 10,15$. — Ved den nu angivne Konstruktion af Stødet svækkes Lasken ligesom Fladjærnet selv kun ved ét Nittehul, saa Tykkelsen 10 mm skulde være tilstrækkelig. Af Hensyn til den ensidige Laskning vil man dog ofte, selv om Bøjningen er udelukket, vælge Lasketykkelsen lidt større, f. Ex. 11 mm.

I Fig. 49 er vist en anden Ordning af Stødet, hvorved Lasken faar en noget mindre Længde, men til Gengæld maa gøres noget

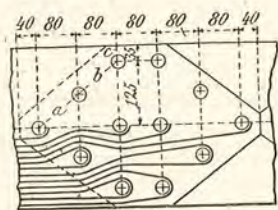


Fig. 48.

tykkere, da den svækkes ved to Nittehuller. Dens Tykkelse maa her mindst være $\frac{30}{28} = 1,07$ cm, for at dens nyttige Areal kan blive saa stort som nødvendigt; ligesom ovenfor bør man vælge en noget større Tykkelse, f. Ex. 12 mm. Idet Nittegruppen bliver kortere, opnaar man rimeligvis ogsaa en noget mere ensformig Fordeling af Kraften over Nitterne. Med de i Figuren angivne Afstande kan der i Mellemrummene a , b og c passere $3\frac{1}{2}$ Slyngebredden, i Mellemrummet d $1\frac{1}{2}$ Slyngebredden. Ved Sammenligning af Fig. 48 og 49 ses tydeligt Fordelen ved at sætte saa mange Nitte i samme Række som muligt.

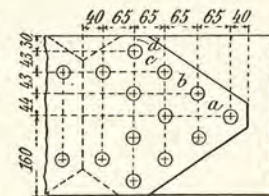


Fig. 49.

Dernæst antages Stødet at skulle dækkes med dobbelte Laskeplader, Fig. 50. For de 2-Snits Nitte, som man saa faar, bliver Trykket paa Hulranden farligst, det nødvendige Nitteantal altsaa lig $\frac{37,5}{2d} = \frac{37,5}{4} =$

$9,4 \approx 10$ (eller lig $\frac{21\ 000}{1,6 \cdot 700 \cdot d} = 9,4$). Slyngebredden $c = \frac{30}{2 \cdot 10} = 1,5$ cm. I Fig. 50 ere

Slyngerne skitserede ind; i Mellemrummet d skal der kun passere 1 Slyngebredden, men Nittens Afstand fra Kanten maa dog mindst gøres $1,5d = 30$ mm. De skraa Afstande a , b og c skulle være $3c \cdot 1,3 + d = 7,85$ cm; med Maalene i Figuren ere de $\sqrt{6,6^2 + 4,3^2} = 7,87$ cm. Laskerne ere svækkede ved 4 Nittehuller; deres nyttige Bredder er altsaa kun 24 cm, og deres Tykkelse skal følgelig mindst være $\frac{30}{2 \cdot 24} = 0,625$ cm; i Virkeligheden vil man gøre dem mindst 8 mm tykke.

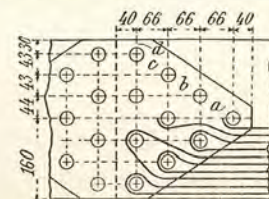


Fig. 50.

§ 6. Stødforbindinger; direkte og indirekte Nitning; excentrisk paavirkede Nittegrupper. Naar en Stang efter Længden maa sammensættes af flere Stykker — maa »stødes«, — skal den Kraft, som Stangen er bestemt til at optage, føres forbi Stødet ved Hjælp af Laskeplader, der nittes til de to sammenstødende Stang-Ender (se f. Ex. Fig. 19 og 20, S. 24 og 28). Hvad der i det følgende meddeles om saadanne Stødforbindinger, kan for en stor Del ogsaa finde Anvendelse paa en Stangs Tilslutning til eller Forbindelse med andre Dele af Konstruktionen, men for Kortheds Skyld tales kun om Stød.

For en hvilkensomhelst Stødforbinding gælder først og fremmest den Hovedregel, at Nitterne paa den ene Side

af Stødet maa kunne overføre Kraften fra den stødte Stang til Lasken (eller Laskerne), at Lasken maa kunne optage Kraften uden at overanstrænges, og at Nitterne paa den anden Side af Stødet derpaa maa kunne føre Kraften tilbage til Stangen igen. Endvidere maa der ved Dækningen af Stødet saa vidt muligt holdes over Symmetrien, saa der i saa ringe Grad som muligt indføres bøjende Momenter. Disse almindelige Regler finde Anvendelse ved alle Slags Stødforbindelser, baade naar den stødte Stang kun er paavirket til Træk eller Tryk, og naar der tillige optræder Bøjning, Forskydning og Vridning. Foreløbigt ville vi imidlertid holde os til det simpleste og hyppigst forekommende Tilfælde, at der gennem Stødet kun skal overføres et Træk eller Tryk.

I saa Fald kunne de nævnte Regler specialiseres saaledes:

paa hver Side af Stødet maa Summen af Nitte-tværsnittene (eller 2 Gange Summen af Hulrandene ($2d\delta$), hvis der skal regnes med Tryk paa Hulranden) være lig $\frac{5}{4}$ Gange det stødte Tværsnit;

det nyttige Lasketværsnit maa mindst være lig det nyttige Tværsnit af den stødte Stang;

Tyngdepunktet af samtlige Laskers Tværsnit maa saa nær som muligt falde i den stødte Stangs Tyngdepunktsaxe.

Det nærmere angaaende Konstruktionen af Stødforbindelserne i Stænger af forskellige Tværsnitsformer vil blive meddelt, efterhaanden som der bliver Brug derfor (se f. Ex. under Pladejærnsdragere, § 9).

Disse Regler ere imidlertid ikke altid tilstrækkelige. Meget ofte er den stødte Stangs Tværsnit sammensat af flere enkelte Dele (Fladjærn, Profiljærn o. l.), og det er da ikke altid muligt at faa anbragt Laskerne i direkte Berøring med den stødte Del af Stangen. Hvis dette kan lade sig gøre (som i Fig. 19 og 20, S. 24 og 28), taler man om direkte Kraftoverførelse, direkte Nitning, og i Modsætning hertil kalder man det en indirekte Nitning, naar der mellem den stødte Del af Stangen og den tilhørende Lask befinder sig andre, ikke afbrudte Dele. Ved den indirekte Kraftoverførelse, som man i sidste Tilfælde faar at gøre med, behøves

der, som vi skulle se, flere Nitter og længere Laskeplader end efter Reglerne ovenfor.

I Fig. 51 skal der overføres Kraft fra Stangen *I* til Stangen *III*, og imellem dem ligger der en Stang *II*, der i Forvejen er saa stærkt paavirket som tilladeligt. Naar man her ligesom tidligere ser bort fra Friktionen, maa man tænke sig Kraftoverførelsen fra en Stang til en anden gennem en Nitte foregaaende derved, at Hulrandene ligge an mod Nitten paa en bestemt

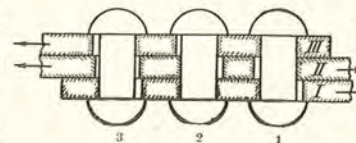


Fig. 51.

Maade; i Fig. 51 ses saaledes, hvordan Hulrandene skulle ligge an mod Nitten 1, for at der kan blive overført Kraft fra *I* til *II*, og ved Nitten 2 ses Kraftoverførelse fra *II* til *III*. Naar der nu som i Fig. 51 skal overføres Kraft fra *I* til *III*, er der to Muligheder: enten maa Kraften først overføres fra *I* til *II* og dernæst fra *II* til *III* (eller korrektere udtrykt maa først *II* aflastes ved at afgive Kraft til *III* og bliver derved i Stand til at modtage Kraften fra *I*), og i saa Fald kræves der aabenbart dobbelt saa mange Nitter som ved direkte Berøring af *I* og *III*; eller ogsaa maa Kraften gaa umiddelbart over fra *I* til *III*, hvortil fordres, at Hulrandene ligge an mod Nitterne som vist i Fig. 51 ved Nitten 3. Den sidstnævnte Mulighed medfører en temmelig stærk Bøjning af Nitterne, og naar denne farligere Paavirkning skal kompenseres ved en Forøgelse af Nitteantallet, gør det næppe nogen stor Forskel, om man gaar ud fra den ene eller den anden Betragtning. Det er aabenbart umuligt at faa Sagen klaret ad ren theoretisk Vej, men da de (desværre meget faa) foreliggende Forsøg*) afgjort tyde paa, at man ikke naar op til

*) Tetmajer (Mittheilungen, Heft 4) har anstillet Forsøg med fire Prøvestykker, hvert bestaaende af 3 Stkr. 8 mm tykke Plader; den midterste var stødt og Stødet dækket med én Laskeplade udvendig paa den ene Side; Nitterne vare 16 mm og deres Antal varierende. Sættes $\frac{5}{4} \times$ den stødte Plades nyttige Areal lig φ_n , kunne Resultaterne udtrykkes saaledes:

1ste Forsøg:	Nittearealet =	0,58 φ_n ,	Brudgrænse	3210 kg/cm ² .
2det	>	= 1,16 φ_n ,	>	3600 >
3die	>	= 1,72 φ_n ,	>	3810 >
4de	>	= 2,30 φ_n ,	>	3880 >

Jærnet i Pladerne havde en Brudgrænse af 3980—4100 kg/cm².

den beregnede Styrke af en Forbindelse som i Fig. 51, førend der er sat dobbelt saa mange Nitter, som en direkte Kraftoverførelse fordrer, ville vi i det følgende som Regel gaa ud fra den Forudsætning, at en Nitte kun er i Stand til at overføre Kraft fra én Stang eller Plade til en anden, som er i direkte Berøring med den første.

Hvis der i Stedet for 1 Mellemplade som i Fig. 51 findes to saadanne, kommer man ifølge den gjorte Forudsætning til det Resultat, at der skal sættes 3 Gange saa mange Nitter som ved direkte Kraftoverførelse, og almindeligt, naar det til en direkte Overførelse nødvendige Nitteantal kaldes n , at der ved m Mellemplader skal sættes $(m + 1)n$ Nitter. (17)

Den opstillede Forudsætning fører til det Resultat, at der skal sættes lige saa mange Nitter, selv om Mellempladerne ere tyndere end den stødte Plade. I Fig. 52 antages n_1 Nitter nødvendige til at overføre hele Kraften i I eller III , n_2 Nitter for Kraften i II , og $n_1 > n_2$. Man kan da tænke sig Kraftoverførelsen foregaa som i Figuren antydet: først aflastes II ved n_2 Nitter, hvorefter man kan tilføre en lige saa stor Kraft fra I , og derefter gentages de samme to Operationer, blot med Nitteantallene $n_1 - n_2$ i Stedet for n_2 (idet $n_1 - n_2$ antages $< n_2$). Man har paa den Maade til III faaet overført en Kraft svarende til Nitteantallet $n_2 + (n_1 - n_2) = n_1$, altsaa lige saa stor en Kraft, som der oprindeligt fandtes i I , og Kraften i II er bleven uforandret. Men det hele anvendte Nitteantal er $n_2 + n_2 + (n_1 - n_2) + (n_1 - n_2) = 2n_1$.

Tænker man sig Mellempladerne meget tynde, kan det maaske synes lidt mærkeligt, at den samme Regel dog skal blive ved at gælde. Imidlertid maa det erindres, at Kraften skal passere over det samme Antal Fuger, selv om man endog tænker sig Mellempladerne uendelig tynde. Man bør derfor altid helst holde sig til den i (17) angivne Regel, men det kan dog næppe betragtes som utilladeligt for $m = 2$ og 3 (større Værdier ville meget sjældent forekomme) efter et Skøn at formindske det af (17) følgende Nitteantal noget, f. Ex. til $2,5n$ og $3n$ i Stedet for $3n$ og $4n$. Forøvrigt bør man saa

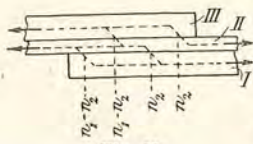


Fig. 52.

vidt muligt undgaa de indirekte Nitninger, navnlig ved flere Mellemplader.

I Fig. 51 og 52 har der kun været tænkt paa en enkelt Kraftoverførelse. Fig. 53 og 54 vise de tilsvarende fuldstændige Stødforbindinger, og man ser, at Forandringen kun bestaar i, at Kraften nu skal overføres to Gange, fra den stødte Plade til Lasken og tilbage igen. Endvidere ses det, at Mellempladen II i Fig. 53 kan stødes i det Punkt, hvor

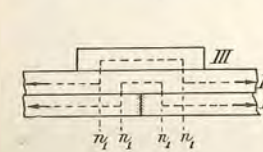


Fig. 53.

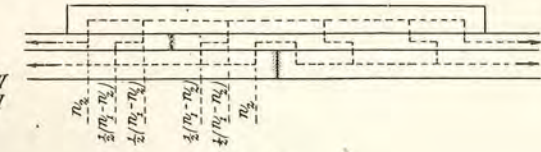


Fig. 54.

den er spændingsløs (midt mellem Stødet i I og Enden af Laskepladen III), uden at der af den Grund kræves nogen Forandring i Nitteantallene. Det samme gælder ogsaa i Fig. 54, kun at Stødet i II her endog efter Behag kan flyttes lidt til den ene eller den anden Side; lægges det midt mellem Stødet i I og Laskens Ende, maa Kraftoverførelsen tænkes praktiseret som i Figuren antydet ved de punkterede »Kraftlinier« og de paaskrevne Nitteantal. Man har saaledes faaet baade I og II stødt for samme Bekostning, som Stødet i I alene kræver, forudsat at Tværsnittet af II er mindre end eller lig Tværsnittet af I .

Disse oprindelig af Schwedler*) opstillede Betragtninger gælde kun for énsidig Dækning af Stødet; i Tilfælde af fuldstændig symmetrisk Anordning som i Fig. 55 kunne de ganske vist ogsaa anvendes ved dobbelte Laskeplader, men kun hvis den stødte Plade netop ligger i Midten. Neumann har imidlertid vist, hvorledes Betragtningerne kunne udvides til ogsaa at omfatte Anvendelsen af dobbelte Laskeplader ved usymmetrisk Beliggenhed af den stødte

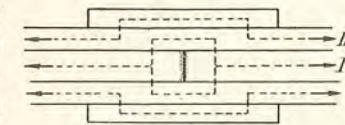


Fig. 55.

*) Deutsche Bauzeitung 1867, S. 451. Betragtningerne ere siden videre udviklede af Weyrauch (Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889), Neumann (Z. d. oesterr. I. u. A.-Ver. 1892, S. 193 o. f.) og Kapsch (Z. für Arch- u. Ingwesen 1904, S. 405).

Plade, og da man som bekendt altid bør anvende dobbelte Laskeplader, hvor det paa nogen Maade er gørligt, skal endnu Princippet for hans Methode anføres.

I Fig. 56 have et Bundt af Plader (*I—V*), og af dem er *II* stødt og Stødet dækket ved to Laskeplader *O* og *U*. Nu ved man ganske vist ikke bestemt, hvor stor en Brøkdelen af Kraften i *II* der overføres til *O* og til *U*, men en rimelig Antagelse er det at tænke sig den delt i omvendt Forhold til Afstandene *o* og *u*. I Stedet for disse Afstande kan man for Simpelt Skyld altid uden nogen væsentlig Fejl regne med Antallet af Fuger mellem den stødte Plade og

Laskerne; de i Virkeligheden anvendte Pladetykkelser er aldrig saa meget forskellige, at Fejlen faar nogen Betydning. Med de 5 Plader i Fig. 56 findes der ialt 6 Fuger mellem

Laskepladerne, og man kan derfor regne, at $\frac{2}{6}$ af Kraften i *II* skal overføres til *O*, $\frac{4}{6}$ til *U*. Paa Grund af den indirekte Kraftoverførelse til Laskerne kræves der saa ifølge det foregaaende $4 \cdot \frac{2}{6} n_2$ Nitter (1-Snits) i *O*, $2 \cdot \frac{4}{6} n_2$ Nitter i *U* paa hver Side af Stødet, idet n_2 betyder det til Kraften i *II* direkte svarende Nitteantal; de to Lasker blive følgelig lige lange, men behøve ikke at være lige svære og bør egentlig heller ikke være det (*U* dobbelt saa tyk som *O*). — Herved er dog forudsat, at Nitterne ere farligst paavirkede til Forskydning, ikke til Tryk paa Hulranden. Hvis der imidlertid af Hensyn til Trykket paa Hulranden kræves n'_2 Nitter for at bortføre Kraften fra *II*, og hvis $n'_2 > \frac{4}{6} n_2$, maa der sættes: $n'_2 + 3 \cdot \frac{2}{6} n_2$ (idet Kraftoverførelsen fra *III* til *IV*, fra *IV* til *V* osv. er 1-Snits) for at føre Kraft op til *O* og $n'_2 + 1 \cdot \frac{4}{6} n_2$ for at føre Kraft ned til *U*; Laskerne blive saa ikke mere nøjagtigt lige lange. Ved Undersøgelser af denne Art kan det ofte være praktisk at tænke sig den 2-Snits Nitning i Forhold til Pladen *II* delt i to 1-Snits, der føre Kraft bort fra en Plade *II'* med Tykkelse $\frac{2}{6}$ og fra en Plade *II''* med Tykkelse $\frac{4}{6}$ af *II*'s hele Tykkelse.

Mere almindeligt kunne ogsaa her alle Mellemladerne eller nogle af dem stødes ved Hjælp af de samme Lasker,

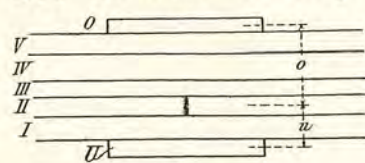


Fig. 56.

men den nærmere Undersøgelse heraf vilde føre for vidt*). — Skønt der tilsyneladende i det foregaaende nærmest er tænkt paa et Bundt Fladjærn, af hvilke et eller flere er stødt, gælder alt, hvad der er sagt, lige saa godt for Stænger, der ere sammensatte af hvilket som helst Profiljærn.

Talexempel. Det ene (*I*) af de to Fladjærn i Fig. 57, begge af Dimensionerne 320·12 mm, skal stødes. Nitterne kunne kun anbringes i to Rækker; Nittediametren er 23 mm. Det stødte Fladjærns nyttige Bredde er da $320 - 2 \cdot 23 = 274$ mm, dets nyttige Areal $F_n = 32,88$ cm².

Ensidig Dækning af Stødet med en Laskeplade *O* ovenpaa *II* (det antages foreløbigt, at man ikke kan anbringe nogen Laskeplade neden under *I*). Det nødvendige 1-Snits Nitteareal er $\varphi_n = \frac{1}{4} \cdot 32,88 = 41,1$ cm²; Arealet af en 23 mm Nitte er 4,15 cm², det nødvendige

Antal 1-Snits Nitter altsaa $\frac{41,1}{4,15} = 9,9$.

Paa Grund af den indirekte Kraftoverførelse til Lasken (med 1 Mellemlade) maa der imidlertid sættes $2 \cdot 9,9 \approx 20$ Nitter paa hver Side af Stødet. Laskepladen maa være 12 mm tyk.

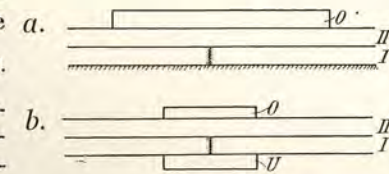


Fig. 57.

Dobbelte Laskeplader. Mellem de to Laskeplader er der 3 Fuger, hvorfor $\frac{1}{3}$ af Kraften i *I* regnes at skulle overføres til *O*, $\frac{2}{3}$ til *U*. De to Lasker skulle altsaa mindst være 4 mm og 8 mm tykke; mindre korrekt gør man dem rimeligvis mindst 8 mm begge to (bedre 8 og 12 mm). Det nødvendige Nitteantal vilde, hvis Forskydningspaavirkningen var farligst, kun være $\frac{2}{3} \cdot 9,9 = 6,6 \approx 7$. Imidlertid giver Trykket paa Hulranden et større Antal, nemlig $n = \frac{\varphi_n}{2d\delta} = \frac{41,1}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 7,5 \approx 8$ til at føre Kraft bort fra *I* og $n = 7,5 + \frac{1}{3} \cdot 9,9 = 10,8 \approx 11$ til at føre Kraft op til *O*. Det er naturligvis ligegyldigt, om man ved Undersøgelsen af Trykket paa Hulranden regner med hele Kraften ($\varphi_n = 41,1$) og hele Pladetykkelsen 12 mm, eller om man tænker sig denne sidste delt i to (4 og 8 mm) og til Gengæld regner med kun $\frac{1}{3}$ og $\frac{2}{3}$ af Kraften.

Excentrisk paavirket Nittegruppe. I Fig. 58 er der til Pladen *A* nittet en anden Plade *B* (eller to, en paa hver sin Side af *A*), hvorpaa virker Kraften *P*; Afstanden fra Nittegruppens Tyngdepunkt *O* til *P*'s Retningslinie er *f*. Man

*) Nærmere herom findes i de ovenfor nævnte Artikler af Neumann og Kapsch.

kan da tænke sig P flyttet parallelt med sig selv hen til O og altsaa det excentrisk virkende P erstattet med en centralt virkende Kraft P , der som sædvanligt antages at fordele sig ensformigt over Nitterne, og et Moment $M = Pf$. For at kunne opstille en Beregning af den Paavirkning paa Nitterne, der hidrører fra Momentet, maa man gøre visse Forudsætninger. Idet vi lige som tidligere se bort fra Friktionen, ville vi da antage, at den Bevægelse, der foregaar af B i Forhold til A , bestaar i en Drejning om O (der er kun Tale om Momentets

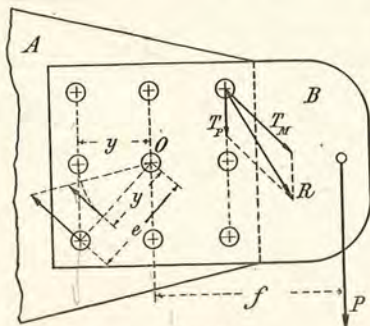


Fig. 58.

Virkning), og endvidere som en sandsynlig Følge heraf, at de Modstande mod Drejningen, som de enkelte Nitter gøre, ere proportionale med Nitternes Afstande fra O . Naar Afstanden fra en vilkaarlig Nitte til O kaldes y og fra den yderste Nitte e , og naar endvidere Kraften (fra Momentet alene) paa den yderste Nitte kaldes T_M , vil der

paa den vilkaarlige Nitte komme til at virke en Kraft $T_M \frac{y}{e}$.

Til Bestemmelse af T_M faas da:

$$M = Pf = T_M e + T_M \frac{y}{e} \cdot y + \dots = \frac{T_M}{e} \sum y^2. \quad (18)$$

Formlen er ganske analog med den sædvanlige Vridningsformel for den cirkulære Cylinder, idet $\sum y^2$ slet ikke er andet end det polære Inertimoment af Nittegruppen om dens Tyngdepunkt, naar man tillægger den enkelte Nitte Massen 1. Man kunde let omskrive Formlen saaledes, at det blev selve Nitte-tværsnittenes polære Inertimoment, der kom til at indgaa, men da der kan blive Tale om at beregne baade Forskydningsspændingen og Trykket paa Hulranden, er det mest praktisk først at finde Kraften T_M .

Naar hele Nitteantallet er n , faas nu for den stærkest paavirkede Nitte:

$$\left. \begin{aligned} \text{fra } P \text{ alene: } T_P &= \frac{P}{n}, (\neq P), \\ \text{fra } M \text{ alene: } T_M &= \frac{Me}{\sum y^2}, (\perp \text{ Radius}), \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

og disse to Kræfter kunne saa sammensættes til en Resultant R (se Figuren), hvoraf endelig Nittens Forskydningsspænding eller Tryk paa Hulranden kan beregnes.

Den opstillede Beregning hviler paa ret vilkaarlige Forudsætninger; om de i de enkelte Tilfælde ville være tilnærmelsesvis rigtige, maa bl. a. i høj Grad afhænge af, hvor nøje Nitterne udfylde Hullerne. Desværre mangler man aldeles Forsøgsmateriale til at kontrollere de fundne Resultater. Imidlertid er det sandsynligt, at disse ere paa den rigtige Side; i Nærheden af Brudgrænsen maa man vel snarest vente, — ifølge Analogi med andre lignende Tilfælde, — at Nitterne tæt ved O udnyttes bedre end i Beregningen antaget, og dette gælder navnlig, hvis det er Trykket paa Hulranden, der er farligst; en Eftergiven ved den yderste Nitte vil strax medføre en Forøgelse af Trykket paa Nitterne længere inde.

Nittegrupper, der ere paavirkede paa denne Maade, have meget ofte en langstrakt Form, idet de bestaa af én eller flere Nitterækker med konstante indbyrdes Afstande mellem Nitterne (Fig. 59). I saa Fald begaar man ikke nogen videre Fejl ved at maale Afstandene y ud fra Gruppens Tyngdepunktsaxe (vinkelret paa Rækkerne), i Stedet for radialt ud fra Tyngdepunktet, og saaledes regner man derfor næsten altid. Man kan da benytte følgende Formler, idet n betegner Antallet af Nitter i en Række ($n-1$ Antallet af Mellemrum), t den konstante Nitteafstand:

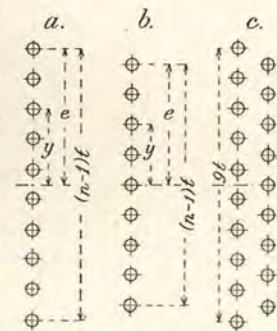


Fig. 59.

$$\text{Fig. 59a, } n \text{ lige: } \sum y^2 = 2t^2 \left(\binom{1}{2}^2 + \binom{3}{2}^2 + \dots + \binom{n-1}{2}^2 \right) \\ = \frac{1}{3} t^2 (1^2 + 3^2 + 5^2 + \dots + (n-1)^2) = \frac{1}{12} n (n^2 - 1) t^2,$$

$$\text{Fig. 59b, } n \text{ ulige: } \sum y^2 = 2t^2 \left(1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + \binom{n-1}{2}^2 \right) \\ = \frac{1}{12} n (n^2 - 1) t^2,$$

altsaa i begge Tilfælde for én Nitterække med n Nitter i konstant Afstand t :

$$\sum y^2 = \frac{1}{12} n (n^2 - 1) t^2. \quad (20)$$

F. Ex. for Nittegruppen i Fig. 59c, med 10 og 9 Nitter i Rækkerne, er

$$\sum y^2 = \left[\frac{1}{12} \cdot 10 (100 - 1) + \frac{1}{12} \cdot 9 (81 - 1) \right] t^2 = 142,5 t^2.$$

Ved en Dimensionsbestemmelse er der ikke andet at gøre end at prøve sig frem.

Talexempel. I Fig. 60 er der paa hver Side af en 13mm tyk Plade nitted et 15mm tykt Pladestykke, der springer frem for Midterpladen; til de to 15mm Plader overføres der et lodret Tryk paa 10^t gennem en Charnierbolt, og dette Tryk skal gennem Nitteforbindelsen føres videre til Midterpladen. Alle nødvendige Maal ere i Figuren angivne i mm; Nitterne ere 26mm. — Man begynder med at bestemme Tyngdepunktet *O* for de 7 Nitter; det ligger paa den vandrette Symmetriaxe for Forbindelsen og i Afstanden

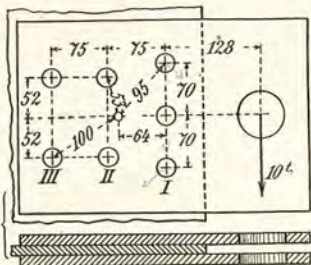


Fig. 60.

$$\frac{2 \cdot 75 + 2 \cdot 150}{7} = 64 \text{ mm}$$

fra Nitterækken *I*. Dernæst beregnes Nitternes Afstande fra *O*, hvorved man finder de i Figuren indskrevne Resultater, og herved dannes Σy^2 (i cm):

$$\Sigma y^2 = \begin{cases} 1 \cdot 6,4^2 = 40,96 \\ 2 \cdot 9,5^2 = 180,50 \\ 2 \cdot 5,3^2 = 56,18 \\ 2 \cdot 10,0^2 = 200,00 \\ \hline 477,64 \approx 478 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Idet $P = 10\,000 \text{ kg}$, $M = P \cdot (12,8 + 6,4) = 192\,000 \text{ kg cm}$, findes:

$$T_P = \frac{10\,000}{7} = 1430 \text{ kg}, \quad T_M = \frac{192\,000 \cdot 10}{478} = 4020 \text{ kg},$$

og Resultanten R ved Beregning ($R = \sqrt{T_P^2 + T_M^2 + 2T_P T_M \cos \alpha}$, hvor $\sin \alpha = 0,52$, $\cos \alpha = 0,854$) eller Konstruktion:

$$R = 5300 \text{ kg.}$$

Arealét af en 26mm Nitte er $5,30 \text{ cm}^2$, altsaa faas

$$\text{største Forskydning} = \frac{5300}{2 \cdot 5,3} = 500 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\text{største Tryk paa Hulranden} = \frac{5300}{2,6 \cdot 1,3} = 1570 \text{ kg/cm}^2.$$

II. Bolteforbindelser.

§ 7. **Skruebolte, Charnierbolte.** Alle saadanne specielle Anvendelser af Skrue- eller Bolteforbindelser som Stenskruer, Fundamentbolte, Hagebolte, Stagbolte, Efterspændingsindretninger for slappe Trækstænger osv. ville blive omtalte senere, efterhaanden som der bliver Brug for dem; her tænkes kun paa den Slags indre Forbindelser i en Konstruktion, der kunne sammenlignes med Nitteforbindelser. I saa Fald kan der skelnes mellem:

Skruebolte, der træde i Stedet for enkelte Nitter, Charnierbolte, der erstatte en hel Nitteforbindelse eller flere saadanne.

a. Skruebolte anvendes dels i raa, dels i afdrejet Tilstand. Uafdrejede (sorte) Bolte bør kun bruges til interimistiske Samlinger eller i saadanne Forbindelser, hvor Styrken ingen Rolle spiller, men i Virkeligheden anvendes de overmaade meget — ved ikke 1^{ste} Klasses Arbejde — navnlig i Husbygning til Bjælkesamlinger, i Tagkonstruktioner o. l. Det er naturligvis umuligt at faa saadanne Bolte til at passe nøjagtigt i Hullerne og følgelig ogsaa umuligt at faa Kraften til at fordele sig ensformigt over Boltene; Anvendelsen er derfor i alt Fald ganske utilstedelig, hvis man ikke kan bøde paa Manglerne ved en betydelig Forøgelse af Bolteantallet. Selv afdrejede Bolte have snarest en noget mindre Styrke end en almindelig god Nitning*), men paa den anden Side ere de langt paalideligere end en mindre godt udført Nitning. Nogen videre Friktion faas ikke, naar Nitterne i en Samling erstattes med Skruebolte; til Gengæld maa man derfor tilstræbe, at Boltene passe stramt i Hullerne, og dette kan kun opnaas ved afdrejede Bolte.

I 1^{ste} Klasses Konstruktioner kan der være Tale om at anvende Skruebolte i Stedet for Nitter i følgende Tilfælde:

naar Forbindelsen skal kunne løses;
naar Forbindelsen skal tilstede en lille Bevægelse, f. Ex. af Hensyn til Temperaturvariationer (Bolte i aflange Huller);
naar Støbejern skal samles med Støbejern eller smedeligt Jærn;

naar man vil undgaa Nitning ved Montering (mest ved Tagværker o. l., hvor man muligvis paa den Maade kan spare en Del paa Stilladser);

naar der af en eller anden Grund er for daarlig Plads til at kunne faa en Nitning ordentlig udført; herpaa maa man, som tidligere bemærket, have sin Opmærksomhed henvendt allerede ved Projekteringen af Detailkonstruktionerne, men der kan træffes Tilfælde, hvor man vanskeligt kan undgaa at maatte erstatte nogle faa Nitter med Skruebolte;

*) Se f. Ex. de i Noter S. 24 anførte Forsøg; samme Resultat have ogsaa mange andre Forsøg givet.

naar den samlede Tykkelse af de Plader eller Stænger, der skulle forbindes, bliver for stor (over $4d$ à $5d$), eller naar Nittediametren helst skal være større end 26^{mm} à 30^{mm} (Haand-, Maskinnitning);

naar Nitterne vilde blive paavirkede til Træk efter deres Længderetning; denne Paavirkningsmaade bør som tidligere omtalt saa vidt muligt undgaas ved Nitter. Naar Skruebolte paavirktes til Træk, erindres det, at man kun maa regne med Kærnetværnsnittet.

Der anvendes altid skarpgænget Gevind, af et af de almindelige Skruesystemer, her mest Whitworth's; et sexkantet eller ved grovere Arbejde firkantet Hoved i den ene Ende (Højde ca. $0,7 \times$ Boltediametren d) og en tilsvarende Møttrik (Højde lig Boltediametren d) ved den anden. Undertiden bruges ogsaa Bolte, hvis Hoved er formet ganske som et Nittehoved, navnlig (for Udseendets Skyld) hvor nogle enkelte Nitter i en Række ere erstattede med Bolte. Under Møttrikken lægges ofte en Underlagsskive (Diameter $1\frac{1}{2}$ Gange Møttrikkens, Tykkelse $0,1d + 0,2^{\text{cm}}$.) Ved skraa Anlægsflader, f. Ex. paa Indersiden af Flangerne paa \square - eller Γ -Jærn) maa bruges tilsvarende skraa Underlagsskiver. Angaaende alle Enkeltheder vedrørende Gevindets og Møttrikkens Form m. m. kan her henvises til Borch's Maskinlære II.

Den stramme Pasning i Boltehullet kan opnaas enten med et cylindrisk eller et konisk Bolteskaf. Den cylindriske Bolt er den almindeligste og simpleste; Afdrejningen bør udføres saa nøjagtigt i Forhold til Huldiametren, at Boltens ikke uden videre kan stikkes igennem Hullet, men maa drives ind med lette Hammerslag. Konisk afdrejede Bolte (Konicitet $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{50}$) kræve tilsvarende nøjagtigt oprevne koniske Huller; Boltehovedet falder her bort, men til Gengæld maa Skaftets Længde være saaledes afpasset, at det



Fig. 61.

staar et Par Millimeter frem for Pladerne, efter at Møttrikken er spændt til (Fig. 61). — For begge Slags Bolte maa Gevindet først begynde udenfor de Plader, der skulle samles (se Fig. 61).

Efter at Møttrikken er trukken fast an, sikrer man den undertiden i sin Stilling ved at nitte den fremstaaende Del af Gevindet ned over Møttrikken, ved Kørnslag ned mellem Skruegænger og Møttrik eller ved

at bore en Stift ind paalangs, halvt i Boltens, halvt i Møttrikken.

En Bolteforbindelse som her beskrevet beregnes ganske som en Nitteforbindelse, altsaa for Forskydning og Tryk paa Hulranden. Man bør regne med lidt mindre (f. Ex. 10%) Paavirkninger end for Nitter. Ogsaa alle de sædvanlige Regler for Nitteafstande, Gruppering af Nitterne osv. kunne uden videre overføres hertil. I Stedet for Minimumsafstanden $3d$ for Nitter bør man for Skruebolte dog sætte $3\frac{1}{2}d$, for at der kan blive Plads til at spænde til.

b. Charnierbolte. Det karakteristiske for Forbindelser ved Hjælp af Charnierbolte er, at én saadan Bolt træder i Stedet for en hel Gruppe Nitter. Der kan da frit foregaa en Drejning om denne ene Bolt, eller rettere en Drejning hindres kun af Friktionen langs Boltens Overflade, medens derimod en nitte Forbindelse er ganske stiv. Det er navnlig ved Knudepunktsforbindelser i Gitterdragere, man anvender Charnierbolte, og i Enkelthederne udformes Forbindelsen her paa en af følgende to væsentlig forskellige Maader:

1. De forskellige i Knudepunktet sammenløbende Stænger fastgøres hver ved sin Bolt til en Plade (Knudeplade), der altsaa fungerer som det egentlige Forbindelsesmiddel mellem Stængerne. Naturligvis kan man nitte nogle af Stængerne til Knudepladen og kun anvende Bolteforbindelse for Resten.

2. Alle de i Knudepunktet sammenløbende Stænger omslutte eller støtte mod én fælles Charnierbolt, som er anbragt med sin Axe i det matematiske Knudepunkt og selv danner den eneste Forbindelse mellem Stængerne. Det er denne Slags Bolteforbindelser (»pin-connections«), der tidligere har været anvendt ved alle mulige Jærnkonstruktioner i Nordamerika, og som endnu næsten udelukkende anvendes der ved større Brodragere.

1. Naar der kun er Tale om ved én Bolt at forbinde en enkelt Stang med Knudepladen, bliver Boltens Længde aldrig ret stor. Man sørger selvfølgelig for Symmetri ved enten at gøre Stangen dobbelt (gaffeldelt), saa den griber op paa begge Sider af Knudepladen, eller ved at gøre Knudepladen dobbelt og lade Stangen stikke op i Mellemmrummet. Idet Boltens som sagt bliver kort, kan den ligesom Skrueboltene ovenfor gøres konisk (sjældent) eller cylindrisk (den

er naturligvis altid afdrejet) og forsynes med et Hoved i den ene Ende og en Møttrik eller (sjældnere og ikke saa godt)

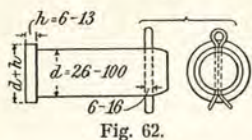


Fig. 62.

blot med en Split og muligvis en Underlagsskive ved den anden (Fig. 62)*. Friktionen langs Boltens Overflade vil i Almindelighed være stor nok til under normale Forhold at hindre en Forskydning i Boltens Længderetning. Man kan derfor godt bruge mindre Højde af Hoved og Møttrik end ved de sædvanlige

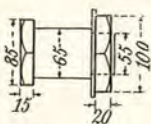


Fig. 63.

Skruebolte, f. Ex. ved de mindre Dimensioner kun $\frac{1}{2}d$; ved større Boltediametre gaar man endnu videre i denne Retning**) og giver ogsaa den skrueskaarne Del en mindre Diameter end Boltens ellers (se Fig. 63).

Formen af det Øje paa Stangen, der omslutter Boltens, vil blive omtalt senere.

Man beregner disse Bolte ligesom Nitter og Skruebolte baade for Forskydning og Tryk paa Hulranden og desuden for Bøjning. Det tilladelige Tryk paa Hulranden, der for Nitter sættes til $s = 2r_f = 1,6r$ ($r =$ tilladelig Trækspænding), regnes her undertiden en Del lavere for dog ikke helt at umuliggøre en Drejning om Boltens, f. Ex. ofte til $\frac{1}{3}r$. Ved Undersøgelsen for Bøjning tænker man sig den fra en Stang til Boltens overførte Kraft virkende som en Enkeltkraft midt i Berøringsfladen***). Paa Grund af denne noget for ugunstige Antagelse, og fordi som bekendt Brudmodulus for Bøjning ved cirkulært Tværsnit er betydelig større end Brudgrænsen for Træk (se T. E., S. 263—64, efter Materialets Haardhed ca. 1,5—2,5 Gange saa stor), regner man den tilladelige Bøjningspaavirkning større end r , f. Ex. lig $\frac{3}{2}r$ †). — Naar til-

*) Am. Br. Co.'s standards (1903) for »cotter pins«; Maalene ere Millimeter; i Udgaven 1911 er der ændret ubetydeligt paa nogle af Maalene.

**) Gerber anvendte i sin Tid disse Bolteforbindelser ved adskillige Brokonstruktioner og benyttede for en Boltediameter paa 50—100 mm kun en Højde af Hovedet paa 13—15 mm og af Møttrikken paa 10—12 mm.

***) Undertiden ogsaa ensformig fordelt over den midterste Halvdel af Berøringsfladens Bredde (Cooper's specifications).

†) Det er ret almindelig amerikansk Praxis at regne den tilladelige Bøjningsspænding lig 2 Gange den tilladelige Forskydningsspænding (saaledes Am. Br. Co.'s Specifications and tables etc., Boston 1911).

ladelig Trækpaavirkning kaldes r , kan man altsaa for Boltene her sætte:

$$\left. \begin{aligned} \text{tilladelig Forskydningspaavirkning} &= \frac{4}{3}r, \\ \text{» Bøjnings-»} &= \frac{3}{2}r, \\ \text{» Tryk paa Hulranden} &= \frac{4}{3}r \text{ à } \frac{3}{2}r. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Man gennemfører Beregningen for alle tre Paavirkningsmaader og vælger den største af de fundne Dimensioner. For Bøjningen faas med nævnte tilladelige Paavirkning, idet største Moment kaldes M :

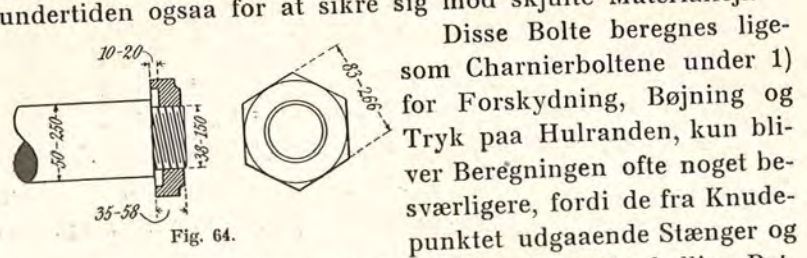
$$\frac{3}{2}r \cdot \frac{1}{32} \pi d^3 = M, \quad d = 1,9 \sqrt[3]{\frac{M}{r}}. \quad (22)$$

2. Naar hele Knudepunktsforbindelsen iværksættes ved én Charnierbolt, faar denne let betydelig større Dimensioner end de hidtil omtalte Bolte. Ved de amerikanske Boltebroer anvendes saaledes Boltediametre op til 250 mm, i enkelte Tilfælde er man endog naaet til 305 mm og 3 m Længde af Boltens. Paa Grund af den store Længde maa Boltens gøres cylindrisk (ikke konisk), og man maa forsyne den med Møttrik i begge Ender; kun ved mindre vigtige Forbindelser erstattes Møttrikken med en Split som i Fig. 62. Boltene forlanges at skulle passe i Hullerne med et meget lille Spillerum*). — Den skrueskaarne Del har altid en noget mindre Diameter end Bolteskafte. Tidligere anvendtes almindelige massive, flade Møttrikker, undertiden med en løs Ring, der kunde glide ind over Boltens cylindriske Del, som Underlagsskive, saaledes at man ved at spænde Møttrikken til fik de ved Boltens forbundne Stænger pressede sammen ved Hjælp af Ringen. Nu anvendes saa godt som udelukkende de saakaldte Lomas-Møttrikker, hvorved den omtalte Ring bliver overflødig, (Fig. 64 viser den ene af de to ganske ens Ender af en almindelig amerikansk Charnierbolt med saadanne Lomas-Møttrikker**), eller Boltens bores igennem paa langs, og en spinkel Skruebolt føres igennem Hullet og presser et Par skaalformede Underlagsskiver, af lignende Form som Lomas-Møttrikkerne,

*) I Am. Br. Co.'s »Specifications and tables for steel framed structures«, Boston edition 1913, foreskrives saaledes: Spillerummet højst $\frac{1}{16}$ in. ($\frac{1}{2}$ mm) for Boltediametre op til 5 in. (127 mm), højst $\frac{1}{8}$ in. (0,8 mm) for større Bolte.

**) Am. Br. Co.'s standards for »pins with Lomas nuts«; Maalene ere Millimeter.

ind mod Stængerne. Gennemboingen af Bolten forlanger man undertiden ogsaa for at sikre sig mod skjulte Materialfejl.



Disse Bolte beregnes ligesom Charnierboltene under 1) for Forskydning, Bøjning og Tryk paa Hulranden, kun bliver Beregningen ofte noget besværligere, fordi de fra Knudepunktet udgaaende Stænger og altsaa de paa Bolten virkende Kræfter have forskellige Retninger (se Tal eksemplet i § 11). Man maa da opløse alle Kræfterne i deres lodrette og vandrette Komposanter, behandle hvert af disse to Sæt for sig og tilsidst sammensætte Transversalkræfter og Momenter for de enkelte Snit; de resulterende Værdier $\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$ og $\sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ give da Forskydnings- og Bøjningsspændingerne. Trykket paa Hulranden undersøges derimod for hver Stang for sig. Som tilladelige Paavirkninger kan man bruge de ved (21) givne.

Under Konstruktionen af større Brodragere (J. K. III, § 16) komme vi nærmere ind paa disse Bolteforbindelser.

ANDET AFSNIT.

Bjælker.

§ 8. Valsede Bjælker. Naar der ses bort fra specielle Anvendelser (som Γ -Jærn til Aase o. l.), er det af de valsede Profiler Γ - og \square -Jærn, der benyttes som Bjælker, og da navnlig de første. Valsede Bjælker anvendes saa godt som altid, naar de blot kunne faas stærke nok, først og fremmest fordi de ere simplere og sædvanligvis billigere end de nittede Bjælker, dernæst ogsaa fordi de ere mindre udsatte for Rust, da der ingen Fuger findes, hvor Fugtighed kan samle sig. Naar man kommer op til de største Profilnumre, kan det hænde, at en nittede Drager kan faas lidt billigere, idet man muligvis kan variere denne sidstes Tværnsnit og bruge en Kropplade, der er tyndere end den valsede Γ -Bjælkes Krop, og saaledes faa Vægten saa langt ned, at Forskellen i Priserne pr. kg mere end opvejes; men ikke desto mindre foretrækker man ofte den valsede Bjælke. Det er ret almindeligt gjort gjældende, at man ved de største Profiler bør regne med en noget mindre Fiberpaavirkning end normalt (f. Ex. ned til $\frac{1}{3}$) af Hensyn til de fra Valsningen hidrørende indre Spændinger.

Hvor Normal- Γ -Jærnene ikke ere tilstrækkelige, kan man med Fordel anvende de bredflangede Differdinger-Profiler; man vil ofte kunne komme igennem med dem i saadanne Tilfælde, hvor man tidligere har været henvist til de nittede Dragere. Det synes, som om Valse-Spændinger optræde i ringere Grad i disse Bjælker end i Normalprofilerne. Særlig fordelagtige ere de, hvor der er Tale om skæv Belastning, og hvor det er af Betydning at formindske Højden (hvis dette gaar an af Hensyn til Stivheden). Ved meget korte Bjælke-

længder maa man erindre, at Forskydningsspændingerne maa ske kunne blive farlige (se T. E., S. 207).

Paa Grund af den store Flangetykkelse, som de valsede Bjælker sædvanligvis have, bevirke Nitte- eller Boltehuller i Flangen en betydelig Svækkelse; man maa derfor saa vidt muligt undgaa dem (se saaledes J. K. II, S. 10, og J. K. III, S. 310), eller hvis dette er umuligt, i alt Fald tage Hensyn til Svækkelsen. Naar der i samme Tværsnit findes et Hul baade i Hoved og Fod, formindskes Modstandsmomentet med

$$\Delta W = fh = td \cdot h, \quad (23)$$

hvor d er Hullets Diameter, t Flangetykkelsen og $f = td$ altsaa Diametralsnittet i Hullet; h sættes nøjagtigt nok lig hele Bjælkens Højde. Forekommer der derimod i Tværsnittet kun et Hul i den ene Flange, kan man med en altid tilstrækkelig nøjagtig Tilnærmelse regne Formindskelsen i Modstandsmomentet lig*)

$$\Delta W = \frac{2}{3}fh = \frac{2}{3}td \cdot h. \quad (23a)$$

Naar man ikke kan faa en valset Bjælke stærk nok, har man undertiden hjulpet sig ved at nitte en Lamel (et Fladjærn) paa Hoved og Fod; men paa Grund af den stærke Svækkelse, der foraarsages af Nittehullerne, er dette i Almindelighed ingen praktisk Udvej.

Derimod anvender man ofte, naar én Bjælke alene ikke er stærk nok, to (undertiden ogsaa flere) tæt ved Siden af hinanden. Hvis Belastningen ikke af sig selv fordeler sig ganske ensformigt over de to Bjælker, hvad kun sjældent vil være Tilfældet, maa man forbinde dem med hinanden, saa

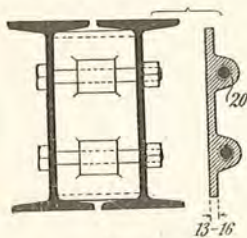


Fig. 65.

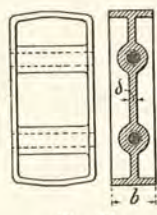


Fig. 66.

de tvinges til at følges ad. Dette kan gøres ved en Støbejærns-Separator og Bolte, som vist i Fig. 65 og 66. Formen

*) Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 302.

i Fig. 65 (amerikansk) er langt den simpleste og i Virkeligheden altid god nok; Separatoren i Fig. 66 (tysk) kræver en nøjagtigere Udførelse, idet den skal passe stramt ind mellem Bjælkernes Flanger*). I Stedet for en Støbejærns-Separator kan man maaske bruge et Stykke \square -Jærn, der anbringes lodret, saa der kan boltes eller nittes gennem Bjælkernes Krop og \square -Jærnets Flanger, eller man kan anvende en nittet Forbindelse, bestaaende af et lodret Pladestykke, kantet med Vinkeljærn. — Undertiden nøjes man med en Forbindelse ved Hjælp af to Stagbolte over hinanden (d. v. s. Bolte, der inde mellem de to Bjælkens Kroppe ere omsluttede af et Rør, f. Ex. et Stykke Gasrør), ved de mindste Profiler kun en enkelt; en saadan Forbindelse kan dog aldeles ikke fordele Belastningen ensformigt over de to Bjælker, saa den bør kun bruges i ganske underordnede Tilfælde.

Ved Dimensionsbestemmelsen af valsede Bjælker maa det erindres, at man undertiden ogsaa bør tage Hensyn til Stivheden (T. E., S. 213—14). I almindelig Husbygning kan f. Ex. tillades en Nedbøjning paa højst $\frac{1}{500}$ af Bjæklængden l , og naar Bjælken er stærk nok, vil ogsaa denne Fordring være opfyldt, hvis for simpelt understøttede Bjælker med ensformig Belastning og $r = 900$ à 1200 kg/cm² blot $h \geq \frac{1}{25}l$ à $\frac{1}{17,2}l$. I Brokonstruktioner bør Nedbøjningen holdes endnu mindre, f. Ex. kun $\frac{1}{1000}$ af Længden.

Naar valsede Bjælker ikke længere kunne faas stærke nok, maa man gaa over til at anvende Pladejærnsdragere.

§ 9. Nittede Pladejærnsdragere. Som Tværsnittet i Fig. 67 viser, bestaar en Pladejærnsdrager af en Kropplade, hvortil der foroven og forneden er nittet ialt 4 Vinkeljærn; oven-

*) De i Fig. 65 angivne Dimensioner (Millimeter) ere tagne efter Am. Br. Co.s standards. Højden af Separatoren er efter disse kun saa stor som til de i Fig. punkterede Linier (hvor Profilets Afrundinger begynde), men en virkelig effektiv Forbindelse faas kun, naar den er saa høj, at den passer ind mod i alt Fald det første Stykke af Rundingerne. For Bjælkehøjder under 25 cm anvender Am. Br. Co. kun én Bolt paa Midten. — I Fig. 66 kan man (efter Geusen: Die Eisenkonstruktionen, Berlin 1909, S. 29) for en Bjælkehøjde op til ca. 40 cm sætte to, derover tre Bolte; disses Diameter d kan gøres: 20, 23 eller 26 mm, eftersom Bjælkehøjden naar op til 30, 40 eller 55 cm; endvidere $b = 3d$, $\delta = 0,6d$.

paa og nedenunder disse kan der endvidere være nittet et større eller mindre Antal af vandrette Plader, Lamellerne. Vinkeljærn og Lameller kaldes under ét Flangerne. Af alle de mange Dimensioner maa man naturligvis vælge de fleste — og saa bestemme Resten saaledes, at Modstandsmomentet bliver tilstrækkeligt; — vi skulle derfor begynde med at angive nogle omtrentlige Grænser for de forskellige Dimensioner og de Hensyn, man maa tage ved Valget.

Dragerhøjden, der i Almindelighed holdes konstant (se J. K. III, S. 353), vælges gerne mellem $\frac{1}{8}$ og $\frac{1}{15}$ af Længden under Hensyn til den disponible Konstruktionshøjde, Belastningens Størrelse (størst ved stærk Belastning) og Stivheden; Højden gøres i Almindelighed større for Brodragere ($\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{12}$ af Længden) end for Dragere i Husbygning ($\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{15}$). Hvad Stivheden angaar, kan man f. Ex. i Husbygningskonstruktioner forlange, at største Nedbøjning ikke maa overskride $\frac{1}{5000}$ af Længden, i Brokonstruktioner (her for bevægelig Belastning alene) $\frac{1}{12000}$ af Længden. For dette sidste Tilfælde kommer man ved Hjælp af Formel (118) i T. E., S. 233, til Betingelsen:

$$\frac{h}{l} > \frac{800 r p}{3 E q}, \quad (24)$$

hvor p betegner den bevægelige, q den totale Belastning, r største tilladelige Paavirkning (for bevægelig Belastning alene er den tilladelige Paavirkning da $\frac{P}{q} r$). — Vi skulle senere angive en Tilnærmelsesformel for den mest økonomiske Højde, den Højde, der medfører den mindste Vægt af Drageren; den kan i Almindelighed antages at ligge ved $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{10}$ af Længden.

Kroppladens Tykkelse ligger som Regel mellem 8 og 13 mm. Tykkelsen bør ikke være under 8 mm af Hensyn til Rust, i alt Fald ikke ved en Drager i fri Luft; i Hoveddragere for Broer gøres den sædvanligvis ikke under 10 mm. En Beregning af Tykkelsen δ er ikke mulig, hvorom nærmere nedenfor. I Almindelighed vælger man den efter et Skøn i Forhold til de øvrige Dimensioner, men man har ogsaa forskellige empiriske Formler, f. Ex. *)

$$\delta \text{ (mm)} = 8 + 2h \text{ à } 9 + 2,5h \text{ (} h \text{ i Meter)}, \quad (25)$$

*) Melan: Eiserne Brücken I, S. 91—92; Vianello (Der Eisenbau, 1905, S. 111) sætter $\delta = 7 + 4h$.

hvis Resultater dog ikke altid kunne bruges. — Indtil en Højde af 60—80 cm anvendes Universaljærn, derover Plader. Naar der anvendes Lameller, gøres Kroppladens Højde undertiden (saaledes sædvanligt i Amerika) 5—10 mm mindre end Afstanden mellem Over- og Undersiden af Flangevinkeljærnene, hvorved man undgaar at maatte høvle Kroppladen langs Kanterne.

Vinkeljærnene i Flangerne ere sjældent mindre end 60 · 60 · 8 mm. Deres Tykkelse maa ikke være mindre end Kroptykkelsen, helst heller ikke mindre end Lameltykkelsen. En amerikansk Regel*) siger, at Vinkeljærnene skulle udgøre Halvdelen (undertiden siges kun en Trediedel) af Flangearealet, og at man, hvis dette ikke kan naas, skal tage de største, man kan faa. Meningen med en saadan Regel er dog kun, at man ikke skal tage for smaa Vinkeljærn; altfor bogstaveligt skal Reglen ikke forstaaes. Oftest anvendes ligsidede Vinkeljærn, men forøvrigt er det særdeles økonomisk at bruge uligsidede med den lange Flig vandret; Materialet fjernes herved mere fra den neutrale Axe, og man kan gaa til en større Lamelbredde. Normallængden (8—10 m) overskrides ofte, hvis man derved kan undgaa Stød. Skulle Vinkeljærnene stødes, bør man ikke tage deres indvendige Bredde mindre end $3\frac{1}{2}$ à 4 Gange Nittediametren.

Lamellernes Tykkelse ligger gerne mellem 8 og 16 mm, men kan undtagelsesvis gaa højere op (til 20—26 mm). Den største samlede Tykkelse af Vinkeljærn og Lameller maa af Hensyn til Nitningen ikke overskride $4d$ (d = Nittediametren), og skal helst holdes en Del mindre. Nu til Dags anvendes sædvanligvis kun indtil 3 eller 4 Lameller af samme Bredde og i Reglen ogsaa (men ikke aldeles nødvendigt) af samme Tykkelse; hvis Tykkelsen er forskellig, maa den helst aftage udad. I ældre Dragere findes derimod ofte 5—6 Lameller. Bredden angives helst i hele cm. Den mindste brugelige Bredde er $2b_v + \delta + ca. 5 \text{ mm}$, idet b_v betegner den vandrette Vinkelfligs Bredde, δ Kroptykkelsen (se Fig. 67),

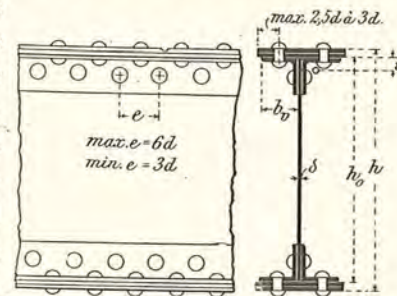


Fig. 67.

*) Pladejærnsdragere anvendes i Nordamerika i større Udstræk-

men man lader i Reglen dog Lamellerne rage noget længere udenfor Vinkeljærnene, bedst saa meget at Laskerne ved Vinkeljærnsstødene ikke stikke udenfor. — Den største tilladelige Bredde skal, hvis der findes mere end én Lamel, bestemmes saaledes, at Fugerne mellem Lamellerne endnu kunne holdes tætte. Hertil kræves ifølge Reglerne i § 5, at Afstanden (se Fig. 41, S. 47) fra Nittemidte til Kanten af Lamellerne ikke maa overskride 2,5 à 3*d* (aller højst); anbringer man som sædvanligt Nitterne omtrent midt i Vinkelfligen, fører dette til, at man ved enkelt Nitterække i Vinkeljærnene omtrent kan sætte

$$\text{største Lamelbredde} = b_v + 6 \text{ à } 7d; \quad (26)$$

med Zigzagnitning kan derimod bruges

$$\text{største Lamelbredde} = 2b_v + 2,5d. \quad (26a)$$

Skal man nødvendigvis have endnu større Bredde, maa der tilføjes en Nitterække gennem Lamellerne alene udenfor Vinkeljærnet (se Fig. 68), men denne Ordning er ikke særlig heldig, da Kanten af Lamellerne, navnlig hvor der kun findes én Lamel, let vil slaa Folder i den trykkede Flange; den bruges derfor egentlig ikke mere (i alt Fald bør der da tilføjes en Forstærkning af Lamelkanten, f. Ex. ved et Vinkeljærn, som punkteret til højre i Fig. 68).

Ved spinkle Dragere kan man maaske helt undvære Lameller. Der kan ganske vist herimod indvendes, at Fugerne mellem Vinkeljærn og Kropplade vanskeligt blive helt tætte og i Hovedet ere meget udsatte for Indtrængen af Fugtighed, men i alt Fald under Tag er dette ikke tilstrækkelig Grund til at forkaste Konstruktionen, og selv i fri Luft anvender man den ofte, og hvis man ellers vilde komme til altfor spinkle Dimensioner, med Rette. Der spares ikke ubetydeligt i Arbejdsløn ved Udeladelse af Lamellerne.

Nitterne i de fortløbende Nitterækker anbringes i Reglen, som det fremgaar af Fig. 67. Hovedets og Fodens Nitter sidde lodret over hinanden, men de lodrette ere forsatte for (sæd-

ning end andet Steds, — som Brodragere almindeligt op til 30—35^m Spændvidde, — saa de praktiske Regler, som have udviklet sig der, fremtræde med en betydelig Autoritet.



Fig. 68.

vanligvis midt mellem) de vandrette. Et Tværnsnit i Drageren svækkes altsaa enten ved 4 lodrette Nittehuller eller ved 2 vandrette. Ved større Vinkeljærn end Nr. 11 à 12 bruges gerne Zigzagnitning, og i saa Fald forekomme begge de to Ordninger i Fig. 69 og 70. I Fig. 70 svækkes Tværnittet ved

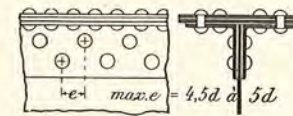


Fig. 69.

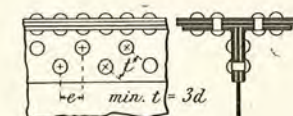


Fig. 70.

6 Nittehuller, i Fig. 69 derimod kun ved de 4 lodrette Nitter; dog kan Forsætningen af Nitterne i sidste Tilfælde ikke anses for saa effektiv, at man kan regne paa den, med mindre de lodrette og vandrette Nitter ere mindst 1,5*d* forsatte for hinanden; hvor dette ikke er Tilfældet, bør man derfor alligevel regne Svækkelsen som i Fig. 70.

Af andre Former for Pladejærnsdragere end den hidtil beskrevne normale skal nævnes Kassedrageren, hvis Tværnsnit ses i Fig. 71. Den anvendes i Tilfælde, hvor Højden er meget kneben og Belastningen stor, saa man ellers vilde faa urimelig stor Bredde af Lamellerne. Formen er dog uheldig paa Grund af det aflukkede Rum mellem Kropene, hvor man ikke kan komme til at foretage Eftersyn og Maling, og tillige højst uøkonomisk, idet de to Kroppe sluger altfor meget Materiale; man undgaar den derfor saavidt muligt. Bedre er det, ligesom omtalt for valsede Bjælker, at lægge to eller flere almindelige Pladejærnsdragere ved Siden af hinanden;

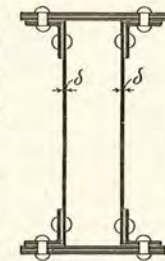


Fig. 71.

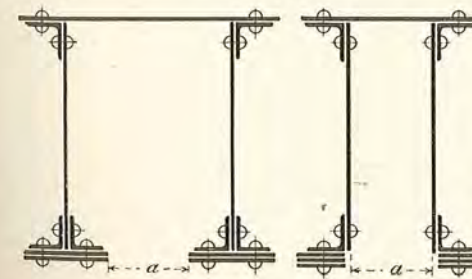


Fig. 72.

de forbindes i saa Fald ved lodrette Tværplader, der nittes til Kroppladerne ved Vinkeljærn. Ved stor Bredde af Drageren kan man ogsaa bruge et af Tværnittene i Fig. 72; Afstanden *a* maa da afpasses saaledes efter Højden, at man

kan komme til at efterse og male indvendigt. — Naturligvis kan man i enkelte specielle Tilfælde med Fordel benytte

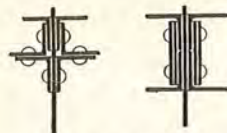


Fig. 73.

helt andre Former af Flangerne, navnlig af Hovedet; Fig. 73 viser et Par Exempler herpaa*).

Dimensionsbestemmelse. Største Momenter M og Transversalkræfter Q i de forskellige Punkter antages bekendte, ligesaa den tilladelige Fiberpaavirkning r . Man har da strax de nødvendige Modstandsmomenter i de forskellige Punkter,

$$W = \frac{M}{r}.$$

En tilnærmende Bestemmelse af Dimensionerne kan faas ved de bekendte Formler (T. E., S. 190—91):

$$W = F \cdot h_t \quad \text{eller} \quad W = (F + \frac{1}{8} K) h_t,$$

hvor F betyder det nyttige Areal af én Flange (Lameller og Vinkeljærn), K det nyttige Areal af Kroppladen og h_t Afstanden mellem Flangernes Tyngdepunkter. Dragerhøjden (og dermed ogsaa paa det nærmeste Krophøjden h_o , se Fig. 67) er enten givet paa Forhaand, eller den vælges indenfor de tidligere angivne Grænser, f. Ex. (efter (34) nedenfor eller ved Forsøg) saaledes, at Dragerens Vægt bliver saa lille som mulig. Flangerne svækkes mest ved de lodrette Nittehuller (se Fig. 67), hvis der overhovedet anvendes Lameller, ellers ved de vandrette. Kroppen maa regnes svækket ved en lodret Række Nittehuller (ved Stød eller Afstivninger, hvorom nedenfor); man tager nøjagtigt nok Hensyn hertil ved at indføre $\frac{3}{4}$ af Kroptykkelsen δ i Stedet for selve Kroptykkelsen, altsaa ved at regne det nyttige Areal

$$K = \frac{3}{4} \delta h_o. \tag{27}$$

Idet man til at begynde med skønner h_t — f. Ex. lig h_o eller lidt mindre, — og siden retter derpaa ved at regne om, faas nu Størrelsen af det nødvendige nyttige Flangeareal:

$$F = \frac{W}{h_t} \quad \text{eller} \quad F = \frac{W}{h_t} - \frac{1}{8} \delta h_o, \tag{28}$$

og man har saa kun at sammensætte et Flangetværsnit, hvis nyttige Areal er lig det fundne F . I den første af Formlerne

*) Tekn. Foren. Tidsskr. 1896—97, S. 269.

(28) regner man gerne den Del af Kroppladen, der ligger mellem Vinkeljærnene, med til Flangearealet, i den 2^{den} indbefatter F kun Lameller og Vinkeljærn; paa den Maade er det ret ligegyldigt, hvilken af Formlerne man benytter. Man begynder bedst med at slaa det største Flangetværsnit fast; de her valgte Vinkeljærn og Lameldimensioner bruges over hele Længden, men Lamellernes Antal formindskes, efterhaanden som Størrelsen af det nødvendige F tillader det. Den simpleste Maade til at bestemme de enkelte Lamellængder vises nedenfor.

I Praxis bliver man ikke sjældent staaende ved disse Tilnærmelsesformler. Vil man imidlertid anstille en nøjagtigere Beregning, hvad kun kan anbefales, bør man dog først ved Tilnærmelsesformlerne skaffe sig saa meget Begreb om Dimensionerne, at Kroppladen og Vinkeljærnsprofilen kan betragtes som fastslaaet. Under den nøjagtige Beregning behøver man saa kun at forandre paa Lameldimensionerne, og en Ændring af dem foretages meget let.

Inertimomentet af Tværsnittet om den neutrale Axe kan naturligvis altid findes ved Summering af de enkelte Deles Inertimomenter. Ser man bort fra Vinkeljærnenes Afrunding, kan hele Profilet deles i Rektangler; i Almindelighed vil det dog være mere praktisk at regne med Kropplade, Vinkeljærn og Lameller hver for sig, og man finder da med Betegnelserne i Fig. 67 det nyttige Inertimoment:

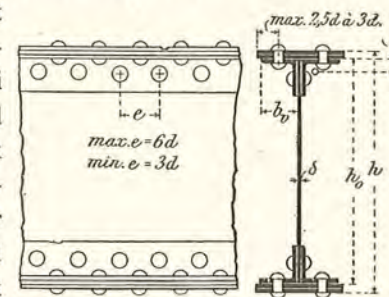


Fig. 67.

$$I = \begin{cases} \text{(fra Kroppen): } \frac{1}{12} (\frac{3}{4} \delta) h_o^3 \\ \text{(» Vinkeljærn): } \begin{cases} 4 I_v + \\ 4 F_v (\frac{1}{2} h_o - \xi)^2, \end{cases} \\ \text{(» Lameller): } \frac{1}{2} F_l h_l^2, \end{cases} \begin{cases} I_v = \text{Inertimom. af ét} \\ \text{Vinkelj. om dets vand-} \\ \text{rette Tyngdepunkts-} \\ \text{axe, } F_v = \text{nyttigt Areal} \\ \text{af ét Vinkeljærn, } \xi = \\ \text{Tyngdepunktsafst.,} \\ F_l = \text{nyttigt Lamelareal i den} \\ \text{ene Flange, } h_l = \frac{1}{2} (h + h_o) = \text{Af-} \\ \text{standen mellem Tyngdepunk-} \\ \text{terne for de to Lamelarealer } F_l. \end{cases} \tag{29}$$

I_v , F_v og ξ tages fra Profiltabellerne. Fradraget for Nittehuller i Vinkeljærnene er ikke opført helt korrekt, men Fejlen er ubetydelig; endvidere er der ikke taget Hensyn til Inertimomenterne af de to Lamelarealer F_l om deres egne Tyngdepunktsaxer (Lamellernes Bidrag til I er nøjagtigt lig $\frac{1}{12} b_n (h^3 - h_0^3)$, hvor b_n er den nyttige Lamelbredde). Endelig er $W = I : (\frac{1}{2} h)$.

Har det fundne W ikke den ønskede Størrelse, vil en Ændring ΔF af Lamelarealet næsten nøjagtigt frembringe en Ændring af Modstandsmomentet

$$\Delta W = \Delta F \cdot h'_1, \quad (30)$$

hvor h'_1 er Afstanden mellem Tyngdepunkterne for de tilføjede eller borttagne Arealer ΔF .

Har man mange Beregninger af Pladejærnsdragere at udføre, benytter man med Fordel specielle Tabelværker, af hvilke der nu findes flere*). Heri er som Regel ikke taget Hensyn til Kroppens Svækkelse ved Nittehuller, og i saa Fald bør det i Tabellen fundne W formindskes med: $\frac{1}{12} \cdot (\frac{1}{4} \delta) h_0^3 : \frac{1}{2} h \approx \frac{1}{24} \delta h_0^2$.

Længden af Lamellerne bestemmes bedst grafisk ved Hjælp af en Kurve for de nødvendige Modstandsmomenter (Fig. 74). Hvis den tilladelige Fiberpaavirkning er konstant, ere M og W proportionale, saa man kan benytte Maximalmomentkurven; ved kontinuerlige Bjælker, Gerberdragere o. l., hvor man maaske varierer den tilladelige Fiberpaavirkning, maa man derimod tegne en særlig Kurve op for det nødvendige W ved at beregne tilstrækkelig mange af dens Ordinatorer.

I Fig. 74 angiver den punkterede Kurve de nødvendige Modstandsmomenter. Hvis man nu har bestemt et Dragertværsnit, der f. Ex. med 3 Lameller passer til det nødvendige W_{max} , trækker

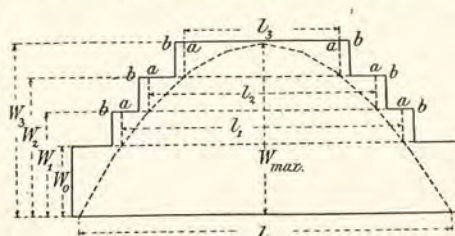


Fig. 74.

*) Her nævnes: Zimmermann: Genietete Träger, Berlin 1893 (et Uddrag heraf i »Hütte«), Böhm og John: Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern, Berlin 1913 (vel f. T. det omfangsrigeste og bedst ordnede Værk), Scharowsky: Widerstandsmomente und Gewichte genieteter Träger, Hagen 1898.

man, som vist i Figuren (hvor Krophøjden er forudsat konstant), vandrette Linier, hvis Ordinatorer ere lig de virkelige Modstandsmomenter W_3 , W_2 , W_1 og W_0 af dette Tværsnit med 3, 2, 1 og ingen Lameller, og finder saaledes de theoretiske Endepunkter a af Lamellerne. I Virkeligheden maa Lamellerne forlænges saa langt forbi disse theoretiske Endepunkter, at der mellem dem og de virkelige Endepunkter b kan blive Plads til mindst ét, eller hellere to Par Nitter; i Punkterne a skulle de nye Lameller nemlig strax begynde at fungere, og de maa derfor allerede forinden være forbundne med det øvrige Tværsnit. Afstanden ab afhænger saaledes af Nitternes Placering; kender man ikke denne, vil man altid være paa den sikre Side ved at sætte Overlængden $ab = 10d$. — Er Modstandsmomentkurven en Parabel med største Ordinat W_{max} , findes de theoretiske Lamellængder simplest ved Beregning, hvorved (Fig. 74):

$$\left. \begin{aligned} l_3 &= l \sqrt{1 - W_2 : W_{max}}, \\ l_2 &= l \sqrt{1 - W_1 : W_{max}} \text{ osv.} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

Meget ofte lader man den inderste Lamel fortsætte sig over hele Længden, selv om det ikke er nødvendigt for Styrkens Skyld; i Fugerne mellem Kropplade og Vinkeljærn vilde der ellers let, navnlig i Dragerhovedet, kunne trænge Fugtighed ind. Men forøvrigt anvender man som ovenfor nævnt ogsaa ofte Dragere alene bestaaende af Kropplade og Vinkeljærn.

Hvis Dragerhøjden er variabel, regner man med de samme Formler (28) og (29) som ovenfor, blot med det for hvert Tværsnit gældende h_0 . Linierne bb i Fig. 74, hvis Ordinatorer repræsenterer Dragerens virkelige Modstandsmomenter, blive da til Kurver, der maa bestemmes Punkt for Punkt.

Kroppladen og dens Afstivninger. Største Forskydningsspænding i Kroppladen er, idet S_0 betegner det statiske Moment af den ene Halvdel af Tværsnittet om den neutrale Axe [T. E., S. 198, Lign. (103), og S. 200, Lign. (106)]:

$$\tau_0 = \frac{S_0 Q}{I \delta} = \frac{Q}{\eta \cdot \delta};$$

heri kan $\eta = I : S_0$ altid nøjagtigt nok regnes lig $0,9h_0$ à $1,0h_0$, altsaa

$$\tau_0 < \frac{1,1 \cdot Q}{h_0 \cdot \delta}, \quad (32)$$

hvilken Værdi ikke maa overskride den tilladelige Forskydningsspænding.

At man sædvanligvis maa bruge større Kroptykkelse end den, der findes efter (32), hidrører tildels fra, at man af Hensyn til Rust ikke gaar ned under en vis Minimumstykkelse (7—8^{mm} under Tag, 8—10^{mm} i fri Luft), men navnlig dog fra den tynde Kropplades Tilbøjelighed til at folde sig, hvilket Fænomen i visse Henseender er analogt med Søjlers Tilbøjelighed til at knække ud til Siden. Naar man efter den bekendte Tilnærmelse antager, at Kroppen alene optager Forskydningsspændingerne, og at disse ere ensformigt fordelte over Kroppens Tværsnit (og altsaa lig det ved (32) givne τ_0), forløbe Spændingstrajektorierne (T. E., S. 210) efter rette Linier, der danne 45° med Bjælkens Axe, og begge Hoved-



Fig. 75.

spændingerne ere numerisk lig τ_0 (se Fig. 75). En Strimmel af Kroppladen som skraveret i Fig. 75 kan da betragtes som en Søjle, der dog understøttes af Trækspændingerne vinkelret paa Søjls Længderetning. Ud fra saadanne Betragtninger har man forsøgt at opstille en Beregning af Kroppladen, men de fleste af den Slags Forsøg have desuden maattet bygge paa en Del rent skønnede Antagelser og have derfor ingen større Værdi. Hertil kommer, at Spændingsforholdene rimeligvis ændres stærkt, naar man tilføjer de sædvanlige lodrette Kropafstivninger; Dragere nærmer sig sandsynligvis derved til at fungere som en Gitterdrager, hvor Vertikalerne dannes af Kropafstivningerne, de strakte Diagonaler af Kroppladen. Der er derfor ikke andet at gøre end at bestemme baade Kroptykkelsen (som tidligere omtalt) og Kropafstivningerne efter empiriske Regler.

Kropafstivningerne dannes af ét eller flere Profiljærn, der nittes til Kroppen, næsten altid i lodret Stilling; i enkelte Tilfælde, f. Ex. ved Tværbjælker for Broer o. l., har man undertiden ved hver Ende lagt en Afstivning under 45° (efter Spændingstrajektorierne). De anbringes først og fremmest over alle Understøtninger og i saadanne Punkter, hvor der kan komme til at virke store koncentrerede Belastninger paa Bjælken, dernæst desuden i Afstande lig eller lidt mindre end Krophøjden. Ved meget store Dragere gaar man ikke gerne op over en Maximumsafstand paa ca. 1,5^m, og

ved Dragerhøjder under 1^m kan Afstanden nok gøres større end Krophøjden, men dog $\leq 1^m$. Ved Bestemmelsen af Afstanden maa endvidere tages Hensyn til, om Belastningen virker paa Dragerens Hoved eller Fod; i første Tilfælde bør man sætte Afstivningerne tættere og vælge større Dimensioner end i sidste. Undertiden har man ved store Dragere kun ved Midten af Dragere brugt en Afstand lig Krophøjden og har saa ladet Afstanden aftage hen mod Enderne til det halve; Princippet at bruge mindre Afstand ved Enderne, hvor Transversalkraften er størst, er i og for sig rigtigt, men ved de almindeligt forekommende Størrelser af Dragere er det ikke nødvendigt, og her er det da ogsaa Reglen, baade af praktiske Grunde og af Hensyn til Udseendet, at holde Afstanden konstant over hele Længden. Ved meget smaa Dragere, og navnlig naar Belastningen ikke virker direkte paa Hovedet, behøves maaske slet ingen Afstivninger. En amerikansk Regel*) siger, at Afstivninger kun ere nødvendige, naar den frie Højde af Kroppen mellem Flangevinklerne er større end 30 à 50 Gange Kroptykkelsen.

Afstivningerne dannes næsten altid af Vinkeljærn, sjældnere af \perp - eller \square -Jærn. Fig. 76 a viser den almindeligste og simpleste Form (vandret Snit), Fig. 76 b og c et Par andre Former, som ligeledes anvendes ved Mellempunkterne; her er det nemlig altid tilstrækkeligt at sætte to Vinkeljærn. Det er naturligvis bedst at anbringe et Vinkeljærn paa hver Side af Kroppen, men det kan hænde, at man af lokale Forhold tvinges til at sætte dem begge paa samme Side. For Vinkeljærnenes Dimensioner kan der ikke opstilles nogen Beregning; man bestemmer dem efter et Skøn i Forhold til Dragerens øvrige Dimensioner. Idet man sædvanligvis bruger samme Nittediameter overalt i Dragere, faar man ved Hensynet til Nitterne en lavere Grænse for de



Fig. 76.

*) Tekn. Foren. Tidsskr. 1896—97, S. 268. En anden endnu almindeligere amerikansk Forskrift er følgende: Afstivninger behøves kun, naar $\frac{Q}{\partial h_0} \geq \frac{850}{1 + \frac{3000}{h_0^2}}$ kg/cm². Formlen er dannet ved, som

ovenfor omtalt, at betragte en Strimmel af Kroppladen under 45° som en Søjle og anvende Rankine-Formlen herpaa.

overhovedet anvendelige Vinkeljærn (indvendig Bredde $\geq 3d$), og disse Minimumsdimensioner ville saa godt som altid være tilstrækkelige paa Mellempunkterne*). Ofte skulle Afstivningerne tillige gøre Tjeneste ved Tilslutningen af Tværbjælker e. l., og de af Hensyn hertil nødvendige Dimensioner ville altid være overmaade rigelige til at give Stivhed.

Over Understøtningerne sættes altid en stærk Afstivning, som man bør give Areal nok til at optage hele Reaktionen og befæste til Kroppladen med mindst et tilsvarende Antal Nitter. Fig. 76d—f vise forskellige Former; Afstivningen an-

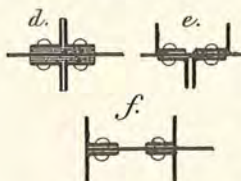


Fig. 76.

bringes med sin Midte over det theoretiske Understøtningspunkt, og i Fig. 76f sættes de to af Vinkeljærnene ved Enden af Kroppladen, de to andre over Underlagspladens Forkant. Man kan ogsaa blive nødt til at anvende 6 eller 8 Vinkeljærn og i det hele mere komplicerede Former end de i Figuren viste. Undertiden afslutter man Drageren for Enderne ved at bøje Vinkeljærnene og Lamellen i Hovedet rundt efter en Cirkelbue (med 0,3—1,0 m Radius) og lade dem løbe lodret ned langs Kanten af Kroppladen; i saa Fald bør der dog lægges et Stød i Vinkeljærnene tæt ved Krumningen.

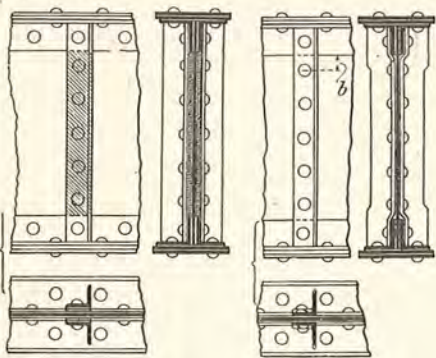


Fig. 77 a.

Fig. 77 b.

Afstivningernes skulde helt op til den vandrette Flig af Flangevinkeljærnene og bedst passe stramt ind mod dem baade foroven og forneden. De maa i saa Fald affræses (eller afrettes med Haanden) efter Flangevinklernes Runding og i nøjagtig Længde. For at kunne føre Afstivningerne op over de lodrette Flige af Vinkeljærnene i Hoved og Fod maa man enten anvende en Paaforing paa

*) C. W. Hudson (Notes on plate-girders design, New York 1911, S. 44) angiver som en almindelig brugt Regel, at Bredden af den

Vinkeljærnsflig, der staar ud fra Kroppen, skal være $\frac{h_0}{30} + 5$ cm, hvor h_0 er Krophøjden i cm.

Kroppladen (Fig. 77a) af samme Tykkelse som disse lodrette Flige (og bedst med 5—10 mm større Bredde end Kropafstivningen) eller en Forkrypning (Fig. 77b). En Paaforing er paa lideligst og nu ogsaa (med Staal som Materiale) almindeligst. Forkrypningen dannes ved Smedning (i Sænker), og da sædvanligvis kun Enden af Afstivningen varmes, kan man (navnlig med mindre øvede Folk) risikere Blaaskørhed, naar man har med Staal at gøre. Ved Højder over ca. 1 m vil Forkrypning sædvanligvis være billigst, men alligevel foretrækker man oftest en Paaforing. — En Forkrypning skal passe nøjagtigt allerede før Nitningen, saaledes at den ikke først af Nitterne bliver presset ned til Berøring med Underlaget. Ved meget svære Flangevinkeljærn og stor Højde af Drageren, hvor man ikke gerne vil anvende en almindelig skarp Forkrypning, og hvor der gaar urimelig meget Materiale i en Paaforing, kan man benytte en Kile-Paaforing (Fig. 77c) med en Stigning 1:10 à 1:12 af Kilen (dog mindst to Nitter gennem denne); Bøjningen af Kropafstivningen maa ogsaa her udføres ved Presning (Smedning). — Fig. 78 viser en anden (engelsk) Form



Fig. 77 c.

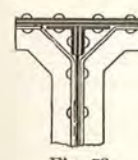


Fig. 78.

for Afstivningerne, hørende sammen med Anvendelsen af særlig brede Lameller; Konstruktionen er ikke efterlignelsesværdig.

Dragerens Sidestivhed. Den trykkede Flange maa ligesom enhver Trykstag sikres mod Udbøjning til Siden, i vandret Retning. Denne Fordring vil i Almindelighed kunne antages at være sket Fyldest, naar en Række Punkter ere fastholdte, hvis indbyrdes Afstand højst er 15 Gange Flangens Bredde*). I Praxis vil Forholdet næsten altid enten være saaledes, at en Udbøjning er direkte umuliggjort af Konstruk-

*) Frank W. Skinner: Types and details of bridge construction, Pt. II, Plate girders, New York 1906, anfører S. 12 nogle Specificationer, hvori der siges 20 Gange, S. 16 endog 30 Gange Flangens Bredde. Am. Br. Co.'s Specifications and tables etc. (Boston 1913) foreskrive, at Afstanden l mellem de fastholdte Punkter højst maa være 40 Gange Bredden b , og hvis den overskrider 10 Gange Bredden, skal den tilladelige Paavirkning i Trykflangen reduceres til $1340 - 21 \frac{l}{b}$, medens den ellers er 1130 kg/cm².

tionen, uden at man behøver at træffe særlige Foranstaltninger, eller der findes mindst to parallelle Dragere i nogen Afstand fra hinanden, og disse kunne da afstives mod hinanden ved Tværforbindelser, hvorom nærmere i J. K. III (S. 339).

I de sjældnere Tilfælde, hvor en enkelt Drager ligger fuldstændig frit, uden Forbindelse med andre Konstruktionsdele paa noget Mellempunkt, maa man i alt Fald sørge for at fastholde Enderne (der tænkes her særligt paa en Drager paa to Understøtninger) af den trykkede Flange og saa give denne i sig selv Stivhed nok. Idet der ses bort fra Kroppens gunstige Indflydelse, kan man da betragte Hovedet som en simpelt understøttet Søjle og regne med Hovedets Inertimoment om den lodrette Axe (ved variabelt Tværnsnit indføres I_{\max}). Trykket i Søjlen ($= M : h_l$) varierer; men man kan benytte de sædvanlige Formler for Søjler med et konstant Tryk S , naar man indfører en vis Brøkdelen af hele Længden som fri Længde. For ensformig Totalbelastning p paa Drageren kan man regne*):

$$\text{fri Længde} = 0,69l, \quad S = \frac{p l^2}{8h_l}; \quad (33)$$

for en Enkeltkraft P paa Midten:

$$\text{fri Længde} = 0,56l, \quad S = \frac{Pl}{4h_l}. \quad (33a)$$

Skulde disse Resultater ikke direkte kunne anvendes, kan man maa ske dog ud fra dem danne sig et ret paalideligt Skøn om Størrelsen af den frie Længde.

Ved lave Dragere med smalle Flanger kan denne Beregning levere altfor ugunstige Resultater, hvilket maa hidrøre fra, at Kroppens Indflydelse i saa Tilfælde ikke er forsvindende. Det er da ifølge Forsøg af Schüle**) tilstrækkeligt at sørge for, at største Trykspænding ikke overstiger $\frac{1}{n} \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2$, hvor Sikkerhedskoefficienten $n \geq 4$.

Den gunstigste Dragerhøjde er den, der giver mindst Vægt (eller Volumen) af Drageren; en tilnærmende Bestemmelse af den kan faas paa følgende Maade. For Dragerlængden l er Kroppladens Volumen med Betegnelserne ovenfor $\delta h_o l$. Det theoretisk nødvendige Tværnsnit af én Flange kan findes ved den sidste af Ligningerne (28). Hvis man kunde lade Flangernes Antal variere kontinuerligt, saa

*) Jasinski: Flexion des pièces comprimées, Ann. d. ponts et chaussées 1894 II, S. 233 o. f.

**) Ved en Række Bøjningsforsøg med valsede og nittede Dragere, hvor Hovedet aldeles ikke var understøttet mod Sidebøjning (Schweiz. Bauz. 1904, 21. og 28. Maj), fandt Schüle, at Brudstadig indtraadte ved en Trykspænding af ca. 2500 kg/cm^2 (Flydegrænsen) og viste sig som en Udbøjning af Hovedet; Værdien af $l : i$ for Hovedet syntes derimod uden Betydning.

Modstandsmomentet overalt netop var lig det theoretisk nødvendige, og naar dette antages at variere efter en Parabel, vilde Flangens Volumen blive $\frac{2}{3}$ af det, man vilde faa med konstant Tværnsnit; saaledes som Variationen af Flangearealet virkelig udføres, kan man nøjagtigt nok sætte 0,8 i Stedet for $\frac{2}{3}$. Herefter vilde altsaa de to

Flangers theoretisk nødvendige Volumen blive $2 \cdot 0,8 \left(\frac{M_{\max}}{rh_o} - \frac{1}{8} \delta h_o \right) l$. Paa Grund af Svækkelsen ved Nittehullerne bliver det virkelige Volumen imidlertid større, gennemsnitlig ca. 15 %. Under Hensyn hertil faas altsaa for hele Drageren et Volumen

$$V = \delta h_o l + 1,15 \cdot 2 \cdot 0,8 \left(\frac{M_{\max}}{rh_o} - \frac{1}{8} \delta h_o \right) l = \\ 0,77 \delta h_o l + 1,84 \frac{M_{\max}}{rh_o} l,$$

og denne Størrelse bliver Minimum for

$$\frac{dV}{dh_o} = 0,77 \delta l - 1,84 \frac{M_{\max}}{rh_o^2} l = 0,$$

$$\text{hvoraf (afrundet):} \quad h_o = 1,5 \sqrt{\frac{M_{\max}}{r\delta}}. \quad (34)$$

Bestaar Drageren kun af Kropplade og Vinkeljærn, er Flangetværnsnittet konstant, hvorved Faktoren 0,8 ovenfor falder bort, og Svækkelsen ved Nittehuller gaar ned til omtrent 10 % af det nyttige Flangeareal. Derved faas den gunstigste Krophøjde omtrent lig

$$h_o = 1,75 \sqrt{\frac{M_{\max}}{r\delta}}. \quad (34a)$$

r betegner som sædvanlig den tilladelige Fiberpaavirkning, δ Kroptrykkelsen. Formlerne give naturligvis kun et omtrentligt Begreb om den gunstigste Højde af Kroppen, og man kan fjerne sig betydeligt fra denne uden at faa nogen videre stor Tilvæxt til Vægten.

Der er i denne Undersøgelse ikke taget Hensyn til Kropafstivninger og Stød. Naar Kropafstivningerne anbringes i en Afstand lig Krophøjden, faa de ingen væsentlig Indflydelse paa Størrelsen af den gunstigste Højde, idet man dog for mindre Variationer i Højden vil bruge samme Dimensioner af Afstivningerne. Men ved Bestemmelsen af Dragerens virkelige Vægt maa der tilføjes en saakaldet Konstruktionskoefficient (> 1), se J. K. III, S. 20.

Den fortløbende Nitterække gennem Flangevinkeljærnene og Kroppen skal hindre Glidning langs det i Fig. 79a punkterede Snit, de lodrette Nitter gennem Lamellerne skulle hindre Glidning langs Snittet i Fig. 79b (eller et Snit mellem Lamellerne).



Fig. 79.

Det sidste Sted findes der to 1-Snits Nitter mod én 2-Snits det første Sted, saa det Snit er farligst, hvor Kraften er størst*).

Den Kraft, der søger at frembringe Glidningen, er Forskydningen paa langs. Ifølge T. E., § 36 (Lign. 100) kan den forskydende Kraft H pr. Længdeenhed af de omtalte Snit findes af:

$$H = \frac{S_y}{I} Q, \quad (35)$$

hvor S_y er det statiske Moment om den neutrale Axe af Lameller og Vinkeljærn (Fig. 79a) eller af Lamellerne alene (Fig. 79b). De vandrette Nitter ere altsaa stærkest paavirkede.

Den Kraft, der virker paa den enkelte Nitte, er $H \cdot e$, idet e betegner Nitteafstanden (Fig. 67, S. 75; i Fig. 69 og 70, S. 73, den vandret maalte Nitteafstand). Den største Kraft, én af de vandrette Nitter gennem Vinkeljærn og Kropplade kan taale, er $R_f = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot r_f$ eller $R_s = d \delta \cdot s$, eftersom det er Forskydning eller Tryk paa Hulranden, der er farligst, og til Bestemmelse af Nitteafstanden e havs følgende:

$$He = R_f \quad \text{eller} \quad He = R_s. \quad (36)$$

I Almindelighed vil det være den sidste af disse Ligninger, man skal bruge, og med det tilladelige Tryk paa Hulranden $s = 2r_f = 1,6r$ faas altsaa:

$$\text{for } d > 1,25\delta: \quad e \leq \frac{R_s}{Q} \frac{I}{S_y} = \frac{1,6r d \delta}{Q} \frac{I}{S_y}. \quad (36a)$$

I det sjældnere Tilfælde, hvor Forskydning er farligst, faar man:

$$\text{for } d < 1,25\delta: \quad e \leq \frac{R_f}{Q} \frac{I}{S_y} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{5} r}{Q} \frac{I}{S_y}. \quad (36b)$$

(36b) skal f. Ex. bruges ved Kassedragere, hvor man i Stedet for den ene 2-Snits Nitte faar to 1-Snits; her kommer (36a) kun til Anvendelse, hvis $d > 1,25 \cdot 2\delta$. I begge Formler kan

*) Dette er dog ikke helt korrekt, hvis man (ligesom ved indirekte Nitning) gaar ud fra, at den samme Nitte ikke baade kan overføre Kraft (d. v. s. saa stor en Kraft, som Nittetværsnittet kan taale) fra Vinkeljærnene til 1ste Lamel og fra denne til 2den Lamel o. s. v. Se Kapsch: Über Nienteilung in Blechträgern, Oesterr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1908, Heft 45. Man plejer dog ikke at tage Hensyn hertil, og dette vides ikke nogen sinde at have medført Ulemper.

S_y beregnes af (Betegnelserne ere de samme som i Formel (29), se Fig. 67, S. 75):

$$S_y = \frac{1}{8} b_n (h^2 - h_o^2) + 2F_v (\frac{1}{2} h_o - \xi). \quad (36c)$$

I Stedet for de korrekte, men temmelig besværlige Formler (36) kan man saa godt som altid nøjes med den Tilnærmelse, man faar ved i Stedet for S_y at sætte S_o , det statiske Moment af hele den ene Halvdel af Tværsnittet; herved indføres en lidt for stor Værdi af S_y , og man finder altsaa en lidt for lille Afstand e . Naar man saa endvidere erstatter $I: S_o$ med h_o (se T. E., S. 200), blive (36a) og (36b) til:

$$\text{for } d > 1,25\delta: \quad e \leq \frac{R_s}{Q} h_o = \frac{1,6r d h_o}{Q} d, \quad (37a)$$

$$\text{for } d < 1,25\delta: \quad e \leq \frac{R_f}{Q} h_o = \frac{1,25r h_o d^2}{Q}. \quad (37b)$$

Idet (37a) ogsaa kan skrives: $\frac{h_o}{e} = \frac{Q}{R_s}$, og idet $\frac{h_o}{e}$ betyder

Antallet af Nitter paa en Længde h_o , medens $\frac{Q}{R_s}$ (el. event. $\frac{Q}{R_f}$) er det Antal Nitter, der kræves til at overføre Kraften Q , kommer man til følgende Regel: paa en Længde lig Kropshøjden skal der sættes saa mange Nitter, at de kunne optage Transversalkraften.

Undertiden kunne de vandrette Nitter navnlig i Dragerhovedet ogsaa blive paavirkede af et lodret Tryk foruden af den vandrette Forskydning, hvormed der hidtil alene er regnet. Dette indtræffer f. Ex. ved mindre Jærnbanebroer med Brobanen paa Hovedet; her hvile Svellerne direkte oven paa Dragerhovedet (Fig. 80), og da der ofte er et lille Spillerum mellem Overkanten af Kroppladen og Undersiden af Lamellerne, vil et Tryk nedad paa Svellen søge at bøje Lameller og Vinkeljærn nedad i Forhold til Kroppladen, altsaa paavirke de vandrette Nitter til Overklipping. — Antages det (Fig. 80), at man kan regne Trykket P ensformigt fordelt over en Længde λ , bliver det lodrette Tryk paa hver Nitte $\frac{P}{\lambda} e$, det vandrette $He = \frac{S_y}{I} Qe$, og den resulterende Kraft paa Nitten

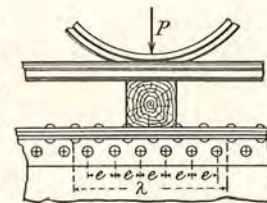


Fig. 80.

Handwritten calculations at the bottom left of the page:

$$1200$$

$$960 \cdot \frac{1}{2} = 480$$

$$1200 - 480 = 720$$

$$7200$$

$$1200$$

$$19200$$

$$e \sqrt{\left(\frac{P}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{S_y}{I} Q\right)^2} = e \cdot \frac{S_y}{I} Q \sqrt{1 + \left(\frac{P}{Q S_y \lambda}\right)^2} = R_s = s \cdot d \delta$$

eller $= R_f = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot r_f$.

Heraf beregnes Nitteafstanden e ; Formlerne blive de samme som ovenfor [(36a) og (36b)], naar man blot erstatter Q med $Q \sqrt{1 + \left(\frac{P}{Q S_y \lambda}\right)^2}$. Med de samme Tilnærmelser som ovenfor i (37) faas:

$$\text{for } d > 1,25\delta: e \approx \frac{1,6r\delta h_o}{Q \sqrt{1 + \left(\frac{P h_o}{Q \lambda}\right)^2}} \cdot d, \quad (38a)$$

$$\text{for } d < 1,25\delta: e \approx \frac{1,25r h_o d^2}{Q \sqrt{1 + \left(\frac{P h_o}{Q \lambda}\right)^2}}. \quad (38b)$$

Heri betyder P f. Ex. ved en Jærnbanebro det største enkelte Hjultryk, man regner med (paa Grund af dynamiske Virkninger indfører man ofte en noget større Værdi end det største statiske Hjultryk). Længden λ , hvorover Trykket fordeles sig ensformigt, afhænger af Skinnens og Dragerflangens Stivhed; den kan nok regnes en Del større end en Svellebredde, f. Ex. $\lambda = 0,5^m$ à $1,0^m$. I Nordamerika regnes et Hjultryk at fordele sig over mindst tre (tæt liggende) Sveller, hvilket giver $\lambda \approx 1,0^m$.

Den mindste brugelige Nitteafstand e ved enkelt Nitte-række (Fig. 67, S. 75) er $3d$, den største (af Hensyn til Fugetætheden $6d$ eller (for at hindre Lamellerne i Trykflangen fra at knække ud mellem Nitterne) ca. 14δ , hvor δ er den yderste Lamels Tykkelse. Ved Zigzagnitning (Fig. 69—70, S. 73) burde man ikke gaa saa højt op (f. Ex. ikke højere end til $\max e = 5d$), da hver anden Nitte sidder temmelig langt borte fra Lamelkanten, men man sætter i Almindelighed ogsaa her $\max e = 6d$; endvidere er det her den skraa Afstand (t i Fig. 70), der ikke kan gøres mindre end $3d$, saa den vandret maalte Afstand e kan blive lidt mindre. — Hvis Formlerne, selv naar man indfører Q_{\max} , give et e , der er større end den angivne Maximumsafstand, bruger man denne over hele Længden. Hvis man derimod finder et e , der ligger mellem de angivne Grænser ($3d$ og $6d$ for enkelt Nitte-række), varieres

Nitteafstanden; man kan i saa Fald af Formlerne bestemme de Størrelser af Q , der svare til en Række Værdier (f. Ex. $4d$, $5d$, $6d$) af e , og dernæst ved Transversalkraftkurven finde de Punkter, hvor man kan begynde med den større Afstand; eller idet man i alt Fald vil holde e konstant et helt Fag igennem (fra Kropafstivning til Kropafstivning), kan man beregne e i hvert Fag for sig ud fra det største Q i Faget. Hvis man endelig af Formlerne finder et e , der er mindre end den nævnte Minimumsafstand, hvilket navnlig kan hænde ved særlig lave Dragere med stort Flangeareal, maa man forandre paa Dragerens Tværsnitsdimensioner. Har man f. Ex. enkelt Nitte-række, kan man maaske vælge sværere Vinkeljærn, saa der kan bruges Zigzagnitning. Ellers maa man forøge enten h_o eller δ ; en Forøgelse af Højden er det kraftigst virkende Middel, men er ofte udelukket paa Grund af for kneben Konstruktionshøjde; en Forøgelse af Krop-tykkelsen gaar man naturligvis nødig til, da det er en uøkonomisk Foranstaltning, men det er muligvis den eneste Udvej. — Fig. 81 viser dog endnu en Maade, hvorpaa man kan komme ud over Vanskelighederne, nemlig en Forstærkning af Kroppen ved to Fladjærn under Flangevinklerne; Fladjærnene nittes til Kroppen ved en særlig Nitte-række (eller flere) udenfor Vinkeljærnene. Konstruktionen anvendes kun ved meget svære Dragere.



Fig. 81.

Af de lodrette Nitter i Flangerne anbringes der saa godt som altid ét Par i hvert Mellemrum mellem de vandrette. Af Hensyn til Paavirkningen kunde man maaske nok bruge større Afstand, men Hensynet til Fugetætheden og Forsætning af Nitterne for hinanden forbyder det i Reglen.

Beregning af Nitterne i Fig. 81. Med Betegnelserne i Fig. 82 findes der i Nittegruppen I $\frac{1}{e_1}$ Nitte pr. Længdeenhed, i Gruppen II $\frac{1}{e_2}$, altsaa til at overføre de forskydende Kræfter i Snittene 1 og 2 Nitteantallene $\frac{1}{e_1}$ og $\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2}$ pr. Længdeenhed. Idet de statiske Momenter S_y for Snittene 1 og 2 kaldes S_1 og S_2 , bliver da Kraften pr. Nitte:

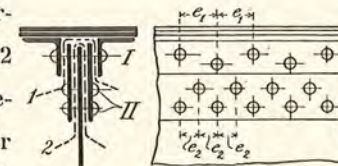


Fig. 82.

$$\text{i Snit 1: } \frac{S_1}{I} Q e_1, \quad \text{og i Snit 2: } \frac{S_2}{I} \frac{Q}{1 + \frac{1}{e_2}} = \frac{S_2}{I} \frac{Q e_1}{1 + \frac{e_1}{e_2}} = \frac{\alpha S_2}{I} Q e_1,$$

$$\text{hvor der er sat: } \frac{e_2}{e_1 + e_2} = \alpha. \quad (39)$$

Naar nu den største Kraft, som en 2-Snits Nitte kan optage, ligesom ovenfor kaldes R_f eller R_s (altsaa $R_f = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{6} r$, $R_s = d \cdot 1,6 r$, $d =$ Kroptykkelsen), har man strax for Nitterne II:

$$\frac{\alpha S_2}{I} Q e_1 = R_s \text{ eller } = R_f. \quad (40)$$

For Nitterne I er Sagen lidt mindre simpel, idet de baade skulle overføre Kraft fra Kroppladen til Fladjærnene og fra disse til Vinkeljærnene. Man kan tænke sig hver af disse Nitte spaltet i to, saaledes at der haves én for hver Kraftoverførelse, men saaledes, at Summen af de to Kræfter, der overføres, højst bliver lig den Kraft R_f , én Nitte kan taale (det er R_f , der skal regnes med, ikke R_s , idet Trykket paa Hulranden i Kroppladen er det samme for Nitterne I og II). Herved faas:

$$\frac{S_1}{I} Q e_1 + \frac{\alpha S_2}{I} Q e_1 = R_f, \quad (40a)$$

og idet man nu ser, at der i (40) ingen Grund er til at regne med R_f , findes altsaa følgende to Udtryk:

$$e_1 = \frac{R_s}{Q} \frac{I}{\alpha S_2} \quad \text{eller} \quad e_1 = \frac{R_f}{Q} \frac{I}{S_1 + \alpha S_2}, \quad (41)$$

som i Forbindelse med (39) bestemme Nitteafstandene e_1 og e_2 . Sætter man tilnærmelsesvis $S_1 = S_2 = S_0$ og $I : S_0 = h_0$, faas f. Ex. for $e_1 = e_2$, $\alpha = \frac{1}{2}$:

$$e_1 = 2 \frac{R_s}{Q} h_0 \quad \text{eller} \quad e_1 = \frac{2}{3} \frac{R_f}{Q} h_0. \quad (41a)$$

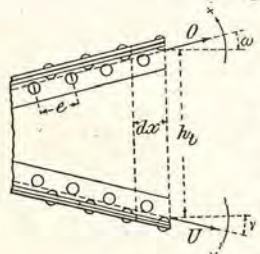


Fig. 83.

Ved Dragere med variabel Højde kan Afstanden mellem de vandrette Nitte i Flangevinklerne beregnes paa følgende Maade, idet vi foreløbigt antage Flangerne retlinede (Fig. 83). Spændingerne i Hoved og Fod kaldes O og U ; Differensen mellem Spændingerne i to konsekutive Snit i Afstanden dx bliver da dO eller dU . Maalt langs Flangerne er Afstanden mellem de to Snit $dx \sec \omega$ eller $dx \sec \nu$, og den Kraft H pr. Længde-

enhed, der paa den betragtede Strækning skal overføres fra Krop til Flange, bliver altsaa

$$H = \frac{dU}{dx} \cos \nu \quad \text{eller} \quad H = -\frac{dO}{dx} \cos \omega.$$

Ifølge T. S. I, § 20, Lign. (35), (36) og (36a), haves imidlertid, naar ω og ν ere konstante:

$$H = -\frac{dO}{dx} \cos \omega = +\frac{dU}{dx} \cos \nu = \frac{d \cdot \left(\frac{M}{h}\right)}{dx} = -\frac{1}{h} \left(Q + \frac{M}{h} (\operatorname{tg} \omega + \operatorname{tg} \nu) \right). \quad (42)$$

Idet h her betegner Afstanden mellem Flangetyngdepunkterne, bliver det den samme Størrelse, som ovenfor tilnærmende sattes i Stedet for $I : S_y$, og da vi ovenfor fandt $H = \frac{S_y}{I} Q$, ses nu, at man her kan bruge Formlerne (37a) og (37b), naar man blot

$$\text{i Stedet for } Q \text{ sætter } Q + \frac{M}{h_t} (\operatorname{tg} \omega + \operatorname{tg} \nu). \quad (43)$$

Fortegnsdefinitionen for Vinklerne ω og ν er angivet i Fig. 83. F. Ex. for en simpelt understøttet Bjælke, hvis Højde aftager fra Midten hen mod begge Ender, er $(\operatorname{tg} \omega + \operatorname{tg} \nu)$ positiv til venstre for Midten og Q negativ, saa de to Led i (43) faa her modsat Fortegn, og Afstandene e kan følgelig gøres større end ved konstant Højde af Bjælken.

Naar Flangerne ikke ere retlinede, faar man en noget stærkere Paavirkning paa Nitterne paa Grund af Spændingerne O og U 's Retningsforandring. I Fig. 84 er det Stykke af Foden, der ligger mellem de to konsekutive Snit, paavirket af Kræfterne U og $U + dU$ samt af nogle Kræfter, der gennem Nitterne overføres fra Kroppen, og som skulle kunne holde Ligevægt mod U og $U + dU$, eller hvad der kommer ud paa det samme, mod Kraften dU og Resultanten $2U \sin \frac{1}{2} d\nu = U d\nu$ af de to Kræfter U , der danne Vinklen $d\nu$ med hinanden. Paa den betragtede Strækning af

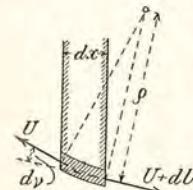


Fig. 84.

Længde $dx \sec \nu$ ere Nitterne altsaa paavirkede af en Kraft dU parallel med Flange-Elementet og en Kraft $U d\nu$ efter Normalen herpaa, pr. Længdeenhed af Flangen følgelig af $H = \frac{dU}{dx} \cos \nu$ og $N = \frac{U d\nu}{dx} \cos \nu$.

Den første af disse Kræfter er den samme, som optraadte ved den retlinede Flange ovenfor, og den kan derfor findes efter (42); den anden kan naturligvis beregnes i hvert Tilfælde for sig, idet $\frac{d\nu}{dx}$ er bekendt, naar Dragerens Form er givet. Imidlertid omformer man mere praktisk Udtrykket for N ved at indføre Flangens Krumningsradius ρ ; idet man (Fig. 84) har: $\rho \cdot d\nu = ds = dx \sec \nu$, og $U \cos \nu = \frac{M}{h}$, bliver

$$N = \frac{M}{h} \sec \nu \cdot \frac{\sec \nu}{\rho} \cdot \cos \nu = \frac{M \sec \nu}{h \rho}; \quad (44)$$

i et praktisk forekommende Tilfælde kender man altid ρ nøjagtigt eller med Tilnærmelse. — Naar Nitteafstanden er e , paavirkes den enkelte Nitte nu ialt af Kraften $e \sqrt{H^2 + N^2}$.

Den her meddelte Beregning af Nitternes Paavirkning ved en ikke retlinet Flange har Betydning udover det specielt behandlede

Tilfælde, hvor Nitterne tjene til Forbindelse mellem Krop og Flange i en Bjælke med variabel Højde. Det forekommer nemlig hyppigt i Pladejerns-Konstruktioner (f. Ex. Portaler, Konsoller o. l.), at en kontinuerlig krummet Konstruktionsdel (Vinkeljærn e. l.), der er paa-

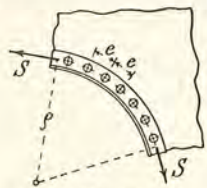


Fig. 85.

virket af en (i det mindste tilnærmelsesvis) konstant Spænding, er fastnippet til en Plade (Fig. 85) og derved hindret i at rette sig ud. Hvis den konstante Spænding i Vinkeljærnet i Fig. 85 er S , Krumningsradius ρ , paavirkes hver Nitte af en radiale rettet Kraft $\frac{e}{\rho} S$.

Ved et skarpt Knæk i en Flange (Fig. 86) bliver $\rho = 0$ og (44) ikke umiddelbart anvendelig. Kraften $U \cdot d\nu$ for det uendelig lille Element omkring Knækket bliver her endelig og lig Resultanten $U \cdot d\nu$ (eller nøjagtigere $2 U \sin \frac{1}{2} d\nu$) af de to Kræfter U , der danne den endelige Vinkel $d\nu$ med hinanden. Denne Kraft kan her ikke optages af Nitterne i selve Elementet, men maa ved passende Midler fordeles over et større Antal Nitter. I Almindelighed anvender man en svær Kropafstivning (Fig. 86), der passer stramt ned mod Flangen og er nippet til Kroppen med saa mange Nitter, at de kunne optage den omtalte Kraft; undertiden tilføjes Forstærkningsplader til yderligere Forbindelse mellem Flangen og Kroppen, paa lignende Maade som ved den i Fig. 89 viste Dækning af et Kropstød.

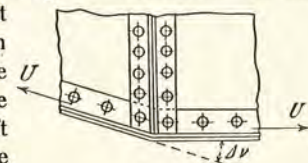


Fig. 86.

Afstivningerne forbindes med Kroppen ved en Række Nitter, hvis indbyrdes Afstand er $5d$ à $8d$. Med en Afstand $8d$ kan endnu nok opnaas Tæthed af Fugerne, men ved smaa Dragerhøjder maa man dog sætte Nitterne noget tættere for ikke at faa alt for faa af dem. Enten der anvendes Forkrypning eller Paaforing, kan man sætte Afstanden fra Kanten af Flangevinkeljærnet til den første Nitte i Kropafstivningen udenfor Flangen (b i Fig. 77b, S. 80) lig ca. $2d$, hvorefter man gaar over til den konstante Nittedeling $5d$ à $8d$. — Sædvanligvis holdes nemlig Nitteafstandene i Kropafstivningerne ellers konstante, men undertiden har man dog ved store Dragere sat Nitterne ganske tæt ved hinanden ved Enderne og kun brugt de angivne store Afstande ved Midten. Dette hænger sammen med Betragtningen af en Pladejernsdrager som analog med en Gitterdrager, hvis Vertikaler dannes af Afstivningerne, medens Kroppladen gør det ud for Diagonalerne.

Stødene i Dragerens forskellige Dele kunne enten forsettes for hinanden eller alle lægges i samme Tværnsnit. Den sidste Ordning anvendes kun ved meget lange Dragere, der ikke kunne transporteres i ét Stykke og derfor ikke kunne nittes færdige i Fabrikken; Konstruktionen af Stødforbindelsen maa da udføres med særlig Omhu (det saakaldte Universalstød). Ellers forsætter man som sagt Stødene for hinanden, hvilket dog ikke skal forstaaes saaledes, at der i ét Punkt absolut kun maa stødes en enkelt Del af Tværnsnittet. Reglen er, at man i samme Tværnsnit støder: enten Kroppladen alene eller de to Vinkeljærn i samme Flange alene eller to ens-liggende Lameller (én i Hovedet og én i Foden). Ofte, men mindre godt, stødes endog alle fire Vinkeljærn paa én Gang. — Angaaende de Længder, hvori de forskellige Stykker kunne faas, findes de nødvendige Oplysninger i § 2.

Stød i Kroppladen dækkes i Almindelighed bedst som vist i Fig. 87. Paa selve Kroppen, mellem Flangevinkeljærnene, anbringes dobbelte Laskeplader med to eller tre Nitterækker paa hver Side af Stødet, og desuden lægges et Stykke Fladjærn paa hver af de lodrette Vinkeljærnsflige. De førstnævnte Laskeplader gøres gerne mindst 8^{mm} tykke, ofte af samme Tykkelse som Kroppladen, Fladjærnene helst noget tykkere, f. Ex. mindst 10^{mm} . Der kan benyttes Parallel- eller Zigzag-nitning; førstnævnte Ordning bør i Almindelighed foretrækkes. De brugelige Nitteafstande ere angivne i Fig. 87; ved Zigzag-

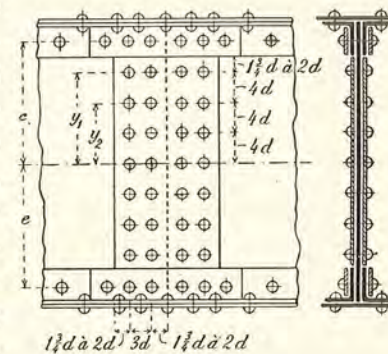


Fig. 87.

nitning kan man gaa ned med Afstanden mellem Rækkerne til $2d$ à $2,5d$. Den i Figuren anførte Afstand $4d$ mellem Nitterne i Rækken forudsætter to Nitterækker, hvorom nedenfor. Ogsaa Nitterne i Fladjærnene paa Vinkeljærnsfligene sættes gerne med den mindste brugelige Afstand $3d$ eller $3,5d$ for at formindske Længden af Laskepladerne. Den ene Kant af Fladjærnene maa afrundes eller brækkes af Hensyn til Flangevinkeljærnenes Runding.

I mange Tilfælde har man kun anbragt de to Laskeplader direkte paa Kroppladen, men derimod udeladt de fire Fladjærn. Dette er imidlertid absolut ikke anbefalelsesværdigt. Dækningen af Stødet skal nemlig muliggøre Overførelsen af alle de Spændinger, der ellers optages af Kroppen, altsaa baade Forskydnings- og Normalspændinger, og disse sidste ere netop størst ude mellem Flangevinkeljærnene; men ved Udeladelsen af Fladjærnene faar man slet ikke Stødet i denne stærkt paavirkede Del af Kroppladen dækket.



Fig. 88.

Ved meget lave Dragere foretrækker man ofte den i Fig. 88 viste Konstruktion; paa Kroppladen mellem Flangevinkeljærnene lægges Paaforinger, og uden paa dem de egentlige Laskeplader, der saa kunne fortsættes uafbrudte op over Vinkel-

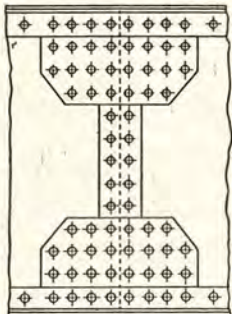


Fig. 90.

jærnsfligene. Ved noget højere Dragere kan man gaa den i Fig. 89 viste Mellemvej, idet Fladjærnene paa de lodrette Vinkelflige gøres saa brede, at den første vandrette Række Nitter i selve Krop-laskerne ogsaa gaar gennem dem. — Ved meget svære Dragere har man ogsaa anvendt Ordningen i Fig. 90, hvor der dog burde tilføjes Fladjærns-Lasker paa de lodrette Vinkeljærnsflige. Om Universalstød nærmere nedenfor.

Vi skulle nu vise, hvorledes man kan opstille en Beregning af Nitterne ved Kropstødet, idet vi forudsætte Konstruktionen i Fig. 87; med de angivne Minimumstykkelser ville Laskepladerne selv altid være rigelig stærke. Nitterne paa den ene Side af Stødet skulle kunne overføre baade det Moment og den forskydende Kraft, som Kroppladen ellers optager. Der bruges følgende Betegnelser:

M = Momentet i Dragere ved Stødet,

M_K = den Del af Momentet M , som skal optages af Kroppladen,

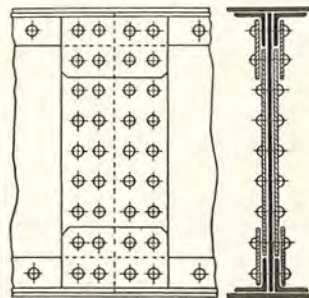


Fig. 89.

— Ved meget lave Dragere foretrækker man ofte den i Fig. 88 viste Konstruktion; paa Kroppladen mellem Flangevinkeljærnene lægges Paaforinger, og uden paa dem de egentlige Laskeplader, der saa kunne fortsættes uafbrudte op over Vinkel-

Q = Transversalkraften ved Stødet,

σ = største Normalspænding i det Tværsnit, hvor Stødet falder (= $M:W$),

r = tilladelig Paavirkning (Normalspænding),

n = Antallet af Nitter paa den ene Side af Stødet,

δ og h_0 = Kroptykkelse og -højde.

Da Nitterne ere 2-Snits, vil det saa godt som altid være Trykket paa Hulranden, der er farligst. Transversalkraften Q antages at skulle optages af Kroppen alene og at fordele sig ensformigt herover. Fra den faas altsaa for hver Nitte et Tryk paa Hulranden

$$\text{i lodret Retning: } s_l = \frac{Q}{n \cdot d\delta}. \quad (45a)$$

Fra Momentet M_K , som skal overføres gennem Nittegruppen, faas ifølge (19) i § 6 for den yderste Nitte et Tryk paa Hulranden

$$\text{i vandret Retning: } s_v = \frac{M_K e}{d\delta \cdot \Sigma y^2}. \quad (45b)$$

Da Nittegruppen sædvanligvis her er smal og langstrakt, regner man med e og y som de lodret maalte Afstande fra Dragerens vandrette Axe til den yderste og til en vilkaarlig Nitte (se Fig. 87, til venstre). — Endelig har man, at det resulterende Tryk paa Hulranden ikke maa overskride den tilladelige Værdi $s = 1,6r$, altsaa:

$$\sqrt{s_l^2 + s_v^2} < 1,6r. \quad (45c)$$

M_K er tilnærmelsesvis

$$M_K = \sigma \cdot \frac{1}{6} \delta h_0^2 = \frac{M}{W} \cdot \frac{1}{6} \delta h_0^2,$$

hvor man dog af Hensyn til Kroppens Svækkelse ved Nitte-hullerne som sædvanlig kan indføre $\frac{3}{4}\delta$ i Stedet for δ . Imidlertid vil man i Reglen foretrække at konstruere Stødfordelingen uafhængig af det specielle Punkt, hvori den lægges, saa man kan gøre alle Kropstød ens. Dette kan opnaas ved at regne med de største Værdier af M_K og Q , som kunne forekomme ved noget af Stødene, og man skal da sætte (med $\frac{3}{4}\delta$ for δ):

$$M_K = \frac{r}{8} \delta h_0^2. \quad (46)$$

Nitteantallet i Fladjærnene paa de lodrette Vinkeljærnsflige bestemmes i Forhold til det nyttige Areal F' af den

Del af Kroppladen, der ligger mellem Vinkeljærnene. I det Nitningen er indirekte (fra Kroppladen til Vinkeljærnene regnes med Tryk paa Hulranden, fra Vinkeljærnene til Fladjærns-Laskerne med Forskydning), faas det nødvendige Nitteantal:

$$n' = \frac{\frac{5}{4}F'}{2d\delta} + \frac{\frac{5}{4}F'}{2 \cdot \frac{1}{4}\pi d^2}. \quad (47)$$

Man sætter gerne mindst 3 à 4 Nitter paa hver Side af Stødet. Paa Grund af den indirekte Kraftoverførelse bør kun de halve af disse Nitter medregnes i Antallet n og i Σy^2 .

De opstillede Ligninger kunne løses med Hensyn til Nitteantallet n ved Forsøg. I Virkeligheden spiller det ingen Rolle, om der sættes nogle flere Nitter end strengt nødvendigt, og man kan derfor nøjes med at bruge Ligningerne til at afgøre, om man skal have to eller tre eller flere Nitterækker paa hver Side af Stødet, idet man ved to Rækker gør Nitteafstanden lig ca. $4d$, ved tre Rækker ca. $5,5d^*$. Man begynder da med at skitsere Nittegruppen op med to Rækker, slaar Afstandene y og e fast, beregner s_1 og s_2 og har saa kun at undersøge, om Betingelsen (45c) er tilfredsstillt; hvis ikke, maa man prøve med tre Nitterækker paa samme Maade.

Ved Hjælp af (20) i § 6 kan man forøvrigt let danne en almindelig Formel til Bestemmelse af Nitteantallet n^{**} . Antages det, at man som i Fig. 87 bruger Parallelnitning, m Nitterækker med n_1 Nitter i hver Række (paa hver Side af Stødet), haves:

$$\begin{aligned} \Sigma y^2 &= \frac{1}{12} mn_1 (n_1^2 - 1) t^2, & 2e &= (n_1 - 1) t, & (48) \\ \frac{e}{\Sigma y^2} &= \frac{e}{\frac{1}{12} mn_1 (n_1^2 - 1)} \cdot \frac{(n_1 - 1)^2}{4e^2} = \frac{6}{mn_1 \cdot \frac{n_1 + 1}{n_1 - 1} 2e} = \frac{6}{nh'}, \end{aligned}$$

*) Nitteafstanden skal bestemmes saaledes, at Pladen mellem Nittehullerne faar samme Styrke som Nitterne. Naar Kraften, der skal overføres gennem Forbindelsen, staar vinkelret paa Nitte-rækkerne, kommer man derved til Ligning (16) i § 5; her er det imidlertid kun den fra M_K hidrørende Komposant af Kraften, der er vinkelret paa Nitterækken, og hvis man regner med den alene (hvad naturligvis ikke er helt korrekt), maa man ogsaa regne med et lidt mindre Tryk paa Hulranden end $1,6r$. Indføres f. Ex. $s = 1,5r$, faas af (14b) i § 5 Slyngebredden $c = \frac{3}{4}d$ og hermed af (16) for $m = 2$ og $m = 3$ de ovenfor angivne Afstande.

**) Melan: Eiserne Brücken I, S. 100.

idet $mn_1 =$ hele Nitteantallet n paa den ene Side af Stødet, og idet der er sat:

$$\frac{n_1 + 1}{n_1 - 1} \cdot 2e = h', \quad (48a)$$

hvilken Størrelse videre tilnærmelsesvis kan regnes lig Krophøjden h_0 . Ved Indsættelse heraf i (45c) og Opløsning med Hensyn til n findes

$$n = \frac{1}{1,6r \cdot d\delta} \sqrt{Q^2 + \left(\frac{6M_K}{h'}\right)^2}, \quad (49)$$

eller tilnærmelsesvis, ved Hjælp af (46):

$$n = \frac{1}{1,6r \cdot d\delta} \sqrt{Q^2 + \left(\frac{3}{4}r\delta h_0\right)^2}. \quad (49a)$$

Vinkeljærnsstødene dækkes med Lasker af enten Vinkeljærn (Fig. 91 og 92) eller Fladjærn (Fig. 94); Laskernes nyttige Areal maa i alle Tilfælde være mindst lig de stødte Vinkeljærns. Vinkellasker fremstilles hyppigst af almindelige Vinkeljærn ved at afrunde det skarpe Hjørne, enten ligefrem af det samme Profil som det stødte Vinkeljærn, hvorved man dog faar de i Fig. 91 viste Fremspring, eller derfor bedre (Fig. 92) af et smallere, men tykkere Profil ($\perp 110 \cdot 110 \cdot 12$ kan f. Ex. stødes med Lasker af $\perp 100 \cdot 100 \cdot 14$). Det omtalte Fremspring (Fig. 91) er nemlig ligefrem uheldigt, navnlig ved de lodrette Flige nede i Foden, hvor der dannes i alt Fald et Tilløb til en Vandsæk, og tilmed ser det ikke godt ud. I mange Tilfælde er Anvendelsen af Fladjærn som i Fig. 94 simplest og billigst; det ene af Fladjærnene maa naturligvis tilpasses efter Vinkeljærnets Runding; Tykkelsen kan her altid vælges stor nok til at undgaa Fremspringet. — Det stødte Vinkeljærns og ligeledes en Vinkellasks nyttige Areal faas ved at fradrage et enkelt Nittehul (en Undtagelse herfra ses dog ved Zigzagnitningen i Fig. 70); for at finde det nyttige Areal af de to Fladjærns-Lasker, der svare til ét Vinkeljærn, maa man derimod fradrage et Nittehul i hvert Fladjærn.

I Forhold til det ene af de stødte Vinkeljærn (nyttigt



Fig. 91.



Fig. 92.

Areal = F_v) ere Nitterne 1-Snits*); det nødvendige Antal Nitter (n) paa hver Side af Stødet findes derfor ved:

$$n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{5}{4} F_v,$$

og af disse Nitter anbringes de halve i den lodrette, de halve i den vandrette Flig. Foruden at dække Stødet skulle disse Nitter (og navnlig de vandrette) ogsaa modstaa Forskydnings-spændingen paa langs. Man anstiller dog i Almindelighed ikke nogen nøjere Beregning i den Anledning, men sætter blot et Par Nitter mere, end Formlen ovenfor giver. — Ved Stødet anbringer man gerne Nitterne i de mindste

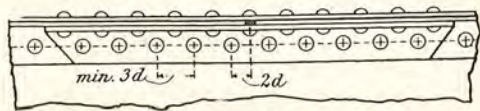


Fig. 93.

brugelige Afstande ($3d$ à $3,5d$) for at faa korte Lasker (se Fig. 93—94); med $3\frac{1}{2}d$ kan man holde Afstanden konstant ogsaa lige ved Stødet (Fig. 94); den Nitte, der i Figurerne er sat lige i Stødet, bidrager kun til at give

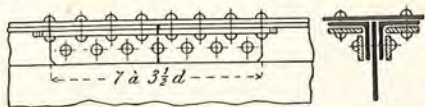


Fig. 94.

Tæthed, men maa naturligvis ikke regnes med. Vinkellasken er afskaaren skraat ved Enderne, for at der kan blive Plads til den første Nitte udenfor Lasken. Ved smaa Dimensioner af Vinkeljærnene kan man blive nødt til at flytte Nitterækken i Lasken noget ($5-10\text{ mm}$) ud fra dens sædvanlige Plads, idet der maa være mindst 1 cm frit udenom Nittehovedet, for at man skal kunne komme til at udføre Nitningen.

Stød i Lamellerne dækkes med en enkelt Laskeplade udvendig, af samme Dimension som den stødte Lamel. Nitterne ere 1-Snits og det nødvendige Nitteareal paa den ene

*) Det forudsættes her, at de to Vinkeljærn i Flangen stødes i samme Punkt. Undertiden, bl. a. meget hyppigt i Nordamerika, forsætter man de to Stød en halv Laskelængde for hinanden (ved en Laskelængde forstås her den Længde af Lasken, der er nødvendig for Stødet i det ene Vinkeljærn alene) og gør begge Lasker lige lange (lig 3 halve Laskelængder). Der opnaas tilsyneladende en dobbelt Dækning af begge Stød (2-Snits Nitter, mindre Tværsnit af Laskerne); men paa Grund af den højst indirekte Virkning af den ene af Laskerne bør man ikke regne med disse Fordele, og under Hensyn til de fremkomne excentriske Paavirkninger kan Ordningen næppe kaldes anbefalelsesværdig.

Side af Stødet altsaa lig $\frac{5}{4}$ Gange den stødte Lamels nyttige Areal. Nitterne anbringes ofte med Minimumsafstanden $3d$ à $3,5d$ (korte Lasker).

Naar der findes flere Lameller, og det ikke just er den yderste, der skal stødes, bliver Stødet indirekte, idet man alligevel maa lægge Lasken helt udvendig. Der maa da, som i § 6 omtalt, bruges flere Nitter og længere Lasker end ved direkte Stød; med én Lamel mellem den stødte og Laskepladen bliver Laskelængden (og Nitteantallet) dobbelt saa stor, med to mellemliggende Lameller tre Gange eller dog mellem to og tre Gange saa stor som ved direkte Nitning. — Hvis man ikke kan undgaa disse indirekte Stød, vil det ofte være praktisk for at spare paa Laskelængde at lægge Stødene i alle Lamellerne tæt sammen og dække dem med en fælles Laskeplade. Fig. 95 viser et Exempel herpaa; idet λ betegner den for et direkte Stød nødvendige Laskelængde, ses det, at de to Lamelstød kunne lægges i Afstanden $\frac{1}{2}\lambda$ fra hinanden, og at hele Laskelængden for de to Stød bliver 2λ , den samme som ved et almindeligt indirekte Stød i den nederste Lamel alene; de punkterede Linier symbolisere Kraftoverførelsen.

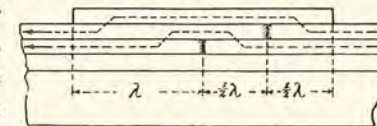


Fig. 95.

I Praxis gør man dog ofte Laskelængden ved en saadan trappeformig Anordning af Stødene noget mindre; i Fig. 96 skulde Afstanden $a-b$ ifølge ovenstaaende være $3 \cdot \frac{1}{2}\lambda$, men den gøres ofte kun $\frac{1}{2}\lambda$. Selv om det maa indrømmes, at Theorien om indirekte Nitning ikke skal tages altfor bogstaveligt, er det dog neppe forsvarligt at gaa saa langt ned; Melan*) foreslaar, at sætte $ab = (1 + \alpha) \cdot \frac{1}{2}\lambda$, hvor $\alpha = \frac{2m}{3+m}$, idet m betegner

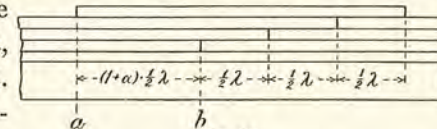


Fig. 96.

Antallet af Mellemplader (i Fig. 96: $m = 2$).

Undertiden kan man undgaa indirekte Stød i en indvendig Lamel (I i Fig. 97) ved at forlægge Stødet hen til det Punkt, hvor der skal begynde en ny Lamel II. I Fig. 97 angiver

*) Eiserne Brücken I. S. 83—84.

den punkterede Kurve ligesom i Fig. 74 de nødvendige Modstandsmomenter, og a og b betegne ogsaa ligesom i Fig. 74 det theoretiske Endepunkt af Lamel II og dens virkelige Endepunkt under normale Forhold. Man kan da lægge Stødet i I lodret under b og forlænge II

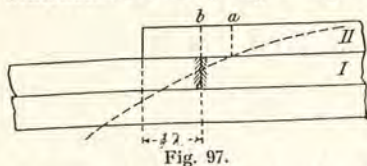


Fig. 97.

en halv Laskelængde ud over b ; derved vil Stødet være tilstrækkelig dækket (man kan tænke sig, at Kraften i I paa Strækningen $\frac{1}{2}\lambda$ overføres til II og bliver der, medens I saa betragtes som den nye Lamel, der skal begynde i b).

Universalstød (Fig. 98). Stødet i Kroppen dækkes med dobbelte Laskeplader, der have samme Højde som Kroppen og i hele Højden ere i direkte Berøring med denne. For at faa Plads til disse Laskeplader maa man afbryde alle fire Flange-Vinkeljærn ved Laskepladernes Kant (foreløbigt tænkes kun paa den øverst i Figuren viste Ordning), og Enderne af Vinkeljærnene maa atter forbindes ved Vinkellasker, der føres hen over Kroplaskerne. Udenfor disse maa der i Vinkellaskerne være Plads til de Nitter, der kræves til Overførelse af Kraften i Flange-Vinkeljærnet, og Vinkellaskernes Længde bliver saaledes forøget med et Stykke lig Bredden af Kroplaskerne. Laskepladerne paa Kroppen skulle helst have samme Tykkelse som Flange-Vinkeljærnenes lodrette Flige, ellers maa der mellem Vinkel- og Kroplasker anbringes Udfyldingsstykker. Paa den Strækning, hvor Flange-Vinkeljærnene ere afbrudte (Kroplaskens Bredder),

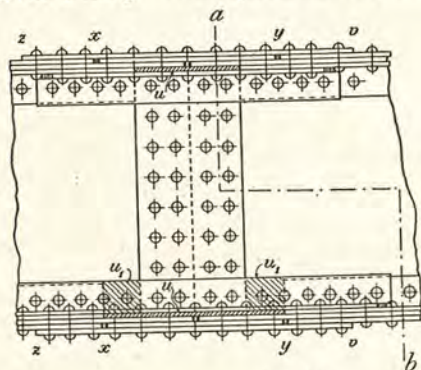
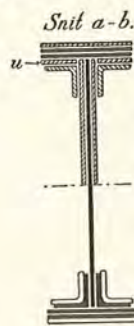


Fig. 98.



maa der altid anbringes Udfyldingsstykker u mellem Vinkellaskerne og Lamellerne, men disse Udfyldingsstykker udnyttes tildels ved Dækning af Lamelstødene. — Den inderste Lamel stødes i samme Punkt som Kroppen, og Stødet dækkes direkte ved en Laskeplade xy samt ved Udfyldingsstyk-

kerne u ; den næste Lamel maa derfor stoppe op i Punkterne x og y og de to Ender af den forbindes ved Laskepladen zv ; paa samme Maade fortsættes, hvis der findes flere Lameller.

I Figurens nederste Halvdel er Ordningen ændret saaledes, at man faar Udfyldingsstykket u noget bedre udnyttet som Laskeplade for Lamellerne. Dette Udfyldingsstykke er derfor gjort noget længere, saa der bliver Plads til flere Nitter derigennem, og idet Flange-Vinkeljærnene i saa Fald maa afbrydes tidligere, er der indlagt lodrette Udfyldingsstykker u_1 .

Tal eksempel. Hoveddrageren for en enkeltsporet Jærnbanebro af 15,0 m theoretisk Længde skal konstrueres som Pladejærnsdrager med 1,40 m Krophøjde. Brobanen (som er behandlet i J. K. III, § 24) understøttes paa Tværbjælker ved Hoveddragerens Fod, i 2,50 m indbyrdes Afstand. Største Momenter og Transversalkræfter i de forskellige Punkter af Drageren ere givne ved Kurverne i Fig. 2 og 3, Pl. 1 (alle Tegninger vedrørende Tal eksemplet findes paa denne Plan).

Tværsnitsdimensionerne. Tilladelig Fiberpaavirkning regnes til 850 kg/cm² (den resulterende største Paavirkning fra lodret Belastning og Vindtryk vil da ikke komme til at overskride ca. 1000 kg/cm²; se J. K. III, § 44). Største Moment er 123,8tm, det største nødvendige Modstandsmoment altsaa

Af Tilnærmelsesformlen $W = h_t (F + \frac{1}{8}K)$ faas, idet man sætter $h_t = h_o = 140$ cm og Kroptykkelsen efter (25) lig 12 mm, altsaa $K = 168$ cm², det nødvendige nyttige Areal af den ene Flange:

$$W_{\max} = \frac{12\ 380\ 000}{850} = 14\ 570\ \text{cm}^3.$$

$$F = \frac{14\ 570}{140} - \frac{168}{8} = 104 - 21 = 83\ \text{cm}^2.$$

Idet Nittediametren vælges til 23 mm (de anvendte Tykkelser ere alle 12 mm), faas dette Areal med:

	fuldt Areal	nyttigt Areal
2 Vinkeljærn, 100 × 100 × 12 mm	2 × 22,7 cm ² ,	39,9 cm ² ,
2 Lameller, 230 × 12 mm	2 × 27,6 „	44,1 „
		84,0 cm ² .

En nøjagtig Beregning af Inertimomentet efter (29) giver nu:

Kroppen:	$\frac{1}{12} (3 \cdot 1,2) \cdot 140^3$	= 205 800 cm ⁴
Vinkeljærnene:	$4 \cdot 207$	= ca. 800 „
	$4 (22,7 - 2,76) (70 - 2,9)^2$	= 358 500 „
Lamellerne:	$\frac{1}{12} \cdot 44,16 \cdot 142,4^2$	= 447 700 „
		$I = 1\ 012\ 800\ \text{cm}^4,$

hvorefter Modstandsmomentet bliver

$$W = \frac{1\ 012\ 800}{72,4} = 13\ 990\ \text{cm}^3,$$

medens det skulde være 14 570. Differensen er 580, og en saadan Forøgelse af Modstandsmomentet kan ifølge (30) faas ved at forøge det nyttige Lamelareal med

$$\Delta F = \frac{\Delta W}{h_1} = \frac{580}{142,4} = 4,1 \text{ cm}^2,$$

altsaa ved at gøre Lamelbredden 250 mm i Stedet for 230 mm (man kommer herved ikke op over den største tilladelige Bredde, som med det valgte Vinkeljærn og med 23 mm Nitter ifølge (26) kan regnes til: $100 + 6,5 \cdot 23 = 250$ mm).

Med disse nye Lameldimensioner finder man nu Inertimomenterne:

af Krop og Vinkeljærn som ovenfor.....	565 100 cm ⁴
> 1ste Lamel: $\frac{1}{2} \cdot 24,48 \cdot 141,2^2$	= 244 000 >
	$I_1 = 809 100 \text{ cm}^4$
> 2den Lamel: $\frac{1}{2} \cdot 24,48 \cdot 143,6^2$	= 252 400 >
	$I_2 = 1 061 500 \text{ cm}^4,$

og Modstandsmomenterne:

$$W_1 = \frac{I_1}{71,2} = 11 360 \text{ cm}^3, \quad W_2 = \frac{I_2}{72,4} = 14 660 \text{ cm}^3.$$

Ved at afsætte disse Størrelser i Fig. 2, Pl. 1, finder man det theoretiske Endepunkt a af yderste Lamel i Afstanden 3,54 m fra Midten af Drageren.

Dragerlængden. Drageren hviler paa Pillerne med en Støbejærns-Underlagsplade som Mellemed. Antages det, at Underlagspladen skal fordele Trykket paa Pillen, saa det højst bliver 25 kg/cm², bliver den nødvendige Størrelse af denne Plade, idet største Reaktion (se Fig. 3, Pl. 1) er 38,1 t:

$$\frac{38 100}{25} = 1530 \text{ cm}^2 = \text{ca. } 40 \times 40 \text{ cm.}$$

Den theoretiske Længde regnes fra Midte til Midte af Underlagsplade; den virkelige Længde gøres ofte lig Afstanden mellem Bagkanterne af Underlagspladerne, hvorved den her bliver 15,40 m. Den nærmere Bestemmelse af Lejets Dimensioner skulle vi ikke komme ind paa her.

Kropafstivningerne skulle anbringes i en indbyrdes Afstand omtrent lig Krophøjden; af Hensyn til Tværbjælkerne gøres Afstanden her lig 1,25 m, idet hver anden Afstivning da kan benyttes til Tværbjælkerens Befæstelse. Afstivningerne ere paa Detailtegningen (Fig. 1, Pl. 1) nummererede: 0 (over det theoretiske Understøtningspunkt), 1, 2, 3..., og Tværbjælkerne findes ved 0, 2, 4.... I Punkterne 1, 3, 5... anvendes to Vinkeljærn 80·80·10 mm, et paa hver Side af Kroppen; dette er omtrent de mindste Vinkeljærnsdimensioner, man kan bruge i Forbindelse med 23 mm Nitter, og i Betragtning af at Belastningen angriber ved Foden af Drageren, ere de i alt Fald rigelige. I Punkterne 0, 2, 4... maa der af Hensyn til Tværbjælkerens Befæstelse anbringes to Vinkeljærn i 10 mm indbyrdes Afstand (= Tværbjælkers Kroptykkelse) paa indvendig Side, og disse Vinkeljærn maa

helst gøres lidt større end de ovenfor nævnte, for at Fastnitningen af Tværbjælkerne (under Montering) skal kunne udføres nogenlunde bekvemt; der vælges da Dimensionerne 90·90·11 mm, og paa udvendig Side af Kroppen sættes to Vinkeljærn af samme Dimensioner (se det vandrette Snit), idet der her skal anbringes Konsoller. De 4 Vinkeljærn over Understøtningen have tilsammen et nyttigt Areal (ét Nittehul fradraget i hvert) paa 4 (18,7 — 1,1 · 2,3) = 64,7 cm², hvilket er rigeligt til Optagelse af største Reaktion (38,1 t). For Enderne er Kroppladen kantet med to Vinkeljærn 80·80·10 mm, hvortil der for Udseendets Skyld er nippet en Plade af samme Bredde som Lamellerne, foroven bøjet om og sluttende sig til Lamellen, som Tegningen viser. — Alle Afstivnings-Vinkeljærnene skulle passe stramt mellem Flange-Vinkeljærnenes vandrette Flige, og paa Kroppladen lægges under Afstivningerne 12 mm tykke Paaforinger.

Omtrentlig Beliggenhed af Stødene. Kroppladen kan, naar man ikke vil overskride de i § 2 angivne normale Maal, faas i Stykker paa indtil 12 m² eller indtil 1250 kg. Idet Kroppladen pr. m. vejer 131 kg, ses det, at man kun behøver ét Stød, og dette lægges tæt ved Midten af Drageren. Ved Dækningen af Stødet skal der anbringes Fladjærns-Skinners paa de lodrette Flige af Flange-Vinkeljærnene, og i saa Fald er det bekvæmest at lægge Stødet i saa stor Afstand fra Kropafstivningerne, at Laskepladerne ikke naa ind under disse; Stødet lægges derfor saaledes (se Fig. 1, Pl. 1), at de nævnte Fladjærns-Skinners netop støde op til den midterste Kropafstivning. — Vinkeljærnene i Foden stødes mellem Afstivningerne 4 og 5, i Hovedet lige saa langt paa den anden Side af Midten. — Yderste Lamel kan faas i én Længde, inderste Lamel stødes (for at undgaa indirekte Stød) ved Enden af yderste Lamel.

Kropstødet. Paa Flange-Vinkeljærnets lodrette Flige lægges Fladjærn 88·12 mm; det nyttige Areal af den Del af Kroppladen, der ligger mellem Flange-Vinkeljærnene, er

$$(10 - 2,3) \cdot 1,2 = 9,24 \text{ cm}^2,$$

og det nødvendige 1-Snits Nitteareal q_n og det nødvendige Antal Nitter i Fladjærnet paa hver Side af Stødet bliver da (ifølge (47)), idet $q_n = \frac{1}{4} \cdot 9,24 = 11,55 \text{ cm}^2$:

$$n = \frac{11,55}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} + \frac{11,55}{2 \cdot 4,15} = 2,1 + 1,4 = 3,5 \approx 4.$$

Laskepladerne paa Kroppen mellem Flange-Vinkeljærnene gøres 10 mm tykke; Laskepladerne selv ere da rigelig stærke. Der forsøges nu med to Rækker Nitter som skitseret i Fig. 4, Pl. 1; Afstanden mellem Nitterne i Rækken skal være ca. 4 Gange Nittediametren, hvorved man kommer til de i Figuren indskrevne Maal (den nederste vandrette Linie i Figuren er Dragerens vandrette Axe). Idet de 4 Nitter i Fladjærns Skinnerne kun regnes halvt med, bliver det Nitteantal, der skal indføres i Formlerne (45):

$$n = 2(13 + \frac{1}{2} \cdot 4) = 30$$

$$\frac{1}{2} \Sigma y^2 = \begin{cases} \frac{1}{2} \cdot 64,5^2 = 8320 \text{ cm}^2 \\ 2 \cdot 55,8^2 = 6228 \text{ } > \\ 2 \cdot 46,5^2 = 4324 \text{ } > \\ 2 \cdot 37,2^2 = 2768 \text{ } > \\ 2 \cdot 27,9^2 = 1556 \text{ } > \\ 2 \cdot 18,6^2 = 692 \text{ } > \\ 2 \cdot 9,3^2 = 172 \text{ } > \end{cases}$$

$$24060 \text{ cm}^2,$$

altsaa $\Sigma y^2 = 48 120 \text{ cm}^2$, $e = 64,5 \text{ cm}$.

Ifølge (46) er $M_K = \frac{r}{8} \rho h_0^2 = \frac{850}{8} \cdot 1,2 \cdot 140^2 = 2 499 000 \text{ kg cm}$,

og Transversalkraften i det Fag, hvori Kropstødet ligger, ses i Fig. 3, Pl. 1, at være $Q = 12,0 \text{ t}$.

Nu findes efter (45a):

$$s_l = \frac{Q}{nd\delta} = \frac{12 000}{30 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 145 \text{ kg/cm}^2,$$

og efter (45b): $s_v = \frac{M_K \cdot e}{d\delta \Sigma y^2} = \frac{2 499 000 \cdot 64,5}{2,3 \cdot 1,2 \cdot 48 120} = 1214 \text{ kg/cm}^2$,

og idet $\sqrt{s_l^2 + s_v^2} = 1223 < 2r_f = 1,6r = 1,6 \cdot 850 = 1360$,

er den antagne Nitning ved Stødet tilstrækkelig. — Med de i Fig. 4, Pl. 1, paaskrevne Maal bliver Længden af Fladjærns Skinnerne 640 mm og Afstanden mellem de yderste Nitter igennem dem 560 mm.

Efter (49a) findes direkte:

$$n = \frac{1}{1,6 \cdot 850 \cdot 1,2 \cdot 2,3} \sqrt{12000^2 + (\frac{3}{8} \cdot 850 \cdot 1,2 \cdot 140)^2} = \frac{107800}{3754} = 29.$$

Stødet i Vinkeljærnene er dækket med Vinkellasker, der her ere tænkte dannede af Vinkeljærn $100 \times 100 \times 14 \text{ mm}$; der kan da skæres 12 mm af den lodrette Flig, saa denne ikke stikker udenfor det stødte Vinkeljærn. Det nyttige Areal af Lasken efter denne Bortskæring bliver $26,2 - 1,4 \cdot 2,3$ (Nittehullet) $- 1,4 \cdot 1,2 = 21,3 \text{ cm}^2$, medens det stødte Vinkeljærns nyttige Areal er 20 cm^2 ; lidt af Laskens Areal gaar endnu bort ved Afrunding af Hjørnet, men dette er dog uden Betydning (vilde man anvende to Fladjærn, kunde disse gøres $70 \times 18 \text{ mm}$ paa den lodrette Flig og $88 \times 18 \text{ mm}$ paa den vandrette).

Med 20 cm^2 som nyttigt Areal af det stødte Vinkeljærn bliver det nødvendige Nitteantal (Nittens Tværsnit = $4,15 \text{ cm}^2$):

$$n = \frac{5}{4} \cdot \frac{20}{4,15} = 6,0,$$

hvilket Antal forhøjes til 8 af Hensyn til den Forskydningsspænding, som Nitterne ogsaa skulle modstaa. — Med de i Fig. 1, Pl. 1, (mellem Afstivningerne Nr. 4 og 5) paaskrevne Maal bliver Laskens Længde 720 mm og Afstanden mellem de yderste vandrette Nitter 560 mm. Nitteafstanden er i hele Laskens Længde 80 mm (= $3,5d$) og Afstanden fra Stødet til nærmeste Nitte og fra yderste Nitte til

Enden af Lasken 40 mm (= $1,75d$); dette er foretrukket fremfor at gaa ned til $3d$ (70 mm), idet man da lige ved Stødet maatte anvende et enkelt større Mellemrum. Der er brugt 80 mm som Minimumsafstand for hele Drageren.

Stødet i en Lamel kræver

$$\frac{5}{4} \cdot \frac{24,48}{4,15} = 7,4 \approx 8$$

Nitter, idet Lamellens nyttige Areal er $24,48 \text{ cm}^2$. Det i Fig. 2, Pl. 1, bestemte theoretiske Endepunkt af yderste Lamel er afsat i Fig. 1 og her mærket med $a - a$ (lidt til højre for Afstivning Nr. 3); Stødet i inderste Lamel er da lagt saa langt til venstre for a , at der mellem det og a falder 4 (2×2) Nitter, og som Laskeplade er anvendt den yderste Lamel, hvorfor denne er forlænget saa langt ud over Stødet, at der bliver Plads til de 8 Nitter.

Nittedelingen. Største Transversalkraft er 29,2 t. Ifølge (37a) er da den største tilladelige Nitteafstand ved Enden af Drageren:

$$e = \frac{1,6 \cdot 850 \cdot 1,2 \cdot 140}{29 \cdot 200} d = 7,8d,$$

hvoraf følger, at man overalt faar Styrke nok med Afstanden $6d$ (= 138 mm), som ikke tør overskrides af Hensyn til Fugetæthed.

Nitteplaceringen foretages nu Fag for Fag. Afstanden mellem to Kropafstivninger er 1250 mm, regnet fra Midtlinien i de dobbelte Afstivninger (f. Ex. 0, 2...) til Nittelinien i de enkelte (1, 3, 5...). Afstanden mellem de to yderste vandrette Nitter i Faget er da $1250 - 55 = 1195 \text{ mm}$. I de Fag, hvor der ingen Stød findes, maa der altsaa mindst bruges $\frac{1195}{138} = 8,65 \approx 9$ Mellemrum, og hvis der ikke var andet at tage Hensyn til, kunde man da f. Ex. sætte 7 Mellemrum à $133 \text{ mm} + 2$ à 132 mm.

Imidlertid er der ved Nitteanbringelsen taget særligt Hensyn dels til at undgaa forsænkede Nitter ved Kropafstivningerne, dels (for Fodens Vedkommende) til Befæstelsen af Vindkors-Knudepladerne. Ved de enkelte Afstivninger 1, 3, 5... maa den nærmeste lodrette Nitte være mindst $\frac{3}{4}d$ (= det halve Nittehoved) $+ 10 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$ fjernet fra den udstaaende Flig, naar det ikke skal være nødvendigt at forsænke den; af de ved Afstivning 3 paaskrevne Maal ses, at denne Afstand er gjort 30 mm. For at de lodrette og vandrette Nitter skulle kunne regnes forsatte for hinanden, maa Afstanden mellem dem (vandret maalt) være mindst $1,5d = 35 \text{ mm}$; man kommer derved til, at den nærmeste vandrette Nitte mindst maa have Afstanden $75 + 35 = 110 \text{ mm}$ fra Afstivningens Nittelinie (den lodrette Nitte kommer paa den Maade ikke til at sidde midt mellem to vandrette, hvilket normalt skal være Tilfældet, naar man vil nøjes med at angive Maalene for de vandrette, og der er derfor ogsaa specielt paaskrevet et Maal for denne lodrette Nitte).

Ved de dobbelte Afstivninger er Afstanden mellem de to vandrette Nitter i selve Afstivningen 110 mm. Midt mellem disse to skal

der egentlig anbringes en lodret Nitte, som ogsaa vist paa Tegningen, og den maa naturligvis forsænkes paa Indersiden. Imidlertid ere de nærmeste Nitter placerede saaledes, at denne forsænkede Nitte til Nød helt kan udelades. Paa hver Side af Afstivningen er anbragt en vandret Nitte i Afstanden 80 mm (som ovenfor omtalt: Minimumsafstanden) fra Afstivningens Nittelinie, og naar den forsænkede Nitte udelades, bliver da Afstanden mellem de nærmeste lodrette Nitter $40 + 110 + 40 = 190$ mm (kunde reduceres til $35 + 110 + 35$). Dette er ganske vist mere, end man egentlig bør tillade af Hensyn til Fuge-tæthed (dog mindre end 16 Gange Lameltykkelsen), men man har dog ofte fundet sig heri, idet disse enkelte forsænkede Nitter ikke blot ere lidt dyrere end uforsænkede, men (navnlig ved Maskinnitning) ere særlig generende, fordi de skulle nittes, inden Afstivningen sættes paa Plads, og derfor medføre en anden og besværligere Orden for Nitningens Udførelse. Til syvende og sidst spiller Mer-Udgiften dog ikke nogen særlig stor Rolle, og da det ubetinget er bedst at beholde de forsænkede Nitter, ere de ogsaa medtagne paa Tegningen; det havde saa naturligvis ikke været nødvendigt at sætte de nærmeste vandrette Nitter saa tæt hen til Afstivningen.

Vindkors-Knudepladerne skulle fastnittedes ovenpaa Foden ved Hjælp af de viste tre Monteringsnitter paa hver Side af de dobbelte Afstivninger. Der er derfor til begge Sider af disse Afstivninger sat tre vandrette Nitter med Minimumsafstanden 80 mm.

Et Fag i Hovedet uden Stød (Fag 4—5) kan nu indeles saaledes: Afstanden mellem de yderste vandrette Nitter i Faget er 1195 mm; nærmest Afstivning 4 sættes en Afstand paa 80 mm, hvorved der bliver 1115 mm tilbage at inddele (og ved Inddelingen maa det erindres, at der nærmest Afstivning 5 skal sættes en Afstand paa mindst 110 mm); der maa da bruges $\frac{1115}{138} = 8,1 \sim 9$ Mellemlum, altsaa f. Ex. 8 à 124 mm + 1 à 123 mm. I Fag 3—4 i Hovedet er brugt samme Inddeling. For Fag 3—4 i Foden faas $1195 - 3 \cdot 80 = 955$ mm at inddele; det nødvendige Antal Mellemlum er $\frac{955}{138} = 6,9 \sim 7$, altsaa f. Ex. 3 à 137 mm + 4 à 136 mm.

Faget med Stød i Vinkeljærnene (Fag 4—5 i Foden). De paa Forhaand givne Afstande ere her: 3 à 80 mm (nærmest ved den dobbelte Afstivning) og 7 à 80 mm (mellem de yderste vandrette Nitter i Lasken); tilbage at inddele bliver der altsaa $1195 - 10 \cdot 80 = 395$ mm, saa der maa bruges 3 Mellemlum. Vil man, som det er gjort paa Tegningen, lade Lasken støde tæt op til Afstivning 5, faas her Afstanden $80 + 45 = 125$ mm fra Afstivningens Nittelinie til 1ste vandrette Nitte i Lasken, og tilbage bliver der kun $395 - 125 = 270$ mm = 2 à 135 mm. — Med de angivne Maal bliver Afstanden mellem de to lodrette Nitter paa hver sin Side af Afstivning 5 lidt større end den normalt tilladelige, nemlig $85 + \frac{1}{3} \cdot 111 = 140,5$ mm (> 138); denne ubetydelige Overskridelse spiller ingen Rolle, men kunde naturligvis let have været undgaaet.

Faget med Kropstød (Fag 5—6). De paa Forhaand bekendte Afstande ere her 7 à 80 = 560 mm mellem de yderste vandrette Nitter i Fladjærns-Lasken. Naar denne skal støde tæt op til Afstivning 6, faas her Afstanden $40 + 40 = 80$ mm fra Afstivningens Nittelinie til yderste Nitte i Lasken. Tilbage at inddele faar man saaledes: $1195 - 8 \cdot 80 = 555$ mm = 5 à 111 mm.

Faget med Lamelstød (Fag 2—3). I Hovedet ere de paa Forhaand givne Afstande her 3 à 80 mm (mellem de yderste af de nødvendige 8 Nitter til Dækning af Stødet) og 1 à 80 mm nærmest Afstivning 2. Tilbage at inddele: $1195 - 4 \cdot 80 = 875$ mm = 7 Mellemlum à 125 mm, hvoraf det ene anbringes nærmest ved Afstivning 3 (Afstanden skal her være > 110 mm). I Foden faas: $1195 - 6 \cdot 80 = 715$ mm = 5 à 119 mm + 1 à 120 mm.

Maalpaaskrivningen. Efter at Nitte-Inddelingen er fastslaaet, kunne de nøjagtige Længder af Kropplader, Vinkeljærn og Lameller beregnes. Maalene findes paa Tegningen, hvor de ere indskrevne paa følgende Maade: de for Dragerhovedet gældende Maal findes ovenover Standridset paa 4 Maalelinier, nemlig inderst for Nitteafstandene, dernæst for Længderne af Vinkeljærnene, dernæst for 1ste Lamel og yderst for 2den Lamel; de for Dragerfoden gældende Maal ere paa samme Maade anbragte under Standridset; endelig findes Kroppladelængderne og Afstandene mellem Afstivningerne paa to Maalelinier midt hen over Standridset og Dragerens Total længde paa en Maalelinie for sig nederst.

Endelig hidsættes her Vægtfortegnelsen for en Hoveddrager, saaledes som den bør foreligge f. Ex. ved Udbydelse til Licitation.

Vægtfortegnelse.

A. Blødt Staal.

	Længde m	Dimensioner mm	kg	kg
1. En Hoveddrager.				
Kroppladen, 1 Stk. à 7,285 m 1 Stk. à 8,115 m	15,40	1400·12		2018
Ved et Kropstød:				
2 Laskeplader à 1,20 m	2,40	320·10	60	
4 Fladjærn à 0,64 m	2,56	88·12	21	81
Kropafstivning Nr. 0:				
4 Vinkeljærn à 1,376 m . . .	5,504	90·90·11	80	
2 » à » »	2,752	80·80·10	32	
2 Paaføringer à 1,20 m . . .	2,40	300·12	68	
Den lodrette Afslutningsplade medregnes under Lamellerne.			180	
2 Kropafstivninger Nr. 0				360
At overføre				2459

	Længde m	Dimensioner mm	kg	kg
Overført...				2459
Kropafstivning Nr. 1:				
2 Vinkeljærn à 1,376 m ...	2,752	80·80·10	32	
2 Paaforinger à 1,20 > ...	2,40	85·12	19	
			51	
6 Kropafstivninger som Nr. 1				306
Kropafstivning Nr. 2:				
4 Vinkeljærn à 1,376 m ...	5,504	90·90·11	80	
2 Paaforinger à 1,20 > ...	2,40	195·12	44	
			124	
5 Kropafstivninger som Nr. 2				620
Flange-Vinkeljærnene:				
4 Stkr. à 6,045 m	61,60	100·100·12		1090
4 > à 9,355 >				
Ved de to Stød i do.				
4 Vinkeljærn à 0,72 m	2,88	100·100·14		76
Lamellerne:				
2 Stkr. à 8,230 m	50,07	250·12		1172
2 > à 3,805 >				
2 > à 3,950 >				
2 > à 7,500 >				
2 > à 1,550 >				
Ved Lejerne:				
2 Plader à 0,27 m	0,54	250·20		21
Hovederne af ca. 1050 Nitter.				96
				5840

§ 10. Spinkle Gitterbjælker (Spærfag o. l.) med nittede Forbindelser. Ved Konstruktionen af Gitterbjælker maa man saa vidt muligt sørge for, at de ved Spændingsberegningen gjorte Forudsætninger ske Fyldest. Hertil hører navnlig:

at Drageren gøres symmetrisk om sin Midterplan (alle Stænger og Forbindelser symmetriske), og

at alle Stængerne Tyngdepunktslinier gaa gennem de matematiske Knudepunkter.

Ved de spinklere Bjælker, som der foreløbigt alene er Tale om, tillader man sig ganske vist undertiden mindre Afgivelser herfra, som vi skulle se i det følgende, men kun naar Dimensionerne gøres saa rigelige, at de fremkommende Extrapaaavirkninger øjensynligt ingen Skade kunne gøre.

Af Hensyn til Vedligeholdelsen maa man iagttage:

at Konstruktionen overalt bliver tilgængelig for Eftersyn og Maling,

at der ingen Vandsække fremkommer; dette gælder ogsaa for Konstruktioner under Tag af Hensyn til Fortætningsvand, der ved Afkøling slaar sig ned paa Jærnet;

at der som Regel ikke anvendes mindre Jærntykkelser end 6—8^{mm} under Tag, 8—10^{mm} i fri Luft.

Ligesom Pladejærnsdragere bygges ogsaa Gitterdragere med enkelt eller dobbelt Krop, men medens Anvendelsen af dobbelt Krop (Kassedragere) bør være en Undtagelse ved Pladejærnsdragere, er der ikke blot intet at indvende derimod ved Gitterdragere, men saa snart man kommer op til større Dimensioner, er det den eneste Udvej. De forskellige Tværsnitsformer for de enkelte Stænger optræde derfor gerne i to Skikkelser, af hvilke den ene er en Fordobling af den anden. Ved spinklere Gitterdragere anvender man dog i Reglen den enkelte Form, og det vil derfor fortrinsvis være den, der tænkes paa i det følgende.

Stængerne Konstruktion. Tværsnitsformer. Stænger, der kun paavirkes til Træk, kunne dannes af enkelte eller dobbelte Fladjærn (Fig. 99a—b). I Almindelighed foretrækker man dog nu at bruge stive Profiler ogsaa til Trækstængerne, idet man derved opnaar at faa en helt igennem stivere Konstruktion. Specielt mod Anvendelsen af dobbelte Fladjærn taler det ogsaa, at man vanskeligt kan sikre sig at faa dem nøjagtigt lige stramt spændte; og hvis dette ikke naas, vil Kraften fordele sig uens over dem eller det ene endog til at begynde med optage hele Kraften. Gaar man over til stive Profiler, ere disse de samme som for Trykstænger (Fig. 99c—n og Fig. 101a—f), hvorved dog bemærkes, at det bedre kan lade sig gøre at benytte de usymmetriske Former (Fig. 99c—d, enkelte lige- eller uligesidede Vinkeljærn eller □-Jærn) overfor Træk end overfor Tryk.

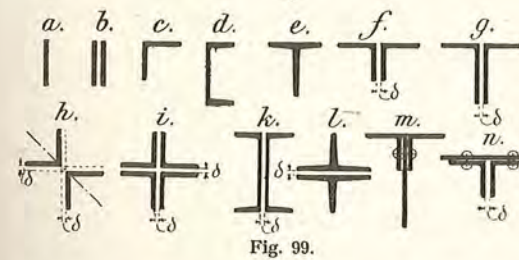


Fig. 99.

Trykstænger dannes ved Dragere med enkelt Krophypigst og bedst af 2 Vinkeljærn i T- eller Kors-Form (Fig. 99f—h). Tværnittene i Fig. 99i—k bruges nu

paa Grund af den store Bredde af de spalteformede Mellemrum sjældnere end tidligere; for de dobbelte T-Jærn (Fig. 99l) gælder det samme, og T-Jærn have overhovedet aldrig været videre anvendte, hvilket vel navnlig skyldes de skraa Begrænsningsflader for Fligene. Mellemrummene (δ) mellem de enkelte Profiljærn afgive Plads for Knudeplader og Udfyldingsstykker, hvorom nedenfor. Af Hensyn til Rensning og Maling er det uheldigt, naar disse spalteformede Mellemrum blive meget brede (tværs paa Stangens Længderetning); Formerne i Fig. 99i—k staa som sagt i saa Henseende tilbage for dem i Fig. 99f—g og navnlig for Fig. 99h, hvor de to Vinkeljærn ere frit tilgængelige fra alle Sider; sidstnævnte Form er desuden som Trykstang ret økonomisk, idet der opnaas forholdsvis stor Stivhed med lidt Materiale (Tværnittets I_{\min} er lig $2 \times$ det enkelte Vinkeljærns I_{\max}). — Tværnittet i Fig. 99m, der bestaar af to Vinkeljærn og en »Staa-plade«, er specielt praktisk for trykkede Stænger, der paa virkes til Bøjning af ydre Kræfter mellem Knudepunkterne (f. Ex. Overdelen af Spærfag, hvor der skal anbringes Aase ogsaa imellem Knudepunkterne); det staa paa Overgangen til de mere sammensatte Tværnit, der maa bruges ved sværere Dragere. Dette sidste gælder ogsaa om Tværnittet Fig. 99n, dannet af et Par Vinkeljærn med Mellemrum imellem (til Knudeplader) og en eller flere Lameller; i omvendt Stilling (f. Ex. til Foden i en Drager) kan det ikke bruges, uden at Mellemrummet udfyldes med et Fladjærn imellem Knudepladerne, og selv i den tegnede Stilling vil man nu ofte forlange den samme Udfyldning. — Endnu skal det nævnes, at man har dannet meget spinkle Trykstænger af to Fladjærn, forbundne ved Udfyldingsstykker og Nitter i korte indbyr-



Fig. 100.

des Afstande, undertiden spændte stærkere ud fra hinanden paa Midten end ved Enderne (Fig. 100). Konstruktionen er dog ikke anbefalelsesværdig.

For Dragere med dobbelt Krop ere nogle af de simpleste Tværsnitsformer for trykkede Stænger viste i Fig. 101. De punkterede Linier betegne et sekundært Gitter (hvorom nærmere nedenfor), der tjener til Forbindelse mellem de enkelte Profiljærn. Ved de af Vinkeljærn og et Gitter eller en fuld Plade sammensatte T-formede Tværnit (Fig. 101a—d) er det

ofte ligesom ved de enkelte Former i Fig. 99 fordelagtigt at bruge uligeformede Vinkeljærn med de lange Flige vinkelret paa Kroppen i T'et. I Fig. 101a foretrækker man, hvor det kan lade sig gøre, at rykke Vinkeljærnene tæt sammen og lægge det sekundære Gitter udenpaa Fligene. Om mere sammensatte Tværsnitsformer forøvrigt nærmere i J. K. III, § 7—8.

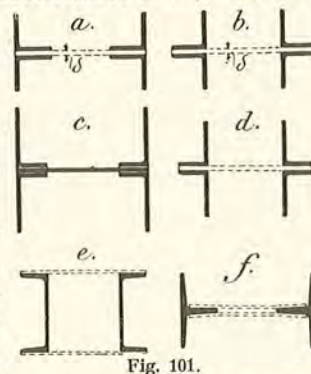


Fig. 101.

Dimensioneringen af Stængerne udføres ved Formlerne (3)—(5) i § 4. For Trykstængerne maa man her kende den »frie Længde«, som skal indføres i Søjleformlerne, og den afhænger først og fremmest af, om Knudepunkterne ere fastholdte saaledes, at de ikke kunne vige ud i nogen Retning. I Dragerens Plan er der naturligvis ikke Mulighed for nogen Bevægelse, der kan have Betydning, men om en Bevægelse ud af denne Plan er udelukket, afhænger af hele Konstruktionen, hvori Drageren indgaar, navnlig af Tværforbindelserne mellem Dragerne, og Spørgsmaalet maa derfor undersøges i hvert Tilfælde for sig. Ved Spærfag o. l. ville sædvanligvis alle den trykkede Flanges Knudepunkter være fastholdte ved Tværforbindelserne (Aase og Vinddrager), og i saa Fald regner man for Stængerne i denne Flange den frie Længde lig Afstanden mellem Knudepunkterne; og for de trykkede Gitterstænger kan man da regne paa samme Maade, idet de Endepunkter af dem, der ligge paa den strakte Flange, holdes i deres Stilling af selve Flangens Trækspændinger. I andre Tilfælde, f. Ex. ved Konsoller, Perrontag-Dragere o. l., kan det derimod hænde, at Mellemknudepunkterne i den trykkede Flange ikke ere fastholdte; i saa Fald maa man sikre sig, at denne Flanges Stænger ere stive nok overfor Udbøjning baade i Dragerens Plan (fri Længde lig Afstanden mellem Knudepunkterne) og vinkelret herpaa (fri Længde lig Afstanden mellem de Knudepunkter, der ere fastholdte i Tværetningen). — Undertiden kan man ogsaa forsvare at regne den frie Længde noget mindre end Afstanden mellem Knudepunkterne paa Grund af den fra Nitteforbindelserne hidrørende delvise Indspænding, men ved de spinklere Dragere, der her er Tale om, er der sædvanligvis ingen Anledning til at regne

særlig knebent. Overhovedet maa det anbefales at gaa frem med stor Forsigtighed ved Anvendelse af et Skøn paa dette Omraade. Forøvrigt henvises til J. K. III, § 11, og T. S. II, § 73.

For de i Fig. 99 viste hyppigst benyttede Tværnsnitsformer kan man for Koefficienten ζ (i Lign. (4), § 4) regne med følgende foreløbige Værdier; a , b , c betegne mindste, mellemste og største Tykkelse af de enkelte Profiljærn, δ Tykkelsen af Mellemrummene (se Fig. 99):

Ligesidede Vinkeljærn.		Nr. 6	Nr. 14	
┌┐-Form	$\zeta =$	a	4,4 4,0	
		b	5,7 4,5	
		c	7,0 5,0	
└┘-Form (I_{\min} om den i Fig. 99 h stiplede Axe)	$\zeta =$	a	2,8 2,4	
		b	3,6 2,8	
		c	4,5 3,1	
= -Form, $\delta = 10\text{mm}$	$\zeta =$	a	3,7 3,8	
		b	4,5 4,2	
		c	5,3 4,6	
, , $\delta = 14\text{mm}$	$\zeta =$	a	3,4 3,6	
		b	4,1 4,0	
		c	4,8 4,4	
Uligesidede Vinkeljærn.		$\delta = 10\text{mm}$	$\delta = 14\text{mm}$	
┌┐-Form, $b:h=2:3$	$\zeta =$	a	3,4	3,1
		b	4,0	3,7
(I_{\min} sædvanlig om den lodrette Axe)				
, -Form, $b:h=1:2$	$\zeta =$	a	5,5	4,9
		b	6,3	5,6
(I_{\min} altid om den lodrette Axe)				
┌-Jærn.		Nr. 8	Nr. 30	
┌┐-Form, $\delta = 10\text{mm}$	$\zeta =$		4,2 6,5	
		, , $\delta = 14\text{mm}$	3,8 6,0	

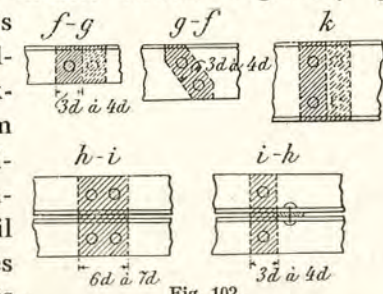
For nogle af Tværnsnitsformerne i Fig. 101 have:

Fig. 101a—b,		Nr. 6	Nr. 14
ligesidede Vinkeljærn, $\delta = 10\text{mm}$		$\zeta =$	$\begin{cases} a & 3,4 \dots 3,7 \\ b & 4,3 \dots 4,2 \\ c & 5,1 \dots 4,6 \end{cases}$
Fig. 101c (med Gitter) og d,		Nr. 5/7 1/2	Nr. 10/15
$\delta = 10\text{mm}$	$b:h=2:3$	$\zeta =$	$\begin{cases} a & 2,3 \dots 2,2 \\ b & 2,8 \dots 2,6 \end{cases}$
			Nr. 5/10
	$b:h=1:2$	$\zeta =$	$\begin{cases} a & 1,7 \dots 1,6 \\ b & 2,1 \dots 1,8 \end{cases}$
			Nr. 10
Fig. 101e,			
Afstanden mindst saa stor, at $I_x = I_y$		$\zeta =$	1,77 0,86

Naar en Trykstang sammensættes af flere Profiljærn, er det ganske nødvendigt at forbinde disse indbyrdes, saa de komme til at forholde sig som én Stang. Der kan være Tale om følgende Tilfælde.

1. De enkelte Profiljærn ere i direkte Berøring med hinanden; der anvendes da fortløbende Nitterækker, og naar Nitteafstanden bestemmes ved Hensynet til Fuge-tætheden ($5d-8d$), er dette rigeligt til at sikre Forbindelsen.

2. Der findes et Mellemrum δ (= en Pladetykkelse, se Fig. 99) mellem Profiljærnene; Forbindelsen iværksættes da som vist i Fig. 102 (hvor Bogstaverne vise hen til Fig. 99) ved Udfyldingsstykker og enkelte Nitter. Fig. 102f—g anvendes, naar der kun er Plads



til en enkelt Nitterække i Vinkeljærnsfligen; undertiden foretrækkes det at sætte to Nitter (som punkteret) gennem hvert Udfyldingsstykke. Fig. 102g—f anvendes, naar der er Plads til Zigzagnitning; i Fig. 102k sættes 2 eller 4 Nitter efter ┌-Jærnets

Størrelse. Fig. 102h—i og i—h kunne bruges i Flæng; hver Forbindelse bestaar her enten af et større Udfyldingsstykke med 4 Nitter eller af to smallere over Kors lige ved Siden af hinanden. I Stedet for at danne Udfyldingsstykkerne af Pladestykker har man undertiden nøjedes med at indlægge en Ring i Mellemrummet omkring Nitten; men dette er mindre godt.

Afstanden λ mellem Udfyldingsstykkerne beregnes ofte ud fra den Forudsætning, at hvert enkelt af Profiljærnene, betragtet som en Søjle for sig med fri Længde λ , skal kunne bære sin Brøkdæl af Trykket. Det er klart, at man paa den Maade i alt Fald maa finde en højere Grænse for Afstanden, men efter de, ganske vist kun forholdsvis faa, herover anstillede Forsøg at dømme er det saaledes beregnede λ ofte altfor stort; dette er heller ikke helt uforstaaeligt, da de enkelte Profiljærn, betragtede som Søjler, næppe blive helt centralt paavirkede. Efter Tetmajers Forsøg*) kan man,

*) Tetmajer: Ueber die Gesetze der Knickungs- und der zusammengesetzten Druckfestigkeit der technisch wichtigsten Baustoffe,

hvis man tør lade de fundne Resultater gælde for alle Slags Profiljærn, sætte Afstanden λ til

$$\text{for Blødt Staal: } \lambda = 40i, \quad (48)$$

hvor i betegner det enkelte Profiljærns mindste Inertiradius.

I Stedet for (48) kan man ogsaa sætte følgende bekvemmere Regler:

$$\left. \begin{array}{l} \text{for lige- eller uligeflgede Vinkeljærn... } \lambda = 8b, \\ \quad (b = \text{Bredden af den korteste Flig}) \\ \text{ } > \text{ } \square\text{-Jærn } (b = \text{Flangebredden}) \dots\dots\dots \lambda = 11,5b, \\ \text{ } > \text{ } \perp\text{-Jærn } (b:h = 2:1) \dots\dots\dots \lambda = 10h, \\ \text{ } > \text{ } > \quad (b = h) \dots\dots\dots \lambda = 8,5b, \end{array} \right\} \quad (48a)$$

For Svejsjærn kan λ regnes 10% mindre.

3. Ved større Afstand mellem de enkelte Profiljærn, hvoraf Stangen er sammensat, iværksættes Forbindelsen ved et sekundært Gitter eller ved Tværplader. Gitteret kan dannes af Fladjærn (Fig. 103—04) eller spinkle Vinkeljærn (Fig. 105—06) eller \square -Jærn (Gitterjærn o. l., se J. K. III, S. 65).

I Fig. 103 ses et enkelt Fladjærns-Gitter til Forbindelse mellem to Flanger af Vinkeljærn (Tværnittene Fig. 101a—d);

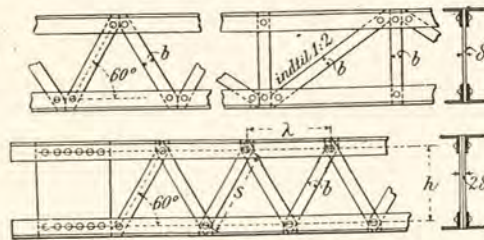


Fig. 103.

Mellemrummet mellem Flangens to Vinkeljærn kan enten være lig Tykkelsen af Fladjærns-Gitterstængerne eller lig to Gange denne Tykkelse; det sidste er billigst og i visse Hen-

Zürich 1901, S. 147—91. De ved Forsøgene anvendte Søjler vare sammensatte af 2 eller 4 Vinkeljærn i Korsform (Materiale: Blødt Staal). De forskellige Forsøgsrækker, af hvilke de tre første anstilledes med Søjler af 2 Vinkeljærn (Fig. 99h), de tre sidste med 4 Vinkeljærn (Fig. 99i) gav som største tilladelige Afstand mellem Forbindelserne: 57*i*, 67*i*, 29*i*, 35*i*, 45*i*, 75*i*, hvor i betegner det enkelte Vinkeljærns Inertiradius. Gennemsnitsresultatet er 50*i*, men paa Grund af den store Afvigelse mellem de enkelte Resultater bør man neppe gaa længere end til 40*i*. Idet man med stor Tilnærmelse kan regne: for ligesidede Vinkeljærn $i = 0,20b$ ($b =$ Fligbredden), for uligesidede Vinkeljærn (baade 2:3 og 1:2) $i = 0,21b$ ($b =$ Bredden af den korte Flig), for \square -Jærn $i = 0,29b$ ($b =$ Flangebredden), for \perp -Jærn ($b:h = 2:1$) $i = 0,25h$ og for \perp -Jærn ($b = h$) $i = 0,21b$, kommer man til de i (48a) angivne Afstande.

seender ogsaa bedst (lettere at rense og male), men Spaltens Tykkelse er ofte bestemt ved andre Hensyn, og Nitterne blive uheldigt paavirkede. Diagonalhældningen ligger gerne mellem 60° og 45°; ved fladere Gitter indskydes bedst Vertikaler (Fig. 103, øverst til højre). I Fig. 104 ses et dobbelt Gitter, der danner Forbindelsen mellem to \square -Jærn; af Hensyn til Stængernes Krydsning er Knudepunktskonstruktionen til venstre i Figuren

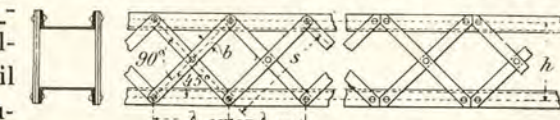


Fig. 104.

simplest og ved \square -Jærn ogsaa den almindeligste. Vil man derimod bruge dobbelt Gitter

ved Tværsnitsformerne i Fig. 101a—d, og Mellemrummet mellem Vinkeljærnene kun kan blive lig én Tykkelse, maa Knudepunkterne dannes som til højre i Fig. 104 og Gitterstængerne bøjes ud for hinanden; men dette kan kun lade sig gøre, naar \perp -Tværnittets Højde er nogenlunde stor.

Fig. 105 viser et enkelt Gitter af Vinkeljærn. Man anvender med Fordel de mindre Profiler af uligesidede Vinkeljærn; simplest er det,

som i Fig. 105a at lade den ene Flig springe frem, men for Udseendets Skyld foretrækker man dog undertiden at lade denne Flig vende indad (Fig. 105b), hvilket imidlertid bliver ret dyrt paa Grund af den nødvendige Afskæring ved Enderne. Naar Profiljærn

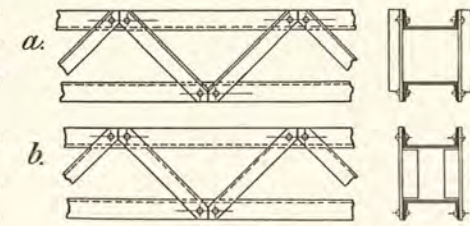


Fig. 105.

anvendes til Gitterstængerne, kan det være ønskeligt at reducere Stængernes og Forbindelsernes Antal (navnlig naar den fremstaaende Flig skal skæres af); dette opnaas ved at anvende et fladere Gitter, som i Fig. 106, og herved kan man maaske tillige faa Plads til to Nitter i hver Stang.

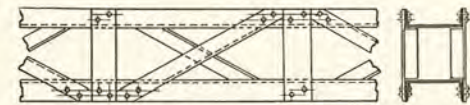


Fig. 106.

I Fig. 103, nederst, ses Gitteret ved Enden af Stangen afsluttet med en Tværplade (»tie plate«) til Udligning af mulige Spændingsforskelle mellem de to Flanger; en saadan

Gitteret afsluttes ved Enderne af Stangen med Tværplader, og lignende Tværplader anvendes paa Mellempunkter, hvor man er nødt til at afbryde det fortløbende Gitter. Ved Enderne skal Tværpladernes Længde mindst være lig Afstanden h mellem Nittelinierne, paa Mellempunkter mindst $\frac{1}{2}h$; deres Tykkelse mindst $\frac{1}{10}h$.

Alle disse Forskrifter gælde som sagt ved Forbindelse af to \square -formede Profiler. Skal man forbinde 4 Vinkeljærn til et \square -Profil, haves kun ét Gitter, og dette maa følgelig gøres forholdsvis lige saa stærkt som de to ved \square -Profilerne. Idet Diagonalerne skulle fungere som Trykstænger, afhænger deres Styrke fortrinsvis af Inertimomentet, og man kan derfor benytte alle Reglerne ovenfor, naar man blot multiplicerer Tykkelserne med $\sqrt[3]{2} = 1,26$.

Hvis saadanne sammensatte Stænger blive paavirkede til Bøjning af bekendte Kræfter, maa man naturligvis beregne den heraf følgende Transversalkraft og benytte den (passende forøget under Hensyn til Trykket paa langs) ved Dimensionsbestemmelsen.

For Tværplade-Forbindelser kan man benytte den simpleste Tilnærmelsesberegning for en Vierendeelbjælke, ifølge hvilken man antager Charnierer i Midtpunkterne af baade Flangestykker og Vertikaler (Tværplader). Charniertrykket i Vertikalens Midtpunkt opløses i en vandret Komposant H (parallel med Flangerne, Fig. 107b) og en lodret Komposant, og den første bliver (se T. S. I, S. 531):

$$H = Q \frac{\lambda}{h};$$

Betegnelserne ses i Fig. 107. Til dette Udtryk kommer man ogsaa ved at betragte den sammensatte Søjle som en Pladejærnsdrager (med gennembrudt Krop) og sætte H lig den forskydende Kraft paa Længden λ , altsaa

$$H = \frac{S_y}{I} Q \lambda = \frac{S_o}{I} Q \lambda \approx Q \frac{\lambda}{h}.$$

Snittet $n-n$ gennem Nitterækken i Fig. 107b er da paavirket af baade et Moment M og en forskydende Kraft T :

$$M = \frac{1}{2} h H = \frac{1}{2} Q \lambda, \quad T = H = Q \frac{\lambda}{h}, \quad (50)$$

og denne Paavirkning skal baade Nitterne og det svækkede Snit i Tværpladen kunne modstaa. For et \square -formet Tvær-snit som i Fig. 107 (dannet af fire Vinkeljærn) ere Nitterne 2-Snits, saa der maa regnes med Tryk paa Hulranden; naar Søjlen er sammensat af to \square -Jærn eller \square -formede Profiler,

lægges der to Tværplader lige ud for hinanden, og Nitterne blive 1-Snits.

Eftersom der anvendes to Nitter (i Afstanden e) eller tre Nitter (se Fig. 107), bliver den yderste Nitte paavirket af Kræfterne:

$$\begin{array}{l} \text{fra Momentet} \quad \text{(Kraften } \perp \text{ Flangen): } \frac{1}{2} Q \lambda \cdot \frac{\frac{1}{2} e}{\frac{1}{2} e^2} = \frac{Q \lambda}{2e}, \quad \frac{1}{2} Q \lambda \cdot \frac{e}{2e^2} = \frac{Q \lambda}{4e}, \\ \text{» Forskydningen (» } \neq \text{ ») :} \quad \frac{Q \lambda}{2h}, \quad \frac{Q \lambda}{3h}, \end{array}$$

og Resultanten heraf maa højst blive lig den Kraft R , som kan optages af én 2-Snits eller to 1-Snits Nitter, altsaa:

$$\left. \begin{array}{l} \text{for 2 Nitter: } \frac{Q \lambda}{2h} \sqrt{1 + \left(\frac{h}{e}\right)^2} \leq R, \\ \text{for 3 Nitter: } \frac{Q \lambda}{3h} \sqrt{1 + \left(\frac{3h}{4e}\right)^2} \leq R. \end{array} \right\} \quad (51)$$

For Snittet i Tværpladen maa man beregne Tværsnitsareal og Modstandsmoment under Hensyn til Svækkelsen ved Nittehullerne, og de af M og T bevirkede Normal- og Forskydningsspændinger maa da ikke overskride de tilladelige Værdier. Sættes f. Ex. i Fig. 107: $e = 3d$, $b = 10d$ ($d =$ Nittediametren), og betegner δ Tværpladens Tykkelse (ved en \square -Søjle Summen af de to ud for hinanden liggende Tværpladers Tykkelser), findes: Modstandsmomentet $= 13\delta d^2$, det nyttige Areal $= 7\delta d$, altsaa Spændingerne:

$$\sigma = \frac{Q \lambda}{26 \delta d^2}, \quad \tau = \frac{1,5 T}{7 \delta d} = \frac{3 Q \lambda}{14 \delta d h}; \quad (52)$$

τ er her beregnet efter den sædvanlige Formel for største Forskydningsspænding i en Bjælke med rektangulært Tvær-snit, men om Faktoren 1,5 i Virkeligheden er nødvendig, er naturligvis tvivlsomt; hvis Kraften fordeler sig ensformigt over Nitterne, maa den vel ogsaa fordele sig nogenlunde ensformigt over Snittet $n-n$, men paa Grund af Usikkerheden ved denne Kraftfordeling gør man bedst i at medtage den nævnte Faktor. — Med kun to Nitter i hver Side af Tværpladen bør man naturligvis ikke gaa saa langt ned med

Afstanden e som til $e = 3d$; sættes $e = 6d$, kan man uden væsentlig Fejl bruge Formlerne (52) uforandrede.

Naar man har valgt Nittediametren og Tværplade-Tykkelsen samt Nitteantallet, kan man ved (51) eller (52) bestemme λ . Hvis denne Afstand for en Søjle, der som i Fig. 107 er sammensat af fire Vinkeljærn, gøres større end $40i$, hvor i er mindste Inertiradius for det enkelte Vinkeljærn, maa der mellem Tværpladerne indsættes Udfyldingsstykker med Nitter til Forbindelse af Vinkeljærnene i hver Flange for sig. — Efter den her gennemførte Bestemmelse af λ ved man kun, at Nitter og Tværplader ikke blive overanstrengte; om man med denne Afstand ogsaa opnaar den ønskede Bæreevne af den sammensatte Søjle, kræver en særlig Under søgelse (hvorom nedenfor).

Angaaende de ovenfor angivne Værdier af Transversalkraften Q meddeles følgende. En Beregning af Q er først forsøgt af Engesser*), og det af ham givne Grundlag har mere eller mindre direkte dannet Udgangspunktet for alle senere Forsøg, hvorfor vi begynde med at gengive hans Betragtning. I det Øjeblik Søjlen er paa Nippet til at knække ud under Paavirkning af Trykket (altsaa Brudbelastningen) P , har den antaget Formen: $y = f \sin \frac{\pi}{l} x$, hvor f betyder Udbøjningen paa Midten. Momentet i det vilkaarlige Punkt er $M = Py$ og Transversalkraften $Q = \frac{dM}{dx} = P \frac{dy}{dx} = P \frac{\pi f}{l} \cos \frac{\pi}{l} x$; Q antager sin største Værdi $Q_{\max} = \frac{\pi f}{l} P$ for $x = 0$. Største Fiberpaavirkning i Flangerne er i samme Øjeblik, naar Tværsnitsareal og Modstandsmoment kaldes F og W : $\sigma_R = \frac{P}{F} + \frac{Pf}{W}$, hvoraf $f = \left(\sigma_R - \frac{P}{F}\right) \frac{W}{P}$. Antages det nu, at Udknækningen foregaar, fordi den resulterende Paavirkning σ_R har naaet Flydegrænsen σ_F , og indføres det fundne f i Udtrykket for Q_{\max} , faas, idet k betegner Kærneradius for Søjletværsnittet ($W = Fk$):

$$Q_{\max} = \frac{\pi k}{l} (\sigma_F F - P);$$

heri er k tilnærmelsesvis lig $\frac{1}{2} h$ (h = Afstanden mellem Flangetyngdepunkterne), og naar Tværsnittet af den ene Flange kaldes F_1 , altsaa $F = 2F_1$, bliver

$$Q_{\max} = \frac{\pi h}{l} (\sigma_F F_1 - \frac{1}{2} P).$$

Saavidt Engesser. Indfører man heri for P den ved Tetmajers

*) Die Knickfestigkeit gerader Stäbe, Berlin 1891, S. 10 (Særtryk af Centralblatt der Bauverwaltung).

Formel givne Brudbelastning for Søjlen: $P = F \left(3100 - 11,4 \frac{l}{i}\right)$, og regnes (mindre korrekt) $\sigma_F = 3100 \text{ kg/cm}^2$ *, findes

$$Q_{\max} = \frac{\pi h}{l} \left(\sigma_F F_1 - \sigma_F F_1 + 11,4 \frac{l}{i} F_1\right) = \frac{11,4 \pi h}{i} F_1 \approx 22,8 \pi F_1 = 72 F_1,$$

og idet denne Værdi svarer til Brudbelastningen, kommer man efter Indførelse af Sikkerhedsgraden til det i (49) angivne $Q = 20 F_1$ à $30 F_1$ **). Denne Transversalkraft er sandsynligvis ret rigelig, hvad vi om et Øjeblik skulle vende tilbage til, men at man overhovedet paa denne Maade finder et nogenlunde fornuftigt Resultat, er nærmest en Tilfældighed; indfører man saaledes P i Udtrykket for Q_{\max} ovenfor efter Johnsons Parabel-Formel i Stedet for efter den Tetmajerske Retlinie-Formel, hvad i og for sig mindst er lige saa rigtigt, og for saa vidt rigtigere, som Flydegrænsen σ_F virkelig indgaar i Parabelformlen, kommer man til: $Q_{\max} = \text{ca. } \frac{1}{2} \frac{l}{h} F_1$, der sædvanligvis giver langt mindre Værdier af Q . Sagen er, at det alene kommer an paa sidste Led i den benyttede Søjleformel ($\beta \frac{l}{i}$ eller $\gamma \frac{l^2}{i^2}$), altsaa kun paa Differensen mellem Bæreevnerne for en Søjle med Længde Nul og samme Søjle med Længde l , og denne Differens kan naturligvis (efter de rent empiriske Formler) være ret forskellig uden at medføre nogen væsentlig Forskel paa Total-Bæreevnerne. — Forøvrigt bemærkes endnu, at man egentlig skulde benytte en anden Værdi af P , naar $l : i > 105$ à 125 , men da man med de fleste Søjler i Praxis befinder sig under denne Grænse og Udviklingen dog kun er halv-empirisk, bliver man i Almindelighed staaende ved de fundne Udtryk.

Til en lidt mere haandgribelig Forestilling om Sagen, hvorved man ogsaa bedre bliver i Stand til at bedømme, om det fundne Q ligger paa den sikre Side eller ikke, kan man komme paa følgende Maade. Trykket P tænkes at virke paa Søjlen med en oprindelig

*) Dette er i Virkeligheden det samme som vilkaarligt at forudsætte, at det 2^{det} Led i Tetmajers Formel er et Udtryk for Bøjningsspændingen, hvad man kommer til ved at sammenligne følgende to Udtryk:

$$\sigma_R = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} \quad \text{og} \quad \sigma_R (= 3100) = \frac{P}{F} + 11,4 \frac{l}{i}.$$

***) Vianello: Der Eisenbau 1905 (1ste Udg.), S. 435—36, finder $Q = 30 F_1 \text{ kg}$; Krohn (Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 561) sætter $Q = \frac{1}{n} \frac{F_1}{14} \text{ Tons}$, og denne Værdi er f. T. den i Tyskland almindeligst angivne.

lille Excentricitet f_o , der kan have forskellige Værdier ved Søjlen to Ender. I saa Fald finder man*), idet $\sqrt{\frac{P}{EI}} = a$:

$$\begin{aligned} \text{med Excentriciteterne } +f_o \text{ og } +f_o: Q_{\max} &= Pf_o a \operatorname{tg} \frac{1}{2} al, \\ & \quad \quad \quad f_o \text{ og } 0: Q_{\max} = Pf_o a \operatorname{cosec} al, \\ & \quad \quad \quad +f_o \text{ og } -f_o: Q_{\max} = Pf_o a \operatorname{cosec} \frac{1}{2} al; \end{aligned}$$

de to første af disse Værdier optræde ved Enderne af Søjlen, den tredje ved Midten, og denne er endda altid i Praxis den numerisk største; man maa derfor aldrig lade Forbindelsernes Dimensioner aftage fra Enderne hen mod Midten, hvad man ofte ser angivet.

Benytter man den sidste Værdi af Q_{\max} , og tænker man sig f_o udtrykt f. Ex. som en vis Brøkdel af Søjlen Længde l , $f_o = \frac{1}{m} l$ (for en centralt paavirket Søjle skal f_o betyde en Konstant, der kan dække de forskellige Mangler ved Søjlen), faas:

$$Q_{\max} = \frac{2}{m} P \cdot \frac{\frac{1}{2} al}{\sin \frac{1}{2} al}, \text{ hvor } \frac{1}{2} al = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EI}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{Pl^2}{EI}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_E}} = \frac{\pi}{2\sqrt{n}},$$

idet n betegner Sikkerhedsgraden i Forhold til den Euler'ske Grænseværdi P_E . Vinklen $\frac{1}{2} al$ kan da kun variere fra 0 til højst ca. 60° og

Forholdet $\frac{\frac{1}{2} al}{\sin \frac{1}{2} al}$ altsaa fra 1 til ca. 1,2, saaledes at man højst faar $Q_{\max} = \frac{2,4}{m} P$. Det i (49a) angivne $Q = \frac{2}{100} P$ svarer følgelig til $m =$

120, og en Excentricitet paa $\frac{1}{120}$ af Søjlelængden maa dog antages at være ret rigelig**).

Den sammensatte Søjles Bæreevne. Bortset fra enkelte mere indgaaende Undersøgelser***), der ere altfor besværlige til at faa Betydning for den almindelige Praxis, er det ogsaa her Engesser, der har leveret de væsentligste og rationelle Bidrag til Spørgsmaalets Løsning; vi ville derfor i Hovedsagen indskrænke os til at gengive de Formler, hvortil han er kommen †).

*) »Ingeniøren« 1908, S. 81. Vil ogsaa blive medtaget i den kommende (3die Udg.) af T. E.

**) Müller-Breslau mener (Der Eisenbau 1911, S. 342), at man bør beregne en »centralt« paavirket Søjle med en Excentricitet $\frac{1}{200} l$, saaledes at den resulterende Spænding for Trykket $2P$ højst naar op til Proportionalitetsgrænsen; forøvrigt en lidt kunstig Maade til at undgaa de empiriske Søjleformler.

***) Der Eisenbau 1911, S. 443, 475 (Müller-Breslau); 1913, S. 403 (Grüning).

†) Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- und Arch.-Ver. 1913, Nr. 47, og flere tidligere Artikler, navnlig Centralbl. d. Bauverw. 1891 og 1909, S. 136.

Naar man sammenligner to lige lange og ens understøttede, men ellers forskellige Søjler (med forskelligt Tværsnit eller forskellig Variation af Tværsnittet), der begge ere centralt paavirkede, kan man tilnærmelsesvis sætte:

$$P = P_m \frac{f_m}{f} = \beta P_m, \quad (53)$$

hvor P og P_m ere de Tryk, for hvilke Søjlerne knække ud, f og f_m de Nedbøjninger ved Midten, der fremkomme, naar Søjlerne betragtes som Bjælker og paavirkes af en ensformig fordelt Belastning p *). Herigennem kan man udtrykke Bæreevnen P af en sammensat Søjle ved den tilsvarende Størrelse P_m for en almindelig massiv Søjle.

Med simpel Understøtning i begge Ender er $f_m = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{EI}$,

Forskydningsspændingernes Bidrag vil med den ringe Bjælkehøjde her altid være forsvindende. Naar det konstante Tværsnit af den ene Flange i den sammensatte Søjle kaldes F_1 , og Afstanden mellem Flangetyngdepunkterne h , er nøjagtigt nok: $I = \frac{1}{2} F_1 h^2$, og ved kontinuerlig Forbindelse af Flangerne (til en massiv Søjle) følgelig

$$f_m = \frac{5}{192} \frac{pl^4}{EF_1 h^2}.$$

Gittersøjler. Flangernes Bidrag f' til Nedbøjningen f for den sammensatte Søjle kan sættes til samme Værdi (f_m); Gitterstængernes Bidrag f'' kan for et enkelt V-Gitter (Fig. 108a) ifølge T. S. II, § 2, Formel (13), regnes til:

$$f'' = \frac{pl^2 d^3}{8 EF_d h^2 \lambda},$$

hvor d er Længden og F_d Tværsnittet af en Diagonal. Nu er:

$$\beta = \frac{f_m}{f} = \frac{f_m}{f' + f''} = \frac{1}{1 + \frac{f''}{f_m}} = \frac{1}{1 + \frac{24 F_1 d^3}{5 F_d h^2 \lambda}},$$

og ved Indsættelse heraf i (53) kan man finde P . Det i (53) indgaaende P_m betyder som sagt Bæreevnen for en massiv Søjle (af Længde l og med Inertimomentet $\frac{1}{2} F_1 h^2$) og bereg-

*) Udviklingen heraf, der ogsaa kan benyttes til Undersøgelse af mere komplicerede Søjleproblemer (ligesom Vianello's grafiske Konstruktion (T. E., S. 425) vil blive meddelt i den kommende (3die) Udg. af T. E.

nes efter de almindelige Søjleformler. Efter Engessers specielle Beregningsmaade skal man egentlig for korte Søjler (naar Eulerformlen ikke mere kan bruges) indføre forskellige

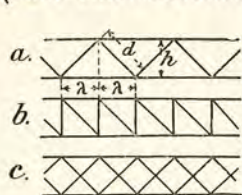


Fig. 108.

Værdier af Elasticitetskoefficienten ved Bestemmelsen af f' og f'' ; imidlertid er man paa den sikre Side ved at se bort herfra, hvad vi derfor ville gøre. Naar der endelig (efter Engesser) tilføjes en Faktor $\mu = 0,9$ à $0,95$ for at tage Hensyn til excentriske Knudepunktsforbindelser og Mangler ved Nitningen, har man for Søjlen i Fig. 108a:

$$P = \beta P_m = \frac{\mu}{1 + \alpha} P_m, \text{ hvor } \alpha = \frac{24 F_1 d^3}{5 F_d l^2 \lambda}. \quad (54)$$

For Søjlen i Fig. 108b faas paa samme Maade:

$$\alpha = \frac{24 F_1 d^3}{5 F_d l^2 \lambda} \left(1 + \frac{F_d h^3}{F_v d^3}\right), \quad (55)$$

hvor F_v betyder Tværnittet af Vertikalerne.

For Søjlen i Fig. 108c, uden eller med Vertikaler, kan man benytte (54) eller (55), naar man blot i Stedet for F_d indfører $2 F_d$.

For en Søjle med Tværplade-Forbindelser kan Beregningen gennemføres paa samme Maade. Naar der tages Hensyn til baade Flangernes og Tværpladernes Bidrag til Formforandringen, kommer man til Formlen*):

$$P = \frac{\mu}{1 + \alpha} P_m, \text{ hvor } \alpha = \left(\frac{\lambda}{l}\right)^2 \frac{I}{2 I_f} \left[1 + 2 \frac{h I_f}{\lambda I_t} \left(1 + 2,5 \frac{b^2}{h^2}\right)\right]; \quad (56)$$

her er P_m ligesom ovenfor Bæreevnen af en massiv Søjle med samme Længde (l) og Inertimoment (I), og $\mu = 0,9$ à $0,95$; endvidere betyder:

I Inertimomentet af hele Søjletværsnittet om Axen vinkelret paa Tværpladernes Plan,

I_f Inertimomentet af den ene Flange alene om den hermed parallelle Axe gennem Flangens Tyngdepunkt,

I_t Inertimomentet af Snittet i Tværpladen parallelt med Flangen, $I_t = \frac{1}{12} \delta b^3$;

*) Udlelsen findes i Zentralbl. d. Bauverw. 1909, S. 136, idet der dog i (56) er udeladt det fra Forskydningsformforandringen af Flangerne hidrørende Led. Formlen er ogsaa anført i J. K. III, S. 68, hvor Koefficienten 2,5 er rundet op til 3.

λ , b og h have de i Fig. 107 angivne Betydninger.

Alle de hidtil meddelte Beregninger af en sammensat Søjles Bæreevne forudsætte, at der er Tale om Udbøjning om en Axe vinkelret paa Gitterets eller Tværpladernes Planer, den saakaldte »frie Axe«; men desuden maa man naturligvis efter de almindelige Søjleformler undersøge Muligheden af en Udbøjning om den anden Symmetriaxe. Har man samme fri Længde, og ønsker man samme Sikkerhed for de to Bøjningsretninger, maa man vælge Afstanden h mellem Flangerne saaledes, at Inertimomentet om den frie Axe bliver noget større end om den anden Hovedaxe.

Naar Tværpladerne ere meget stive ($I_t = \infty$), simplificeres (56) betydeligt. Sætter man $I = \frac{1}{2} F_1 h^2 = 2 F_1 i^2$, $I_f = F_1 i_f^2$, hvor i_f altsaa er Inertiradius for den ene Flange alene, medens i ($\approx \frac{1}{2} h$) er Inertiradius for hele Søjletværsnittet, kan α skrives:

$$\alpha = \left(\frac{\lambda}{i_f}\right)^2 : \left(\frac{l}{i}\right)^2. \quad (56a)$$

Hvis P_m nu bestemmes ved Eulerformlen, $P_m = \frac{\pi^2 E F}{n \cdot \left(\frac{l}{i}\right)^2}$, faas for den sammensatte Søjle:

$$P = \frac{\mu \pi^2 E F}{n \left(\left(\frac{l}{i}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{i_f}\right)^2 \right)}, \quad (56b)$$

d. v. s. P beregnes direkte efter Eulerformlen, idet man blot i Stedet for det virkelige Længdeforhold $\frac{l}{i}$ indfører det tænkte Forhold

$\sqrt{\left(\frac{l}{i}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{i_f}\right)^2}$. Samme simple Regel gælder derimod ikke for de

kortere Søjler, hvor Eulerformlen ikke kan bruges. — Tilnærmelsen giver dog kun brugelige Resultater, hvis I_t virkelig er meget stor;

f. Ex. for $b = h$ bliver sidste Led i (56) endnu $7 \frac{h I_f}{\lambda I_t}$, og denne Størrelse skal være lille i Sammenligning med 1. I alt Fald bør man kun stryge dette sidste Led, naar man samtidig gør Koefficienten μ en Del mindre end ovenfor, højst $\mu = 0,85$ à $0,9$.

Andre Beregningsmaader ere opstillede af Krohn, Kayser, Saliger o. fl.*). Selv om de ikke direkte ere formede saaledes,

*) Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 559 (Krohn), »Der Eisenbau« 1910, S. 141 o. f. (Kayser), Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch.-Ver. 1912, Nr. 1 (Saliger). Teknisk Tidskr. 1913, Afd. f. Væg- och Vattenbyggnadskonst, S. 21 (Gullander).

kunne de i Almindelighed sammenfattes under følgende Synspunkt. Den tilladelige Paavirkning r_s for en almindelig massiv Søjle fremstilles som bekendt i et Koordinatsystem med Abscisser $l:i$ og Ordinatorer r_s ved en Kurve (f. Ex. Johnson-Parablen og Euler-Kurven). Sætter man $r_s = \beta r_o$, hvor r_o er den tilladelige Paavirkning for Søjlelængden Nul, kan man ligesaa godt tænke sig, at det er Koefficienten β , der er givet som Ordinat til denne Kurve. For en massiv Søjle med en given Værdi af $l:i$, hvortil ifølge nævnte Kurve svarer $\beta = \beta_m$, kan Bæreevnen altsaa udtrykkes ved: $r_s = \beta_m r_o$. For en Søjle som i Fig. 107 med Længdeforholdet $l:i$ for hele Søjlen og $\lambda:i_1$ for den enkelte Flange imellem Tværpladerne (Knodepunkterne) finder man ved Hjælp af samme Kurve de to Værdier $\beta = \beta_m$ og $\beta = \beta_1$ som svarende til Forholdene $l:i$ og $\lambda:i_1$, og det ligger da nær at udtrykke den sammensatte Søjles Bæreevne ved:

$$r_s = \beta_1 \cdot \beta_m r_o.$$

Med de faa foreliggende Forsøg kan denne Betragtning bringes til at stemme lige saa godt som Engessers Formler ovenfor, men den er mere rent empirisk og skulde derfor gerne være bygget op paa et langt fyldigere Forsøgsmateriale, end man i Øjeblikket raader over. Endvidere kan man indvende imod den, at det ikke er let at gøre tilstrækkelig Forskel paa de forskellige Slags Forbindelser (Gitter, Tværplader), uagtet deres Virkningsgrad aabenbart er meget forskellig.

Tal eksempel. 4 Vinkeljærn 100·100·12 mm skulde forbindes til et I-Tværsnit som Fig. 101a; Afstanden fra Ryg til Ryg af Vinkeljærnene skal være 40 cm; Søjlelens frie Længde er: for Udbøjning om den frie Axe 5,0 m, om Axen vinkelret paa I-Tværsnittets Krop 3,50 m.

Man har $F_1 = 2 \cdot 22,7 = 45,4 \text{ cm}^2$ og Højden h mellem Nittelinierne = $40 - 2(\frac{1}{2} \cdot 10 + 0,5) = 29 \text{ cm}$. Efter (49) findes $Q = 30 \cdot 45,4 = 1362 \text{ kg}$.

Enkelt Gitter af Fladjærn som Fig. 103 øverst til venstre. Med Vinklen 60° er Diagonallængden $s = 1,15h = 1,15 \cdot 29 = 33,4 \text{ cm}$, Diagonalspændingen = $Q \frac{s}{h} = 1362 \cdot 1,15 = \pm 1570 \text{ kg}$. Det nødvendige

Inertimoment for Diagonalen er da (efter Euler, med Sikkerhed 5): $\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 1,57 \cdot 0,334^2 = 0,44 \text{ cm}^4$; med 20 mm Nitter er den mindste brugelige Bredde af Diagonalen 6 cm, og for at faa $I = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot t^3 = 0,44$, maa $t = 0,96 \text{ cm} \approx 1,0 \text{ cm}$. Reglerne S. 115 vilde, naar Faktoren 1,26 tilføjes under Hensyn til, at der kun haves ét Gitter, give (med 20 mm Nitter)

$t = 1,26 \cdot \frac{33,4}{40} = 1,05 \text{ cm}$. — For den 2-Snits 20 mm Nitte, der fastholder

Stangen, bliver Trykket paa Hulranden kun $\frac{1570}{2 \cdot 1} = 785 \text{ kg/cm}^2$.

Idet man med Vinklen 60° har $\lambda = d = s = 33,4 \text{ cm}$, findes efter (54):

$\alpha = \frac{24}{5} \cdot \frac{45,4}{6} \cdot \frac{33,4^3}{500^2 \cdot 33,4} = 0,163$ og følgelig (med $\mu = 0,95$) Bæreevnen

for Udbøjning om den frie Axe $P = \frac{0,95}{1,163} P_m = 0,82 P_m$.

Inertimomenterne om de to Axer ere:

$$I_1 = 4(207 + 22,7(20,0 - 2,9)^2) = 27380 \text{ cm}^4, \quad i_1 = 17,4 \text{ cm},$$

$$I_2 = 4(207 + 22,7(2,9 + 0,5)^2) = 1876 \text{ cm}^4, \quad i_2 = 4,45 \text{ cm};$$

med de frie Længder $l_1 = 500 \text{ cm}$, $l_2 = 350 \text{ cm}$ faas: $l_1 : i_1 = 28,8$, $l_2 : i_2 = 77$, hvorefter Parabel-Formlen $r_s = 800 \left(1 - \frac{1}{30000} \left(\frac{l}{i}\right)^2\right)$ giver Bæreevnerne:

$$P_1 = 0,82 \cdot 800 \left(1 - \frac{28,8^2}{30000}\right) \cdot 90,8 \text{ kg} = 0,82 \cdot 70,6 = 57,9 \text{ t},$$

$$P_2 = 800 \left(1 - \frac{77^2}{30000}\right) \cdot 90,8 \text{ kg} = 58,3 \text{ t}.$$

Forbindelse ved Tværplader. Der anvendes 10 mm tykke Tværplader med 3 Stkr. 20 mm Nitter i hver Side (i Afstanden $e = 3d$), som i Fig. 107. Med tilladeligt Tryk paa Hulranden = 1600 kg/cm^2 kan en 20 mm Nitte taale $2 \cdot 1 \cdot 1600 = 3200 \text{ kg}$.

Ovenfor er fundet: $Q = 1362 \text{ kg}$, $h = 29 \text{ cm}$, og hermed giver:

$$(51): \quad \frac{1362 \lambda}{3 \cdot 29} \sqrt{1 + \left(\frac{3 \cdot 29}{4 \cdot 6}\right)^2} = 3200, \quad \lambda = 54 \text{ cm},$$

$$\text{og (52):} \quad \sigma = \frac{1362 \cdot 54}{26 \cdot 1 \cdot 29} = 707, \quad \tau = \frac{3 \cdot 1362 \cdot 54}{14 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 29} = 272 \text{ kg/cm}^2.$$

Afstanden $\lambda = 54 \text{ cm}$ er mindre end $40i$ for det enkelte Vinkeljærn, saa der behøves ingen Forbindelser i hver Flange for sig mellem Tværpladerne. — I det følgende regnes dog med en lidt mindre Afstand, $\lambda = 51 \text{ cm}$, hvorved Afstanden mellem de to nærmest ved hinanden siddende Nitter i to paa hinanden følgende Tværplader bliver den samme som mellem de tilsvarende Nitter ved Gitterforbindelsen ovenfor. Man kan da direkte sammenligne Resultaterne for de to Slags Forbindelser.

Til Beregning af den sammensatte Søjles Bæreevne bestemmes først Inertimomentet for den enkelte Flange: $I_f = 2 \cdot 207 = 414 \text{ cm}^4$ og for Tværpladen ($b = 20 \text{ cm}$) $I_t = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 20^3 = 667 \text{ cm}^4$. Da I_t saaledes ikke er særlig stor i Sammenligning med I_f , benyttes strax den nøjagtigere Formel (56), som med $I = 27380$ giver:

$$\alpha = \left(\frac{51}{500}\right)^2 \cdot \frac{27380}{2 \cdot 414} \left[1 + 2 \cdot \frac{29}{51} \cdot \frac{414}{667} \left(1 + 2,5 \frac{20^2}{29^2}\right)\right] = 0,875,$$

hvorefter, med $\mu = 0,95$: $P = \frac{0,95}{1 + 0,875} P_m = 0,507 P_m$, og med $P_m = 70,6 \text{ t}$ som ovenfor: $P = 35,8 \text{ t}$.

$$(56a) \text{ fører, idet } i_f = \sqrt{\frac{414}{45,4}} = 3,02 \text{ cm}, \quad \lambda : i_f = \frac{51}{3,02} = 17, \text{ til:}$$

$$\alpha = \frac{17}{28,8} = 0,59, \text{ og med } \mu = 0,85: P = \frac{0,85}{1,59} P_m = 0,535 P_m.$$

Forbindelsen ved Tværplader ($P = 35,8 \text{ t}$) er saaledes langt mindre effektiv end en Gitterforbindelse ($P = 57,9 \text{ t}$).

Hvis den sammensatte Stang skal fungere som Trækstang, bør man paa lignende Maade som ved Trykstænger forbinde de enkelte Dele, men man behøver ikke at anbringe saa mange eller saa kraftige Forbindelser; man kan nøjes med en enkelt (Udfyldingsstykke eller Tværplade) ved hver Ende af Stangen, hvorved den excentriske Paavirkning paa de enkelte Dele af Stangen modvirkes, og maaske én ved Midten af Stangen. Anvendes sekundært Gitter, kan det gøres spinkelt og med betydelig større Maskevidde end ved Trykstænger.

Der er hidtil ikke gjort Forskel paa Flange- og Gitterstænger; de første ere ganske vist betydelig stærkere paa-virkede end de sidste, men ved de spinklere Dragere her ere de anvendte Tværsnitsformer sædvanligvis de samme. Til Flangerne benyttes dog fortrinsvis to ligesidede eller uligesidede Vinkeljern i T-Form eller to \square -Jærn, sjældnere f. Ex. de korsformede Tværnit; ved Valget af Tværsnitsformen for Flangestængerne maa der tages specielt Hensyn til Muligheden af at faa en simpel og god Forbindelse i Knudepunkterne med Gitterstængerne, hvorom nedenfor.

En væsentlig Forskel paa Flange- og Gitterstænger viser sig imidlertid deri, at Flangestængerne i Almindelighed føres uafbrudte forbi Knudepunkterne og kun stødes, naar det er nødvendigt af Hensyn til de Længder, man kan faa, eller fordi der maaske i Knudepunktet er et skarpere Knæk, end man godt kan frembringe ved Bøjning af Stængerne. Man maa ganske vist i saa Fald give Afkald paa at variere Dimensionerne, men dels vilde Besparelsen herved kun være ringe, da Maximumsspændingerne ofte ikke ere meget forskellige, dels vil Merudgiften sædvanligvis rigeligt opvejes ved de simplere og billigere Knudepunktsforbindelser, man paa den Maade faar.

Knudepunktsforbindelserne iværksættes i Reglen ved Hjælp af en Knudeplade, en Plade, hvortil de enkelte i Punktet sammenstødende Stænger nittes (Fig. 110—22 nedenfor). Undertiden kan man dog undvære en saadan Knudeplade, idet der er Plads til at nitte Gitterstængerne fast til selve Flangestængerne; Fig. 109—110 vise Exempler herpaa. Ved spinkle Gitterdragere vil det navnlig være for Knudepunkterne i den

trykkede Flange (Hovedet), at denne Mulighed kan frembyde sig, og da der her sædvanligvis af Hensyn til Stivheden er rigeligt Tværsnitsareal, betyder Svækkelsen ved de uregelmæssigt fordelte Nittehuller maaske mindre; ved lignende Forbindelser

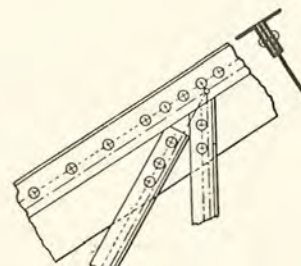


Fig. 109.

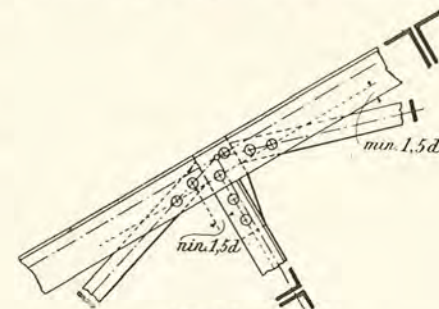


Fig. 110.

med den strakte Flange maa Svækkelsen ved Nittehullerne regnes rigelig stor.

Den simpleste Knudepunktskonstruktion faas for Dragere med enkelt Krop ved at lade Stængerne bestaa af to symmetriske Halvdele med et Mellemrum δ , hvori en enkelt Knudeplade kan anbringes. Ved et massivt T-formet Tværnit af Flangerne kan der være Tale om at anvende dobbelte Knudeplader, én paa hver Side af Kroppen i T-Tværnittet; Gitterstænger af enkelt Fladjærn kunne da gaa ind i Mellemrummet mellem Knudepladerne, stive Gitterstænger maa derimod gaa op paa Ydersiden af de dobbelte Knudeplader, og i disses Mellemrum maa der anbringes Udfyldingsstykker af Hensyn til Nitningen. Forbindelsen bliver let noget klodset, man faar lange Nitter, og Mellemrummet mellem Knudepladerne bliver vanskelig tilgængeligt for Eftersyn og Maling. — Ved Dragere med dobbelt Krop maa der naturligvis ogsaa benyttes dobbelte Knudeplader; men disse sidde her langt fra hinanden, og Forbindelserne blive altid en Fordobling af dem for Dragere med enkelt Krop.

Nitningen af de enkelte Stænger til Knudepladen (eller direkte til den gennemgaaende Flange). Det nødvendige Nitteantal bestemmes for hver Stang ved Ligningerne (11)—(12) i § 5, idet man herved gaar ud fra Stangens nødvendige nyttige Areal (for Trykstænger F_0). Man sætter aldrig mindre

end 2 Nitter, for stive Profiler ofte mindst 3, og der tilføjes ofte en Nitte mere end beregnet. Nitterne anbringes i de korteste indbyrdes Afstande ($3d$ à $3,5d$) og $1\frac{3}{4}d$ — $2d$ fra Enden af Stangen.

Stængerne afskæres ved Enderne simplest og bedst vinkelret paa Længderetningen. For at spare Plads anvender man dog ofte den i Fig. 111 viste Afskæring, naar Stængerne løbe skraat sammen; det skraa Snit her træffer kun den ene Flig af Vinkeljærnet og er derfor billigere at fremstille (ved Klipning) end f. Ex. Afskæringerne af Diagonalerne i Fig. 114-15 (i Almindelighed Savning). Desuden spares der paa Stanglængden ved Snittet i Fig. 111.

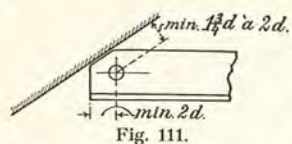


Fig. 111.

Hvis en Stang bestaar af et enkelt Fladjærn, nitter man den ofte ensidigt paa Knudepladen; den lille Afvigelse fra Symmetrien vil i Almindelighed ikke have nogen videre Betydning. Ved Trækstænger, ogsaa af stive Profiler, kan man i det hele bedre finde sig i en énsidig Befæstelse end ved Trykstænger. Man kan imidlertid ogsaa (og bedre) lægge Fladjærnet, der da maa have samme Tykkelse som Knudepladen, i Plan med denne og iværksætte Forbindelsen ved dobbelte Laskeplader (Fig. 112, Stang 3).

Naar en Stang bestaar af et enkelt Vinkeljærn eller af to Vinkeljærn, der ligge symmetrisk om Knudepladen, kan man ofte med Fordel anvende den i Fig. 113 (Stang 2) viste Forbindelse. Stangen selv nittes kun direkte til Knudepladen med lidt mere end Halvdelen af det nødvendige Antal Nitter; den tilbageværende Halvdelen af Kraften føres derimod over til en tilføjet Vinkellask og først derigennem til Knudepladen; der maa selvfølgelig anbringes lige mange Nitter i Vinkellaskens to Flige.

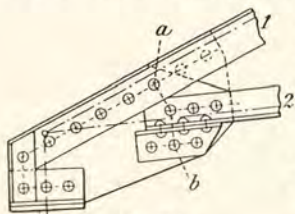


Fig. 113.

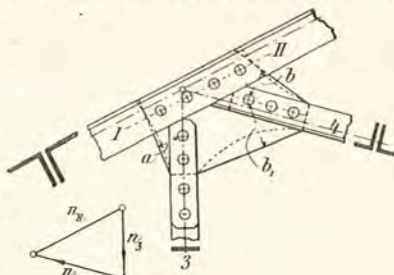


Fig. 112.

Man opnaar paa den Maade at faa en kortere Nitterække og derved sandsynligvis en mere ensformig Fordeling af Kraften over Nitterne og endvidere en mere central Befæstelse*). Samme Forbindelse kan ogsaa benyttes i andre Tilfælde, f. Ex. for [-Jærn.

Trykstængerne skulle føres saa tæt ind til Knudepunktet som muligt, dels af Hensyn til Stængernes egen Stivhed, dels for at Knudepladen ikke skal folde sig. Dog skal dette ikke forstås saa bogstaveligt, at det er nødvendigt at lade Stangen ende som Stang 4 i Fig. 112 med et helt skraat Snit; man kan altid skære af som i Fig. 111 (ogsaa punkteret i Fig. 112). Derimod vilde det her være forkert at trække Stang 4's Forbindelse med Knudepladen længere bort fra Knudepunktet, saa Knudepladen paa en kort Strækning mellem Flangen og Enden af Stangen slet ikke blev afstivet. — Naar Knudepunktet ligger paa den trykkede Flange og ikke ved Tværforbindelser e. l. er sikret mod Bevægelser ud af Dragerens Plan, kan det undertiden være rigtigt at gaa endnu videre og forkryppe Trykstangen op over Flangen; i saa Fald maa der inden Forkrympningen være anbragt Nitter nok til at befæste Stangen, Nitterne efter Forkrympningen kunne ikke regnes med. Bedre er det dog altid, og navnlig naar Stangen ikke løber vinkelret ind paa Flangen, at anvende en Paaforing, eller hvis dette af en eller anden Grund ikke kan lade sig gøre, en Kile-Paaforing (Hældning 1:10 à 1:12).

En Paaforing medfører, at Nitterne blive længere og altsaa mere end normalt paavirkede til Bøjning. Det er derfor en Regel, at Paaforingen skal befæstes til Knudepladen eller til Stangen med nogle særlige Nitter, som vist i Fig. 114—15, eller ogsaa,

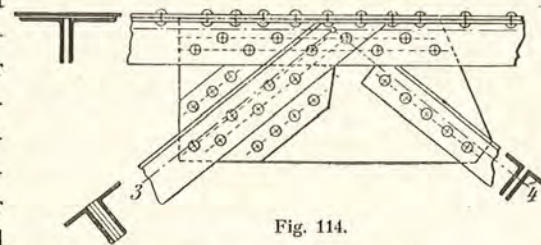


Fig. 114.

*) Sammenlignende Brudforsøg (Eng. News, 5. Juli 1906) med Forbindelser uden og med en saadan Vinkellask have givet en Gevinst paa 4,4—8,7% i Styrke ved Anvendelse af Lasken. Nyttens af Vinkellasken fandtes dog ved en Fortsættelse af Forsøgene (Eng. News, Aug. 22, 1907) noget mere tvivlsom.

at der i det mindste skal sættes nogle flere Nitter i Forbindelsen (gennem Stang, Paaforing og Knudeplade) end beregnet. I Fig. 114 er Paaforingen bredere end Stangen og nittet til Knudepladen udenfor Stangen;

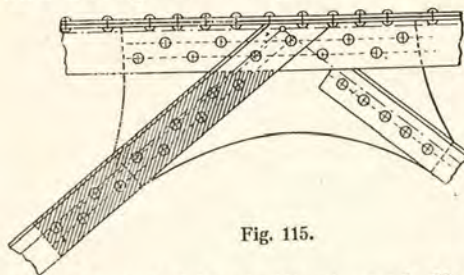


Fig. 115.

gen og nittet til Knudepladen udenfor Stangen; i Fig. 115 har Paaforingen samme Bredde som Stangen, men er forlænget ud over Knudepladen og her nittet til Stangen, idet der er indlagt et Udfyldningsstykke i Flugt med Knudepladen. Hvor mange extra Nitter der skal anbringes i Anledning af Paaforingen, er det vanskeligt at sige noget bestemt om; man er i alt Fald sikker, naar man behandler Nitningen som indirekte, men slet saa vidt gaar man dog i Almindelighed ikke. Ved en Kile-Paaforing plejer man ikke at forlange nogen Forøgelse af Nitteantallet. — Hvor en Trykstang løber ind paa Flangen under en meget spids Vinkel (Fig. 116), kan der være Tale om at afstive Knudepladen ved at tilføje en lignende Vinkel-

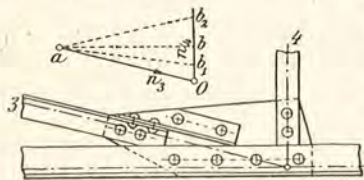


Fig. 116.

lask som ved Stang 2 i Fig. 113, men Kraftoverførelsen gennem denne Vinkellask bliver her en Biting eller maaske ganske unødvendig, medens Hovedsagen er at hindre Knudepladen i at folde sig.

Forbindelsen af Knudepladen med Flangen. *a.* Flangen løber uafbrudt forbi Knudepunktet. Det til Forbindelsen nødvendige Antal Nitter n_R bestemmes saaledes, at det kan modstaa den største Resultant af Spændingerne i de Gitterstænger, der ere befæstede til Knudepladen. I Fig. 112 er det saaledes Resultanten af Spændingerne i Stængerne 3 og 4, der søger at rive Knudepladen løs fra Flangen, og hvis disse Spændinger blive Maximum samtidig (for samme Stilling af den bevægelige Belastning), har man da kun at finde Resultanten af Maximumspændingerne. I Stedet herfor er det imidlertid mere praktisk at sammensætte de Nitteantal, n_3 og n_4 , der kræves til Stængernes Befæstelse; man maaler da direkte Nitteantallet n_R . Hvis de virkelig anbragte Nitteantal n_3 og n_4 ere forhøjede ud over det theoretisk nødven-

dige, bør man kun regne med de nødvendige n_3 og n_4 og først efter Sammensætningen muligvis ogsaa forhøje det fundne n_R ; ellers ved man tilsidst intet om, hvor stor Sikkerhed man faar.

Imidlertid antage Spændingerne i Gitterstængerne ikke altid deres Maximumsværdier samtidig, og paa den anden Side er der naturligvis i og for sig ingen Mening i at danne Resultanten af nogle Spændinger, der ikke ere samtidige. En korrekt Bestemmelse af den største Resultant kan i det hele ofte være vanskelig nok, og man omgaar derfor sædvanlig denne Bestemmelse ved uden videre at sammensætte Maximumspændingerne, selv om de ikke ere samtidige. Som Regel faar man paa den Maade et Resultat, der ligger paa den sikre Side, men at dette dog ikke altid behøver at være Tilfældet, ses af Krafttrekanten i Fig. 116; her fremstiller aO Maximumspændingen i Stangen 3, og ab er nedfældet vinkelret paa Stangen 4's Retning; hvis Maximumspændingen i 4 er mindre end Ob , faar man aabenbart en desto større Resultant $n_R = ab$, jo mindre en Spænding i 4 man regner med. Man bør altsaa ikke rent mekanisk bruge Reglen om at sammensætte Maximumspændingerne (Nitteantallene); men i hvert enkelt Tilfælde kan man dog let sørge for at komme paa den sikre Side, i Fig. 116 f. Ex. ved at sætte $n_R = n_3 > n_4$ eller $n_R = n_4 > n_3$ (forudsat at Spændingen i 4 altid er Træk, i 3 altid Tryk). Det spiller ingen Rolle, om man faar én eller et Par Nitter mere end strengt nødvendigt. I J. K. III, S. 84—85, gaas der noget nærmere ind paa Spørgsmaalet.

Naar der som i Fig. 114 og 115 findes nogle Nitter, der gaa igennem baade Gitterstang, Flange og Knudeplade, bør man kun regne dem med enten til Befæstelse af Gitterstangen eller til Befæstelse af Knudepladen.

b. Hvis Flangen er afbrudt i Knudepunktet (saaledes som f. Ex. i Fig. 117), nittes hver Flangestang til Knudepladen med det Antal Nitter, som Spændingen kræver, ganske som beskrevet for Gitterstængerne.

Knudepladernes Styrke. Tykkelsen af en en-

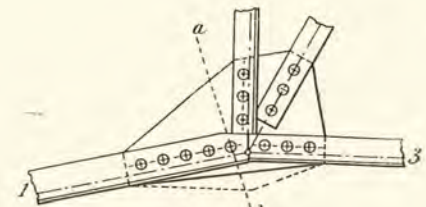


Fig. 117.

kelt Knudeplade, hvortil Stængerne nittes med 2-Snits Nitter, vælges gerne mellem $\frac{1}{2}d$ og $\frac{2}{3}d$, sjældnere op til $0,8d$ ($d =$ Nittediametren er bestemt ved den Gennemsnitstykkelse, der forekommer i Stængerne, ikke af Knudepladens Tykkelse); sker Tilslutningen af Stængerne overvejende ved 1-Snits Nitter (f. Ex. undertiden ved Dragere med dobbelt Krop), kan Knudepladens Tykkelse gøres mindre (ca. $\frac{1}{2}d$). Efter at Nittedantallene i alle til Knudepunktet hørende Stænger ere beregnede og Nitterne tegnede ind, kan Knudepladens Kontur bestemmes; den skal holdes i en Afstand af $1\frac{1}{2}d$ à $2d$ fra de yderste Nitter og gøres gerne retlinet og af en saa simpel Form som muligt. Undertiden afskæres Knudepladerne dog for Udseendets Skyld efter krumme Linier (Fig. 115, punkteret i Fig. 112), men dette betyder altid en extra Bekostning. Hvis man vil holde sig til en polygonal Begrænsning, bør indadgaende Vinkler helst undgaaes, da de ere besværligere at fremstille.

Først naar Knudepladernes Størrelse og Form paa denne Maade er fastslaaet, kan man undersøge, om de ere stærke nok; maaske kan man herved komme til at forandre paa den oprindelig valgte Tykkelse eller paa Konturen, men det er umuligt at beregne Dimensionerne paa Forhaand. Forøvrigt er det ogsaa umuligt at opstille en exakt Beregning af de i Knudepladerne optrædende Spændinger, selv naar Dimensionerne ere givne, men der kan dog siges saa meget derom, at man kan skaffe sig Sikkerhed for, at Dimensionerne ere tilstrækkelige.

I et Knudepunkt som det i Fig. 112, hvor Flangen ikke er afbrudt, vil der sædvanlig have rigelig Styrke. Man kan her sørge for, at Bredden a af Knudepladen udfor den sidste Nitte i Stangen 3 er tilstrækkelig til at optage Stangens halve Kraft, og det samme gælder om Bredden b for Stangen 4's Vedkommende (med de i Figuren viste Nittedantal skal der være Plads til 2 og 3 Slyngebreder); dette er ganske vist ikke absolut nødvendigt (Slyngerne kunne maaske, ved tilstrækkelig indbyrdes Afstand mellem Nitterne, passere ind mellem disse), men ved at holde derover er man paa den sikre Side. Særligt ved Afskæring af Knudepladerne efter krumme Linier maa man passe paa ikke at svække for meget; Bredderne b og b_1 tilsammen (med Fradrag af et Nitte-

hul) maa i alt Fald være tilstrækkelige til at optage hele Spændingen i Stangen 4. Hvis Stangen er befæstet med n Nitter ialt, maa der paa samme Maade udfor næstsidste Nitte være Plads, til at $\frac{n-1}{n}$ af Stangens Spænding kan passere, osv. — Dernæst maa i Fig. 112 Snittet I—II gennem Nitterækken i Flangen kunne modstaa den største Resultant af Spændingerne i Stængerne 3 og 4; det samme gælder om Snittet i Knudepladen i Fig. 114 gennem den nederste Nitterække i Flangen. I Almindelighed ville Spændingerne i den Slags Snit overvejende være Forskydningsspændinger; ved et ubelastet Knudepunkt paa en retlinet Flange vil Resultanten af de samtidige Spændinger i Gitterstængerne nemlig falde i Flangens Retning, og selv om de nævnte Betingelser ikke ere opfyldte, vil Afvigelsen sjældent blive meget stor; men forøvrigt optræder der altid alligevel et lille bøjende Moment i Snittet, naar dette ikke falder sammen med Flangens Tyngdepunktlinie. Den Spænding, der findes ved at dividere den nævnte Resultant (eller Komposanten af den efter Snittet) med Snittets nyttige Areal, maa derfor ikke overskride den tilladelige Forskydningspaavirkning, og denne Spænding maa endda helst holdes rigelig lav, da man ikke saa nøje kender Fordelingen over Snittet. Men som sagt vil der sjældent komme Vanskeligheder med at faa Styrke nok i den Slags Knudepunkter.

Anderledes forholder Sagen sig i de Knudepunkter, hvor Flangestængerne ere afbrudte, og hvor Knudepladen derfor skal passeres af langt større Kræfter. Et simpelt Exempel paa, hvorledes Undersøgelsen her kan forme sig, ses i Fig. 117. Snit $a-b$ gennem den sidste Nitte i Stangen 1 skal kunne modstaa Stangens hele Spænding. Hvis denne Kraft ikke just staar vinkelret paa Snittet, maa den opløses i en normal og en forskydende Komposant og hver af disse undersøges for sig. Normalkraften N træffer Snittet temmelig excentrisk og giver derfor dels en direkte Træk- eller Trykspænding ($N:F$), dels et Moment $M = Nf$ ($f =$ Afstanden fra Kraftangrebepunktet til Midtpunktet i det rektangulære Snit i Knudepladen), hvorfra faas Kantspændingerne $\pm M:W$; de resulterende Spændinger $\frac{N}{F} \pm \frac{M}{W}$ maa ikke overskride den til-

ladelige Værdi af Normalspændingen. Den forskydende Komposant Q frembringer en største Forskydningsspænding $\tau_o = \frac{3Q}{2F}$ inde ved Midten af Snittet (T. E., S. 199). Disse Beregninger ere naturligvis langtfra exakte; Forudsætningen om, at Tværnittet holder sig plant, som ligger til Grund for alle de nævnte Formler, er sikkert ikke opfyldt for et saadant langt, smalt rektangulært Tværnit, og i de fleste Tilfælde, man træffer paa, vil den vel endda være endnu mindre korrekt end i Fig. 117; men man kan ikke angive nogen bedre simpel Beregning, og noget Begreb om Paavirkningerne faar man dog. Efter al Sandsynlighed vil man ogsaa hermed være paa den sikre Side; men ikke desto mindre bør man overalt ved disse Undersøgelser regne rigeligt, ikke tillade videre høje Spændinger, maale Længden af Snittet fra sidste Nitte i Stangen vinkelret ud paa Knudepladens Kontur (ikke i den rette Linie $a-b$), maaske endog lægge Snittet gennem næstsidsite Nitte i Stangen, i Stedet for gennem den sidste, idet Kraften næppe vil fordele sig ensformigt over Nitterne, men vil være størst for de forreste. — I Fig. 118 er Snit $a-b$ paavirket af $\frac{1}{2}$ af Kraften i Stangen 1 (der regnes hellere noget mere, maaske

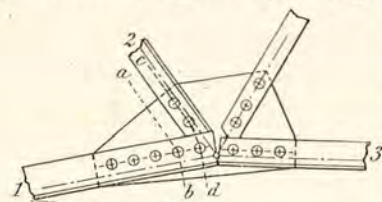


Fig. 118.

hele Kraften), Snit $c-d$ af Resultanten af Spændingerne i 1 og 2; Snit $c-d$ maa helst maales ud langs Nitterækken i Stang 2, hvorved Svækkelsen bliver størst. — Som man ser, gaar Undersøgelsesmetoden

ud paa, at man maa se sig til, langs hvilke Snit der snarest kan være Fare for Brud, og saa undersøge disse Snit.

Hvis man f. Ex. i Fig. 117 finder for store Spændinger, kan man maaske faa en tilstrækkelig Forstærkning ved at skære Knudepladen af forneden efter de punkterede Linier, hvorved Snittet bliver langt mere centralt paavirket. Paa lignende Maade kan man maaske klare sig i Fig. 113, hvis Snit $a-b$ her viser sig at være for svagt; dette Snit er paavirket af (saa godt som) hele Spændingen i Stangen 2; hvis man tilføjer de punkterede Nitter i Stang 1 og forlænger Knudepladen opad, som punkteret, bliver Snit $a-b$ ganske vist ikke væsentlig forstærket, men foruden af Spændingen i

2 bliver det saa paavirket af ca. $\frac{2}{3}$ af Spændingen i 1 (forudsat at der behøves 6 Nitter til Stang 1's Befæstelse), og den kan maaske virke til Gunst; hvis ikke maa man ogsaa her forstørre Knudepladen nedad.

Skulde den omtalte Forstørrelse af Knudepladen i Fig. 117 ikke være tilstrækkelig, maa man dække en Del af Stødet i Flangen ved særlige Lasker, saa Knudepladen ikke skal passeres af hele Flangekraften. Dette foregaar meget simpelt i

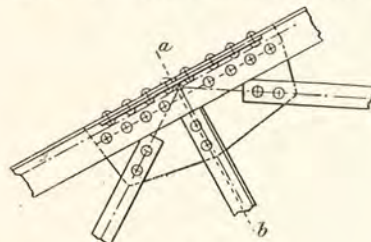


Fig. 119.

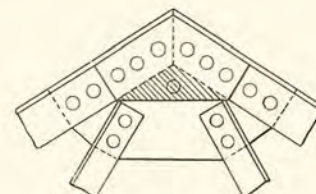


Fig. 120.

Fig. 119, hvor der er lagt Fladjærns-Lasker paa Undersiden af den udstaaende Flig af Flange-Vinkeljærnene, og ligeledes i Fig. 120 ved Laskeplader udvendig paa de lodrette Flige; Udfyldingerne her skulle fastholdes ved én eller to extra Nitter. Noget vanskeligere er det ved et indadgaaende Knæk i Flangen som i Fig. 121—22. For Udseendets Skyld vil man helst anvende Fladjærns-Lasken i Fig. 121, men naar Knæket i Flangen ikke er meget ubetydeligt, bør man, som vist i Figuren, give Lasken to Knæk lige ved et Par Nitter (disse kunne erstattes med Skruebolte, hvis man foretrækker det af Hensyn til Faren for Afsprængning af Hovederne) og indlægge en kileformet Udfylding; hvis Lasken nemlig kun faar ét Knæk midt mellem to Nitter, vil den have Tendens til at rette sig ud paa Grund af Trækspændingen, og naar dette først er sket, gør den ingen Gavn. De stive Vinkeljærns-Lasker i Fig. 122 give en bedre (paalideligere) Konstruktion, men se ikke saa godt ud.

I saadanne Tilfælde som i Fig. 119 og 121—22 kan man regne, at den Del af Spændingen i Flangen, der svarer til den udstaaende Flig, skal overføres gennem Lasken (Nitterne i denne skulle altsaa bestemmes herefter), og kun antage Snittet i Knudepladen paavirket af Resten af Flangespændingen (+ Spændingerne i de Gitterstænger, der ere befæstede

til Knudepladen paa den ene Side af Snittet). Korrektere regner man dog i Fig. 119 og 121, at det er det T-formede Snit i Lasker og Knudeplade tilsammen, der skal modstaa hele Flangespændingen (+ eventuelle Gitterstængers Spændinger).

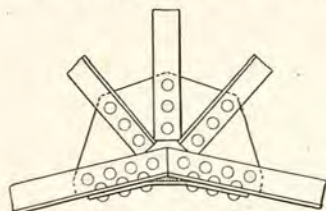


Fig. 121.

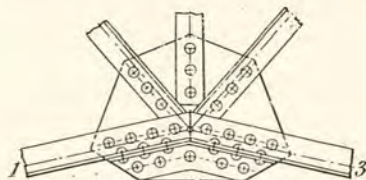


Fig. 122.

Man maa da beregne Tyngdepunkt og Modstandsmoment for dette T-formede Tværsnit og benytte Formlen $\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W}$ som ovenfor forklaret, og det maa her erindres, at Modstandsmomentet har to forskellige Værdier, $W_1 = I : e_1$ for den ene Kant og $W_2 = I : e_2$ for den anden Kant af Snittet, svarende til de to Fortegn foran sidste Led. — I Fig. 120 og 122 faar Snittet i Lasker og Knudeplade tilsammen en anden Form, men Behandlingen er ellers den samme.

Hvis en ellers gennemgaaende Flangestang er saa lang, at den maa stødes, vil man ofte lægge Stødet i et Knudepunkt for at kunne benytte Knudepladen ogsaa som Laskeplade; man kommer derved til en Forbindelse som den i Fig. 119.

Tal eksempel. Man skal konstruere et Spærfag af den i Fig. 1, Pl. 2, viste Form. Egenvægten af Spærfaget selv og af Tagbeklædningen skal regnes til 1040 kg pr. Knudepunkt, Snetrykket til 650 kg og Vindtrykket til 1040 kg pr. Knudepunkt (hvorledes man kommer til disse Tal, er vist i Talarket i J. K. II, S. 61).

For først at finde Maximumspændingerne i de forskellige Stænger tegner man de tre Diagrammer i Fig. 3—5, Pl. 2. Diagrammet i Fig. 3 gælder for Egenvægt + Snetryk; dette sidste skal egentlig behandles som en bevægelig Belastning, men som bekendt (T. S. I., § 39) er Totalbelastning farligst for alle Stænger i et Spærfag af den her behandlede Form, saa man finder paa én Gang alle Maximumspændingerne for den lodret virkende Belastning ved at anbringe Kraften $P = 1690$ kg i alle Knudepunkter (dog kun det halve i Understøtningspunkterne) og tegne det ene Diagram i Fig. 3 (Maalestokken burde i Virkeligheden være større, f. Ex. $1\text{ cm} \approx 1'$). Diagrammet i Fig. 4 er tegnet for Vindtryk alene fra venstre (Kræf-

terne $V = 1040$ kg), Diagrammet i Fig. 5 for Vindtryk alene fra højre (Kræfterne $V_1 = 1040$ kg); Reaktionen er konstruerede paa bekendt Maade, idet Understøtningen til venstre er antaget fast, den til højre bevægelig (vandret Bane). Diagrammet i Fig. 3 er kontrolleret ved at beregne Spændingen 4—4' efter Ritters Methode, de to andre Diagrammer kontrollere sig selv, idet de ere tegnede helt færdige. De i Diagrammerne maalte Spændinger ere opførte i følgende Tabel, og i dennes sidste Kolonne findes de Maximumspændinger, der fremkomme ved til Spændingen fra Egenvægt + Snetryk at lægge den største af de to Spændinger fra Vindtryk. Alle Spændinger ere angivne i Tons.

Stang Nr.	S_{E+s}	$S_V \rightarrow$	$S_V \leftarrow$	S_{\max}	
0—1	— 12,0	— 4,45	— 1,48	— 16,5	Hovedet
1—3	— 11,0	— 4,45	— 1,48	— 15,5	
3—5	— 8,15	— 3,04	— 1,48	— 11,2	
3'—5	— 8,15	— 2,65	— 1,85	— 10,8	
1'—3'	— 11,0	— 2,65	— 3,27	— 14,3	
0'—1'	— 12,0	— 2,65	— 3,27	— 15,3	
0—2	+ 10,3	+ 5,29	— 0,51	+ 15,6	Foden
2—4	+ 8,18	+ 3,79	— 0,51	+ 12,0	
4—4'	+ 5,44	+ 2,01	— 0,46	+ 7,45	
2'—4'	+ 8,18	+ 2,27	+ 0,99	+ 10,5	
0'—2'	+ 10,3	+ 2,27	+ 2,50	+ 12,8	
1—2	— 1,41	— 1,04	0	— 2,45	Trykkede Gitterstænger
3—4	— 2,12	— 1,56	0	— 3,68	
3'—4'	— 2,12	0	— 1,56	— 3,68	
1'—2'	— 1,41	0	— 1,04	— 2,45	
2—3	+ 2,05	+ 1,51	0	+ 3,56	Strakte Gitterstænger
4—5	+ 3,90	+ 2,33	— 0,13	+ 6,23	
4'—5	+ 3,90	+ 0,57	+ 1,63	+ 5,53	
2'—3'	+ 2,05	0	+ 1,51	+ 3,56	

Ved Dimensionsbestemmelsen antages det givet, at man skal regne med en tilladelig Paavirkning til Træk af $r = 1200$ kg/cm² og forøvrigt benytte Formlerne (2)—(5) i § 4. Trykstængerens Dimensioner bestemmes da ved: $F = F_0 + \frac{1}{3} \zeta l^2$, hvor $F_0 = \frac{S_{\max}}{r_0}$ og $r_0 = 0,8 \cdot 1200 = 960$ kg/cm²; saa længe $F < 2F_0$, og ellers ved Eulerformlen, der med Sikkerheden ca. 3 lyder: $I_{\text{nodv.}} = 1,5 S_{\max} l^2$, hvor S indføres i Tons, l i Meter. — Tilladelig Forskydningspaavirkning paa Nitterne skal regnes til $0,8r = 960$ kg/cm², tilladeligt Tryk paa Hulranden til $1,6r = 1920$ kg/cm².

Endvidere antages det givet, at man ikke maa anvende mindre Jærntykkelser end 7mm af Hensyn til Rust.

Endnu bemærkes, førend der begyndes paa Dimensioneringen af de enkelte Stænger, at Hovedet skal have samme Tværnsnit helt igennem, saa det kun stødes ved 5; Længden 0—5 (= ca. 9m) kan nemlig let faas i ét Stykke, og Spændingen varierer ikke saa stærkt, at det af den Grund kan betale sig at variere Tværnsnittet og til Gengæld faa flere Stød. Af lignende Grunde stødes Foden kun i 4 og 4', og paa Strækningerne 0—4 og 0'—4' bruges samme Dimensioner. Alle symmetriske Stænger faa samme Dimensioner.

Tværnsnitsbestemmelse. Hovedet. Længden af de enkelte Stænger fra Knudepunkt til Knudepunkt er 3,0m (nøjagtigt 3,005m), og da Knudepunkterne ere fastholdte ogsaa i vandret Retning (se Anordningen af Vindkorsene i Tagfladens Plan i Fig. 2, Pl. 2), kan man regne den frie Længde for alle Bøjningsretninger til 3m. Man har da:

$$S_{\max} = -16,5^t, \quad F_o = 17,2 \text{ cm}^2, \quad \frac{1}{3} l^2 = 3.$$

Antages det nu, at man vil bruge et Par ligeflignede Vinkeljærn i T-Form, kan man foreløbigt skønne $\zeta = 5$, hvorved $F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 17,2 + 15,0 = 32,2 \text{ cm}^2$. Det mindste brugelige Vinkeljærn ses da i Profiltabellen at være 75·75·12mm med fuldt Areal $2 \cdot 16,7 = 33,4 \text{ cm}^2$. Anvendes 20mm Nitter (mindre kan der ikke godt være Tale om til Tykkelsen 12mm), bliver Svækkelsen ved et Nittehul i hvert Vinkeljærn $2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ cm}^2 = 14,4\% > 12\%$ af det fulde Tværnsnit, og idet man saa skal regne med det nyttige Areal ($33,4 - 2 \cdot 2,4 = 28,6 \text{ cm}^2$), bliver Profilet for lille. — Det næste Vinkeljærn, der kan komme i Betragtning efter den fundne Værdi af $F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2$, er 80·80·12mm, men med dette gaar det paa samme Maade.

Imidlertid høre begge de nævnte Vinkeljærn til dem med den største Tykkelse, og for dem er ζ altid forholdsvis stor (se Tabellen S. 110); til Trykstænger er det altid fordelagtigt at vælge de mindre Tykkelser, der medføre mindre ζ . Antages efter nævnte Tabel $\zeta = 4,4$, faas $F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 17,2 + 13,2 = 30,4 \text{ cm}^2$, og dette kan faas med to Vinkeljærn 90·90·9mm med fuldt Areal $2 \cdot 15,5 = 31,0 \text{ cm}^2$. Bruges ogsaa her 20mm Nitter, bliver Svækkelsen pr. Vinkeljærn $1,8 \text{ cm}^2 < 12\%$; man har da Lov til at regne med det fulde Areal, saa det nævnte Profil er tilstrækkeligt, hvis ζ ikke er antaget for lille. Der findes:

$$\zeta = \frac{(2 \cdot 15,5)^2}{2 \cdot 116} = 4,14, \quad \text{hvorved } F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 29,62 < 31,0.$$

Vinkeljærn 90·90·9 er altsaa stærkt nok og det mindste ligsidede, der kan bruges.

Hvis der skal være sparet noget ved at gaa over til uligeflignede Vinkeljærn (i T-Form, med de lange Flige langs T'ets Krop), ser man let i Profiltabellen, at det maa være Vinkeljærn 65·100·9mm, der skal benyttes. Dettes fulde Areal er $14,2 \text{ cm}^2$, men med 20mm Nitter er Svækkelsen $1,8 \text{ cm}^2 > 12\%$, saa der skal regnes med det nyttige Areal $2(14,2 - 1,8) = 24,8 \text{ cm}^2$, og det er derfor sandsynligvis ikke

stærkt nok. Inertimomentet er mindst om den Axe, der er parallel med de lange Flige, og sættes Knudepladens Tykkelse til 10mm, faas

$$I_{\min} = 2(46,6 + 14,2(1,59 + 0,50)^2) = 217 \text{ cm}^4, \\ \zeta = \frac{(2 \cdot 14,2)^2}{217} = 3,72, \quad F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 28,4 > 24,8 \text{ cm}^2;$$

Profilet er altsaa for svagt.

Vilde man endelig forsøge et Par \square -Jærn stillede Ryg mod Ryg i 10mm Afstand, ses det i Profiltabellen, at der kun kan spares noget, hvis man kan bruge Nr. 10, med Areal $13,5 \text{ cm}^2$. Man finder imidlertid $\zeta = 4,23$, $F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 29,9 > 2 \cdot 13,5 \text{ cm}^2$, saa Profilet er ikke stærkt nok.

Hovedet dannes da, som det ses i Detailtegningen i Fig. 6, Pl. 2, af to Vinkeljærn 90·90·9mm.

Foden (0—4 og 0'—4'). $S_{\max} = +15,6^t$, $F_{\text{nød.}} = 13,0 \text{ cm}^2$. Der vælges et Par Vinkeljærn 65·65·7mm med fuldt Areal $2 \cdot 8,7 = 17,4 \text{ cm}^2$, nyttigt Areal (med 20mm Nitter) $= 17,4 - 2 \cdot 2,0 \cdot 0,7 = 14,6 \text{ cm}^2$.

Stangen 4—4'. $S_{\max} = +7,45^t$, $F_{\text{nød.}} = 6,3 \text{ cm}^2$. Det foretrakkes ogsaa her at bruge et stift Profil, dannet af to Vinkeljærn, og naar vi, ligesom i alle Gitterstænger, gaa ned til 16mm Nitter, maa Bredden af den Flig, hvori der skal nittes, være mindst 55mm. Naar man endvidere ikke maa gaa under 7mm Tykkelse, bliver det mindste anvendelige Vinkeljærn 30·60·7mm, med fuldt Areal $2 \cdot 5,85 = 11,7 \text{ cm}^2$, nyttigt Areal $9,46 \text{ cm}^2$.

Trykkede Gitterstænger. For Stang 3—4 er $S_{\max} = -3,68^t$, $F_o = 3,84 \text{ cm}^2$, $l = 2,2 \text{ m}$ (se Detailtegningen), $\frac{1}{3} l^2 = 1,62$. Selv for de gunstigste uligeflignede Vinkeljærn (to i T-Form) er $\zeta > 3$, hvorved $\frac{1}{3} \zeta l^2 > 4,86 > F_o$; man skal derfor regne med Eulerformlen. Denne giver: $I_{\text{nød.}} = 1,5 \cdot 3,68 \cdot 2,2^2 = 26,8 \text{ cm}^4$.

To ligeflignede Vinkeljærn med Fligbredde 55mm have et betydeligt større Inertimoment, hvorfor der prøves med det ovenfor benyttede Vinkeljærn 30·60·7mm. Om Axen parallel med de lange Flige og med Knudepladetykkelse 10mm findes uden Fradrag af Nittehuller

$$I_{\min} = 2(3,42 + 5,85(0,76 + 0,50)^2) = 25,4 \text{ cm}^4 < I_{\text{nød.}}$$

og da Svækkelsen ved Nittehullerne pr. Vinkeljærn er $1,6 \cdot 0,7 = 1,12 \text{ cm}^2 > 12\%$, skulde Nittehullernes Inertimoment endnu trækkes fra.

For to Vinkeljærn 40·60·7mm i T-Form findes derimod uden Fradrag af Nittehuller $I_{\min} = 2 \cdot 22,8 = 45,6 \text{ cm}^4$ (om Axen vinkelret paa de lange Flige); Midten af Nittehullet ligger 35mm fra Ryggen af Vinkeljærnet, den nævnte Axe for I_{\min} 20,4mm fra Ryggen, hvorved Inertimomentet af de to Nittehuller nøjagtigt nok findes at være: $2 \cdot 1,12(3,5 - 2,04)^2 = 4,8 \text{ cm}^4$; altsaa er det nyttige $I_{\min} = 40,8 \text{ cm}^4 > I_{\text{nød.}}$

Stang 1—2. $S_{\max} = -2,45$, $F_o = 2,55 \text{ cm}^2$, $l = 1,1 \text{ m}$, $\frac{1}{3} l^2 = 0,41$. Det mindste brugelige Profil med 16mm Nitter er to Vinkeljærn 30·60·7mm, for hvilket $\zeta = \frac{11,7^2}{25,4} = 5,4$, $F_o + \frac{1}{3} \zeta l^2 = 2,55 + 2,21 = 4,8 \text{ cm}^2$, medens Profilets nyttige Areal er $2(5,85 - 0,7 \cdot 1,6) = 9,46 \text{ cm}^2$.

Stang	S_{max} t	$F_{nodv.}$ for Træk F_0 for Tryk cm^2	l m	$\frac{1}{3}l^3$ cm^3	$I_{nodv.}$ (Euler) cm^4	Dimensioner mm	Virkeligt fuldt nyttigt Areal cm^2	Nittediametern mm	Nitte- svæk- kelse	ζ	$\frac{1}{3}l^3$ $F_0 + \frac{1}{3}\zeta l^3$	$\frac{1}{3}l^3$ fuldt nyttigt	I_{min} nyttigt
Hoved	- 16,5	17,2	3,0	3,0		90·90·9	31,0	20	< 12%	4,14	12,42		
Fod, 0-4	+ 15,6	13,0				65·65·7	17,4	20			29,62		
> 4-4'	+ 7,45	6,3				30·60·7	11,7	16				45,6	
3-4	- 3,68	3,84	2,2	1,62	26,8	40·60·7	13,1	>	> 12%	> 3	> $2F_0$ 4,8		40,8
1-2	- 2,45	2,55	1,1	0,41		30·60·7	11,7	>	> 12%	5,40	2,21		
4-5	+ 6,23	5,2				30·60·7	11,7	>					
2-3	+ 3,56	3,0				50·10	5,0	>					

Strakte Gitterstænger. For Stang 4-5 er $S_{max} = + 6,23t$, $F_{nodv.} = 5,2cm^2$. To Vinkeljærn 30·60·7mm ere tilstrækkelige, og naar det ønskes at bruge et stift Profil og 16mm Nitte, kan man ikke faa mindre. Stang 4'-5 faar samme Dimensioner.

Stang 2-3. $S_{max} = + 3,56t$, $F_{nodv.} = 3,0cm^2$. Naar man her vil finde sig i et slapt Profil, kan man bruge ét Fladjærn 50·10mm (med nyttigt Areal 5,0 - 1,6 = 3,4cm²), der forbindes med Knudepladerne ved dobbelte Lasker 50·8mm.

En Oversigt over den hermed tilendebragte Tværsnitsbestemmelse er givet i hosstaaende Tabel, som tillige indeholder alt fornødent til at godtgøre, at de valgte Dimensioner ere tilstrækkelige. For Trækstængerne kræves der til Bevis herfor kun, at det virkelige nyttige Areal er større end eller lig det nødvendige Areal, for Trykstængerne, enten at det understregede virkelige Tværsnitsareal (fuldt eller nyttigt, eftersom Nittesvækkelsen er < eller > end 12%) er større end eller lig $F_0 + \frac{1}{3}\zeta l^3$, eller at det understregede virkelige Inertimoment (fuldt eller nyttigt som før) er større end eller lig det nødvendige Inertimoment.

- Paa de foregaaende Sider er Dimensionsbestemmelsen beskrevet langt udførligere end nødvendigt for Praxis. Udover Tabellen

er der ingen Grund til at opbevare andet af disse Beregninger end: Udregningen af Inertimenterne (fulde og nyttige, med Angivelse af Axen) og af ζ , for saa vidt de ikke direkte kunne slaas op i Profiltabellerne, samt muligvis Resultaterne af Forsøg paa at finde andre, mere økonomiske Profilformer end de endelig valgte.

Nitteberegningen. Alle Nitte i Knudepunktsforbindelserne ere 2-Snits, og idet Knudepladerne ere $\delta = 10mm$ tykke, Nittediametren d enten 20 eller 16mm, er $d > 1,25\delta$ og følgelig Trykket paa Hulranden farligst. Med tilladeligt Tryk paa Hulranden = 1920 kg/cm² kan én Nitte overføre Kraften 1920 $d\delta$, altsaa:

for $d = 20mm$: 3,84t,

> $d = 16mm$: 3,07t,

og hermed findes følgende Nitteantal for de enkelte Stænger, idet der af to symmetriske kun er regnet med den stærkest paavirkede.

Stang Nr.	S_{max} t	Nittediam. mm	Nitteantal		
			Nødvendigt	Der er sat	
Hoved	0-1	- 16,5	20	4,3	5
	3-5	- 11,2	>	3,0	4
Fod	0-2	+ 15,6	20	4,1	6
	2-4	+ 12,0	>	3,2	4
	4-4'	+ 7,45	16	2,5	3
Gitterstænger	1-2	- 2,45	16	0,8	2
	3-4	- 3,68	>	1,2	2
	2-3	+ 3,56	16	1,2	2
	4-5	+ 6,23	>	2,1	3

Af de 6 Nitte, der i Knudepunkt 0 sidde i Stangen 0-1, medregnes den ene til at overføre Reaktionen (se nedenfor under Knudepunkt 0), saa der bliver 5 tilbage til at overføre Hovedets Spænding.

Nu kan man begynde paa Detailtegningen i Fig. 6, Pl. 2. Dragernettet er her tegnet op i Maalestocken 1:60, alle Detailer i 1:20. Først ere Stængerne indlagte, saa deres Tyngdepunkts-

linier falde i Systemlinierne, og med det samme Nittelinierne for de enkelte Stænger. Dernæst ere Nitte til Fastholdelse af hver enkelt Stang til Knudepladen indtegnede, idet den første er anbragt 35mm eller 40mm fra Enden af Stangen, eftersom Nittediametren er 16 eller 20mm. Ved Knudepunkt 0 er der til Fodens Befæstelse benyttet et Par Vinkellasker af samme Profil som Foden selv, for at Knudepladen ikke skulde blive altfor langstrakt.

Herefter staar det kun tilbage at bestemme de nødvendige Nitteantal til Fastholdelse af Knudepladerne til Flangerne i de Knudepunkter (1, 2 og 3), hvor Flangerne ikke ere afbrudte. Fra Knudepunkt 1 udgaar der kun én Gitterstang, saa her skal Knudepladen fastholdes med lige saa mange Nitte som Gitterstangen. I Knudepunkterne 2 og 3 sammensætter man de ovenfor beregnede nødvendige Nitteantal for Gitterstængerne som Kræfter (se Fig. 112, S. 128); i Knudepunkt 2 give Kræfterne - 0,8 og + 1,2 Resultanten 1,2; i Knudepunkt 3 findes Resultanten 1,4; som man ser, er der sat adskilligt flere Nitte, idet Knudepladerne ikke kunne afskæres stort

knappere og Fugerne skulle holdes tætte. — Ved Anbringelsen af Nitterne i alle Hovedets Knudepunkter maa det erindres, at der kommer andre Nitter gennem den udstaaende Vinkeljærnsflig (til Befæstelse af Aasene og Knudepladerne for Vindkorsene), og at disse forskellige Nitter skulle forsættes for hinanden. Efter at alle Nitteantallene saaledes ere bestemte, kunne Knudepladernes Begrænsningslinier foreløbigt indtegnes, idet Kanten overalt holdes mindst 35^{mm} eller 40^{mm} fra nærmeste Nitte.

Undersøgelse af Knudepladerne. I saadanne Knudepunkter som 1, 2 og 3, hvor Flangestængerne ikke ere afbrudte, kan man paa Forhaand være temmelig sikker paa, at Knudepladerne ere mere end stærke nok. F. Ex. i Knudepunkt 2 er det farligste Snit aabenbart det gennem Nitterækken i Foden; Snittets Længde er 24^{cm}, og efter Fradrag af de 3 Nittehuller bliver dets nyttige Areal 18^{cm}²; det er paavirket til Forskydning af Resultanten 3,6^t af de to Gitterstængers Spændinger (= Differensen mellem Spændingerne i de to Stænger i Foden, da det er et ubelastet Knudepunkt); ved ensformig Fordeling over Snittet faas da kun 200 kg/cm², og største Spænding er i alt Fald højst 1,5·200 = 300 kg/cm².

Knudepunkt 4. Knudepladen her bliver for svag, hvis man skærer den af efter den punkterede rette Linie forned; Snittet gennem de to Nitter i Stang 3—4 og den bageste Nitte i 2—4 er da kun 22^{cm} langt og 4^{cm} fra Underkanten paavirket af Spændingen +12,0^t i Stangen 2—4. Snittets nyttige Areal er 22,0 — 2·1,6 — 2,0 = 16,8^{cm}²; da den følgende Spændingsberegning dog ikke er exakt, kan man nøjes med at antage Snittets Tyngdepunkt liggende i Midten (Kraftens Excentricitet $f = 11 - 4 = 7$ cm) og med at beregne Spændingen efter Formlen $\sigma = \frac{N}{F} \left(1 \pm \frac{f}{k}\right)$, hvor $F = 16,8$ cm² er Snittets nyttige Areal, $k = \text{Kærneradius} = \frac{1}{6} \cdot 22$ cm (man regner paa denne Maade i Virkeligheden Svækkelsen ved Nittehullerne ensformig fordelt over hele Højden). Man finder da største Spænding = $\frac{12\,000}{16,8} \left(1 + \frac{6 \cdot 7}{22}\right) = 715 \cdot 2,91 = 2080$ kg/cm². — Med den paa Tegningen optrukne Begrænsning nedad af Knudepladen bliver samme Snits Længde 27,0^{cm}, det nyttige Areal 21,8^{cm}² og Excentriciteten 4,5^{cm}; efter samme Formel som før faas da største Spænding = 550·2,0 = 1100 kg/cm². Denne Beregning er her aabenbart paa den sikre Side, idet Tyngdepunktet paa Grund af Nittehullernes ensidige Stilling i Snittet i Virkeligheden maa ligge længere nede end Midtpunktet, saa Excentriciteten er regnet for stor. Imidlertid spiller det ingen Rolle, om Knudepladen bliver et Par cm bredere end strengt nødvendigt, hvis det overhovedet gaar an (f. Ex. af Hensyn til Udsendet) at lade den stikke nedenfor den punkterede Linie; saa naar man blot ved en eller anden simpel Tilnærmelse kan skaffe sig Sikkerhed for, at der er Styrke nok, er der ingen Grund til at gennemføre Beregningen nøjagtigere.

Knudepunkt 5. Knudepladen her er foroven, hvor Hovedets Spænding overføres, paavirket til Tryk; en Overanstængelse af den vil derfor kun kunne bevirke, at den stukkes lidt eller bøjer sig en Smule ud til Siden, saa Stødfugen i Hovedet lukker sig tæt, hvis der i Forvejen har været lidt Spillerum; der vil derfor i Almindelighed ikke være nogen Fare paa Færde i et saadant Knudepunkt. — Forøvrigt er Knudepladen i Tilfældet her stærk nok alene; det lodrette Snit gennem den sidste Nitte i Hovedet er ca. 29^{cm} langt og er paavirket af Resultanten af Spændingerne i 3—5 og 4—5; denne Resultant er ca. 7,2^t, er omtrent vandret og virker gennem det matematiske Knudepunkt, hvorved den træffer Snittet 1^{cm} udenfor Kanten, altsaa med Excentricitet 15,5^{cm}; regnes uden Hensyn til Nitte-svækkelsen, faas da en Spænding paa 1040 kg/cm².

Knudepunkt 0. Det paa Tegningen med Prikker antydede Snit har Længden 21,5^{cm} og er paavirket af $\frac{5}{6}$ af Kraften i Foden, altsaa $\frac{5}{6} \cdot 15,6 = 13,0$ ^t, virkende i Fodens Tyngdepunktslinie, d. v. s. næsten ganske centralt. Nyttigt Areal = 21,5 — 2·2,0 = 17,5^{cm}², Spændingen altsaa $\frac{13\,000}{17,5} = 745$ kg/cm². Selv om der i Virkeligheden skulde

optræde en lille Excentricitet, og selv om Kraften i Foden ikke fordeler sig ganske ens over de 6 Nitter (de forreste blive stærkest paavirkede), er man aabenbart paa den sikre Side. — For at skaffe en Flade til Veje, hvormed Spærfaget kan hvile paa Underlagspladen (der ses i Fig. 7, Pl. 2, men som vi ikke have noget at gøre med her), er der langs den nederste, vandrette Kant af Knudepladen nittet et Par Vinkeljærnsstykker 80·120·10^{mm}, hvis lodrette Flige gribe udenom de lodrette Flige af Hovedets Vinkeljærn og et Par 9^{mm} tykke Paaføringer paa Knudepladen. De hertil anvendte 4 Nitter maa kunne overføre største Reaktion, men da de to af Nitterne tillige gaa gennem Hovedets Vinkeljærn, bør de kun regnes med enten til at overføre Hovedets Spænding til Knudepladen eller til at overføre Reaktionen til de nævnte Vinkeljærnsstykker. Største lodrette Reaktion er 5,07 + 1,66 = 6,73^t, største vandrette Reaktion 1,73^t og Resultanten af disse to 6,95^t, til hvis Overførelse der kræves $\frac{6,95}{3,84} = 1,9$ Stkr. 20^{mm} Nitter; regnes der 3 Nitter hertil, faas som ovenfor sagt 5 Nitter til Overførelse af Hovedets Spænding.

Udfyldingsstykker i Trykstængerne. I Hovedet sættes 3 Udfyldingsstykker mellem hvert Par Knudepunkter; i Stang 1—3, hvor Knudepladerne ere kortest, er Afstanden mellem de to ved hinanden nærmeste Nitter i Knudepladerne 2734^{mm} = 2 Mellemrum à 683 + 2 à 684^{mm}; den tilladelige Afstand mellem Udfyldingsstykkerne er ifølge (48a) lig $8b = 8 \cdot 90 = 720$ mm. — I Stangen 3—4 er Afstanden mellem de yderste Nitter i Knudepladerne 1898^{mm} = 4 Mellemrum à 316 + 2 à 317^{mm}; tilladelig Afstand mellem Udfyldingsstykkerne = 8·40 = 320^{mm}. — I Stang 1—2 findes paa samme Maade Afstanden mellem de yderste Nitter i Knudepladerne = 797^{mm} = 3 Mellemrum à 199 + 1 à 200^{mm}, medens den tilladelige Afstand er 8·30 = 240^{mm}. — I hver af Trækstængerne er der sat 2 Udfyldingsstykker.

Maalpaaskrivningen. For hver Stang er der paa Tegningen skrevet et Hovedmaal og en Række Detailmaal. Hovedmaalet angiver Stangens theoretiske Længde, fra Knudepunkt til Knudepunkt, og denne Størrelse maa naturligvis regnes ud, for at den kan blive nøjagtig paa Millimeter. Rækken af Detailmaal begynder igen fra det matematiske Knudepunkt og gaar herfra til 1ste Nitte i Stangen (ikke til Enden af Stangen, da denne tidt er skraat afskaaren), derfra til 2den Nitte osv. Afstanden fra Knudepunktet til 1ste Nitte maa maales paa Tegningen, som derfor maa være nøjagtigt udført (sædvanlig i 1:10; paa Pl. 2 ere alle Figurer af Hensyn til Formatet ved Reproduktionen formindskede til det halve); man skal maale denne Afstand snarest lidt for stor, idet man herved er paa den sikre Side. Ved denne Maalpaaskrivning samt ved den almindelige Bemærkning paa Tegningen, at Afstanden fra Nittemidte til Pladekant (Enden af Stangen) er 35mm eller 40mm, er baade den virkelige Længde af Stængerne bestemt og ligeledes Knudepladernes Kontur, saa den kan tegnes op. Paa enkelte Punkter vil man ved en saadan Maalpaaskrivning altid blive nødt til at regne, f. Ex. naar der findes nogle for to forskellige Stænger fælles Nitter og man vil angive deres Plads i hver Stang for sig; i Fig. 6 gælder dette saaledes om de to Nitter ved Knudepunkt 0, der gaa baade gennem Hovedet og Vinkeljærnsstykkerne ved Lejet.

De øvrige Details, som indeholdes i Fig. 6—7, Pl. 2, vedrørende Aase, Vindkors og Lejer, skulle vi senere vende tilbage til (se Talex. i § 12 og i J. K. II, § 11). Her hidsættes blot med det samme Vægtfortegnelsen for et Spærfag, saaledes som denne bør foreligge f. Ex. ved en Udbydelse af Arbejdet.

Vægtfortegnelse.

A. Blødt Staal.

	Længde m	Dimensioner mm	kg	kg
I. Et Spærfag.				
Vinkeljærn i Hovedet:				
4 Stkr. à 9,230 ^m	36,92	90·90·9	447	
do. i Foden:				
4 Stkr. à 6,135 >	24,54	65·65·7	167	
4 Lasker hertil à 0,230 >	0,92	> > >	7	
2 Stkr. à 2,557 >	5,12	30·60·7	24	
do. i 4—5 og 4'—5:				
4 Stkr. à 3,511 >	14,05	> > >	65	
do. i 3—4 og 3'—4':				
4 Stkr. à 2,068 >	8,28	40·60·7	43	
do. i 1—2 og 1'—2':				
4 Stkr. à 0,967 >	3,87	30·60·7	18	
At overføre....			771	

	Længde m	Dimensioner mm	kg	kg
Overført....			771	
Fladjærn i 2—3 og 2'—3':				
2 Stkr. à 2,615 ^m	5,23	50·10	21	
Lasker hertil: 8 Stkr. à 0,240 >	1,92	50·8	6	
Knudeplader, 11 Stkr.		10	71	
Ved Knudepunkterne 0:				
4 Stkr. Vinkeljærn à 0,270 ^m	1,08	80·120·10	16	
4 > Paaforinger.		9	4	
2 > Fladjærn à 0,210 ^m	0,42	190·15	10	
Udfyldingsstykker:				
i Hovedet. 18 Stkr.		10	8	
i Foden. 10 >		>	3	
i Gitterstængerne 20 >		>	5	
Hovederne af ca. 150 Stkr. 20mm + ca. 100 Stkr. 16mm Nitter			15	
			930	

§ 11. Spinkle Gitterdragere med Bolteforbindelser. De i Indledningen til forrige Paragraf anførte almindelige Regler om Symmetri osv. gælde naturligvis ogsaa her, og det paa en vis Maade i endnu højere Grad. Ved nittede Forbindelser er det saaledes ikke absolut nødvendigt, at Nittegruppens Tyngdepunkt falder i Tyngdepunktlinien for den Stang, der skal befæstes, idet en Nittegruppe kan overføre et Moment foruden selve Stangens Spænding; naar Spændingen fra en Stang derimod skal overføres gennem én Bolt, maa denne nødvendigvis have sit Centrum i Kraftens Retningslinie. Man maa derfor her mere end tidligere lægge Vægt paa, at Stængerne Midtlinier falde sammen med deres Tyngdepunktlinier.

De anvendte Tværsnitsformer for Stængerne ere i Hovedsagen de samme som ved nittede Forbindelser; kun forekommer der her enkelte nye Former som Rundjærn o. l., og af Profiljærnene og de sammensatte Profiler foretrækkes som nævnt de, der ere symmetriske om deres Tyngdepunktlinier.

Trækstænger dannes hyppigst af Rundjærn, sjældnere af Firkant- eller Fladjærn (smedede »eye-bars« komme først i Betragtning ved større Dragere, se J. K. III, § 16); Anven-

delsen af stive Profiler til strakte Led er her nærmest en Undtagelse.

Trykstængerne dannes sædvanlig af dobbelte \square -Jærn eller \square -formede sammensatte Profiler, som give god Plads til Boltene i Midtlinien. Anvendelsen af Vinkeljærn, Γ -Jærn o. l. medfører en lidt besværligere Konstruktion af Forbindelserne, hvad der nedenfor vil blive vist Exempler paa. Om Forbindelsen af de enkelte Dele af en Trykstang ved Udfyldingsstykker eller Gitter gælder det i forrige Paragraf meddelte, og heller ikke om Stængernes Dimensionering er der noget nyt at tilføje.

Detaller vedrørende Trækstængerne. Naar en Trækstang skal befæstes ved en enkelt Bolt, forsynes Stangen gerne ved Enden med et Øje, der omslutter Boltene (Fig. 123). Øjets Dimensioner skulle bestemmes saaledes, at et Brud snarere indtræder i Stangen end i Øjet, og dette opnaas erfaringsmæssigt, naar Snittet $m-n$ gennem Centrum har et 33—50 % større Areal end Stangen selv*). Tidligere har

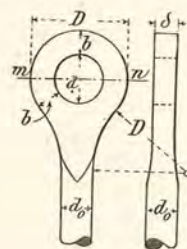


Fig. 123.

man gjort Øjet aflangt, saa Bredden bagved Boltene var noget større end lige ud for denne, nu bruges næsten altid en cylindrisk ydre Begrænsning, koncentrisk med Boltene, som i Figuren vist. Fra Stangen til Snit $m-n$ skal Tværnsnitsarealet voxe jævnt.

Ved Angivelse af de forskellige Dimensioner ville vi tænke os Stangens Tværnsnitsareal F omformet til et Rektangel $\beta \cdot \delta$, hvor δ er Øjets Tykkelse, og hvor Bredden β altsaa bestemmes af:

$$\beta \cdot \delta = F. \quad (57)$$

Naar der i Snit $m-n$ skal være f. Ex. 50 % større Areal end i Stangen selv, faas med Figurens Betegnelser:

$$\begin{aligned} 2b\delta &= \frac{3}{2}\beta\delta, \\ b &= \frac{3}{4}\beta. \end{aligned} \quad (58)$$

Boltene (med Diameter d) skal, som i § 7 angivet, beregnes for Forskydning, Tryk paa Hulranden og Bøjning. Naar den tilladelige Forskydningspaavirkning sættes til $\frac{1}{2}r$, det tilladelige Tryk paa Hulranden til $\frac{1}{3}r$ [se (21) i § 7], og naar Boltene

*) Spændingen i dette Snit er lige inde ved Hullet 2—3 Gange saa stor som ved ensformig Fordeling, se Noten **) S. 31.

antages paavirket i to Snit, hvad altid bør være Tilfældet, bliver Tryk paa Hulranden farligere end Forskydning, hvis

$$d\delta \cdot \frac{1}{3}r < 2 \cdot \frac{1}{4}\pi d^2 \cdot \frac{1}{2}r, \quad \text{hvoraf } \delta < 0,95d \quad (59)$$

eller nøjagtigt nok: $d > \delta$.
For $d \geq \delta$ skal der da alene regnes med Tryk paa Hulranden, og denne Betingelse vil saa godt som altid være opfyldt. Boltediametren bestemmes da af:

$$d\delta \cdot \frac{1}{3}r = \beta\delta \cdot r, \quad d = \frac{3}{4}\beta. \quad (60)$$

Hvis Beregningen for Bøjning efter (22) i § 7:

$$d = 1,9 \sqrt[3]{\frac{M}{r}} \quad (61)$$

ikke fører til et endnu større d , har man da i dette almindeligste Tilfælde efter (60) og (58):

$$b = d = \frac{3}{4}\beta, \quad D = 2,25\beta. \quad (62)$$

Med kun 33 % Overskud i Snit $m-n$ faas:

$$d = \frac{3}{8}\beta, \quad b = \frac{3}{8}\beta, \quad D = 2,1\beta. \quad (62a)$$

Fremstillingen af Øjet skal helst ske alene ved Opstukning af Stangen og Udsmedning til den rigtige Form. Hvis dette volder Vanskeligheder, fordi vedkommende Fabrik ikke er indrettet derpaa, kan man ogsaa (omend noget mindre godt) skaffe det nødvendige Overskud af Materiale i Øjet ved at smede Enden af Stangen noget ud og svejse et Stykke Jærn paa Siden, saa Svejsfugen bliver parallel med Stangens Længderetning; i saa Fald bør Materialet være Svejsjærn.

Ved et enkelt Øje, som beskrevet, kan Stangen befæstes til en dobbelt Knudeplade, i hvis Mellemrum Øjet stikkes ind. Skal Stangen derimod forbindes med en enkelt Knudeplade, anvendes simplest dobbelte Lasker af Fladjærn (Fig. 124); Laskerne faa samme Brede b udenom Boltene som Øjet, men behøve kun halv saa stor Tykkelse. I Stedet for Lasken kan man ogsaa anvende en smedet Gaffel som i Fig. 125*), helst dog kun hvis vedkommende Fabrik er

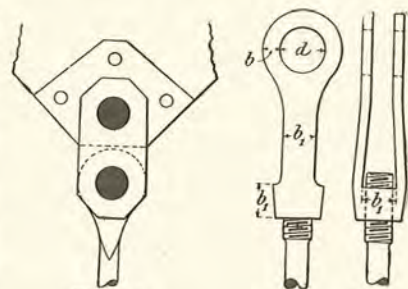


Fig. 124.

Fig. 125.

*) Am. Br. Co.s standard »clevis«. I sidste Udg. (1911) af disse »standards« er der foretaget nogle mindre Ændringer af Formen i Fig. 125 og 128.

indrettet paa at udføre den Slags Arbejde (eller hvis den kan faas fra Special-Fabrikker); Dimensionerne af Øjet bestemmes som ovenfor, Bredden b_1 er lig eller lidt større end $2b$. Stangen er skruet ind i Gafflen, hvorved en Justering af Længden muliggøres; herom nærmere nedenfor.

I Stedet for den beskrevne Øjeform benyttes undertiden, men kun ved Stænger af underordnet Betydning, det i Fig. 126 viste Sløjfe-Øje*) (Stangen ombøjet og svejset).

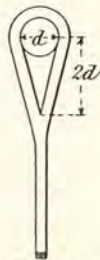


Fig. 126.

Den enkelte Knudeplade i Fig. 124 vil ofte have temmelig ringe Tykkelse for en saadan Bolteforbindelse (under Hensyn til Trykket paa Hulranden faas for stor en Boltediameter). Man kan da, som ogsaa vist i Figuren, nitte en Paaforing paa (bedst én paa hver Side), saa den samlede Tykkelse bliver lig Tykkelsen af Stangens Øje; forkryppede Lasker bør derimod ikke anvendes. Ved Overførelse af smaa Kræfter kan man maaske nøjes med at lægge Udfyldingsringe om Boltten, hvis Bøjningen saa ikke kræver større Boltediameter. Gafflens Grene i Fig. 125 kunne uden Skade bøjes noget.

Ved Trækstænger med saadanne Bolteforbindelser i begge Ender maa Boltehullerne bores meget nøjagtigt i den rigtige Afstand. I et statisk bestemt System vilde Følgen af en urigtig Længde ganske vist kun blive, at Systemets Form kom til at afvige noget fra den forudsatte, hvis alle Stænger vare afbrudte ved Knudepunkterne og her forbundne ved Bolte; men sædvanligvis afbrydes i alt Fald de trykkede Flangestænger ikke i alle Knudepunkter, og en forkert Stanglængde vil da medføre en Bøjning af disse Stænger; og i et statisk ubestemt System vil man i Almindelighed faa Extraspændinger i alle Stængerne. Ved den Slags spinkle Dragere, der her er Tale om, gaar man i Reglen udenom Vanskeligheden ved at forsyne de slappe Trækstænger med Efterspændingsindretninger, saa Længden kan justeres; man kan derved nok saa nogenlunde opnaa at faa givet Systemet den rigtige Form, men idet Efterspændingen næsten altid bliver udført paa fri Haand, kan man ikke just vente at undgaa Extraspændinger. — De almindeligt brugte Efterspændingsindretninger for Øje-

*) Am. Br. Co.s standard »loop eye«.

stænger af Rund- eller Firkantjærn ses i Fig. 127—28*); Stangen er afbrudt og de to Ender skrueskaarne med højre og venstre Gevind og forbundne med en lukket eller aaben Spændemøttrik. Naturligvis maa alle de forskellige Tværnsnit have rigeligt Areal til at overføre Kraften fra Stangen; f. Ex. giver man Grenene i den aabne Spændemøttrik et lignende Tværnsnitsareal som Gaffelgrenene i Fig. 125 og som Øjet i Fig. 123 (Snit $m-n$), d. v. s. ca. 1,5 Gange Stangens nyttige Areal. Og i alle saadanne Tilfælde, hvor en Stang som her er skrueskaaren, maa det erindres, at dens nyttige Areal bestemmes ved Kærnediametren. For at undgaa at maatte give hele Stangen et saa meget for stort Areal, som betinges heraf, er det meget almindeligt at opstukke de Ender af Stangen, der skulle skrueskæres; Stangens Tværnsnit behøver da kun at faa den netop nødvendige Størrelse, og Diametren af den opstukkede Del maa være saa stor, at Skrueskæringen ikke svækker mere end tilladeligt. Hvis vedkommende Fabrik er indrettet paa at kunne udføre en saadan Stukning, kan der spares ikke ubetydeligt.

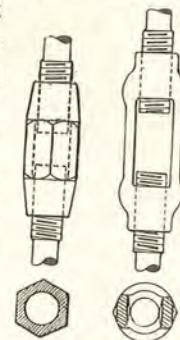


Fig. 127. Fig. 128.

Hvor to slappe Trækstænger krydse hinanden, indretter man gerne Efterspændingen ved Krydsningspunktet og opnaar samtidig, at man ikke behøver at bøje Stængerne ud for hinanden. Man benytter da en Spændering, bedst af Staalstøbegods (Fig. 129) med cirkulært eller I-formet Tværnsnit, billigere dannet af to af en Plade udskaarne Ringe, der ere forbundne ved Udfyldingsstykker og Nit-

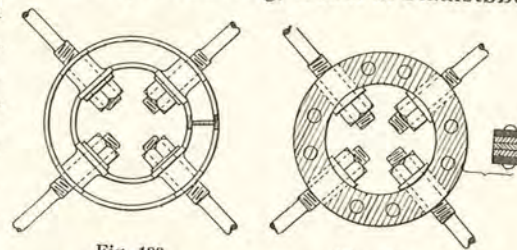


Fig. 129.

Fig. 130.

ning (Fig. 130). Ringens Dimensioner kunne bestemmes ved Hjælp af T. E., § 62, Ex. 2 (Lign. (21), S. 465).

Det skal endnu nævnes, at man foruden de egentlige Bolteforbindelser ogsaa anvender (og tidligere endnu hyppigere har anvendt) forskellige Skrue- og Kileforbindelser for Rundjærns-Trækstænger. Fig. 131—32 vise saaledes et Par i og for

*) Am. Br. Co.s standards.

sig gode Forbindelser; i Fig. 131 erstattes den plane Anlægsflade bedre (ved lidt større Kræfter) med en cylindrisk Krumning, idet der saa indskydes en hertil svarende Underlagsskive under Møttrikken. Forbindelsen i Fig. 133 er naturligvis alt andet end efterlignelsesværdig, men den har ganske vist ogsaa kun været anvendt ved Stænger af underordnet Betydning. For at

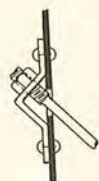


Fig. 131.

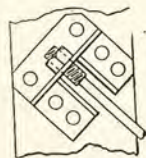


Fig. 132.

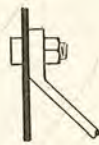


Fig. 133.

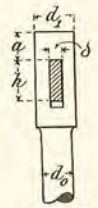


Fig. 134.

undgaa Svækkelse ved Kilehullet i Fig. 134 kan man opstukke Enden af Stangen; med Figurens Betegnelser kan man sætte:

$$\text{Stigning } 1 : 20, \quad d_1 = 1,3d_0 = h, \quad \delta = 0,3d_1, \quad a = 0,7d_1.$$

Kileforbindelser anvendes en Del ved Forankringer o. l.

Detaller vedrørende Trykstængerne. I Konstruktioner med Bolteforbindelser har man tidligere i stor Udstrækning anvendt Støbejern til Trykstængerne, og Forbindelserne iværksattes da ofte ved paastøbte Lapper, hvorigennem Boltene gik; Forbindelsens Detailkonstruktion var i det hele stærkt betinget af Fremstillingsmaaden ved Støbning. Nu til Dags er denne Anvendelse af Støbejern saa godt som ganske opgivet; vi skulle derfor indskrænke os til at vise et Par Exempler derpaa under Omtalen af Tagværker (J. K. II, S. 111—13), hvor man længst har holdt fast ved Konstruktionen, og i det følgende forudsætte Trykstængerne alene dannede af valsede Profiler, enkelte eller sammennittede; vi holde os dog stadig

til de simple Former, som forekomme ved spinklere Dragere.

Af Hensyn til Boltens Anbringelse i Stangens Tyngdepunktslinie er det i overvejende Grad \square -Jærn eller \square -formede Profiler, der komme i Betragtning. Naar Stangen ikke er afbrudt i Knudepunktet (Fig. 135), maa man først og fremmest sørge for, at Boltehullet ikke

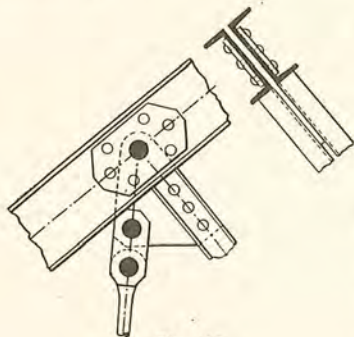


Fig. 135.

svækker Tværsnittet for meget, hvorved dog maa erindres, at der ved Knudepunktet (hvis det er fastholdt, saa Stangen ikke kan bøje sig ud her) kun behøves tilstrækkeligt Areal for det direkte Tryk (intet Stivhedstillæg). Af Hensyn hertil kan det blive nødvendigt at forstærke \square -Jærnets Krop ved et paanittet Pladestykke, og en saadan Forstærkning kan ogsaa behøves, for at ikke Trykket paa Hulranden skal medføre en altfor stor Boltediameter. — Hvis Stangen er afbrudt ved Knudepunktet, spiller Svækkelsen ved Boltehullet ingen Rolle, men af Hensyn til Trykket paa Hulranden bliver man sædvanligvis nødt til at nitte en Paaforingsplade paa (ved svære Stænger flere saadanne), og det er da tilstrækkeligt af lade denne omslutte Boltens helt, medens \square -Jærnet selv ender ud for Boltens Centrum (Fig. 136). Det nødvendige Antal Nitter til Befæstelse af Paaforingen kan bestemmes ved at dele det Tryk, der skal overføres, i Forhold til de enkelte Tykkelser (i Fig. 136 af Paaforingen og \square -Jærnets Krop), der direkte modtage Trykket fra Boltens.

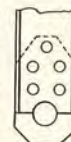


Fig. 136.

Ved andre Profiler, Vinkeljærn, T-Jærn o. l. kan man iværksætte en Bolteforbindelse med Boltecentret anbragt i Stangens Tyngdepunktslinie ved at paanitte et enkelt eller gaffeldelt Øje af Fladjærn (Fig. 137).

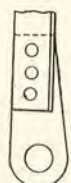


Fig. 137.

Trækstænger af stive Profiler faa ved Øjet en lignende Form som Trykstænger, blot med de Forandringer, som nødvendiggøres deraf, at hele Trækspændingen skal kunne passere Tværsnittet gennem Boltehullet, idet den overføres til Boltens som et Tryk paa dennes Bagside (bort fra Stangen vendende Side). Tværsnittet $a-b$ (Fig. 138) gennem Boltehullet skal derfor ligesom ved Øjet i Fig. 123 mindst være ca. 1,5 Gange Stangens nyttige Tværsnit, og det nyttige Areal af Snit $c-d$ eller $e-f$ skal mindst være halv saa stort som af Snit $a-b$.

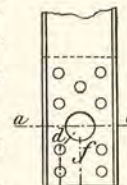


Fig. 138.

Om selve Forbindelserne er der nu ikke stort at føje til. Man kan bruge alle mulige Kombinationer af Nitte- og mere eller mindre udprægede Bolteforbindelser. Ved de spinklere Dragere her er det egentlig ret sjældent at se en ren Bolteforbindelse som i Fig.

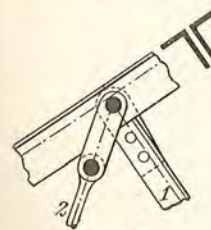


Fig. 139.

139, hvor alle Stængerne ere forbundne ved én og samme Bolt, ganske uden Knudeplade; naar den gennemgaaende Flangestang som i nævnte Figur er dannet af to Vinkeljærn, er der sædvanligvis ikke Plads til at faa Boltene sat helt op i Tyngdepunktlinien, saa man maa finde sig i en lille Excentricitet; Stang 1's Øje gaar ind i Mellemrummet mellem Flangens Vinkeljærn, Stang 2 har fat om Boltene med to Fladjærns-Lasker udvendig. — Ret almindelige ere Forbindelserne i Fig. 140—42. I Fig. 140 er der anvendt en dobbelt Knudeplade, i hvis Mellemrum alle de enkelte Stænger gaa ind og ere befæstede med hver sin Bolt; de forskellige Snit i Knudepladen kunne undersøges paa lignende Maade som i forrige Paragraf beskrevet. I Fig. 141 er den dobbelte Knudeplade reduceret til et Par Fladjærns-Lasker, der forbinde Flangestængerne 1 og 2, og de to Gitterstænger 3 og 4 ere befæstede til en enkelt Knudeplade (3 ved Nitning, 4 ved en Bolt), der stikker ind i Mellemrummet mellem de to Fladjærns-Lasker og her er gjort fast ved en Bolt. Den nævnte Knudeplade behøver maaske ikke samme Tykkelse som Øjerne for de sværere Flangestænger, og man kan da udfylde Spillerummene med Pakringe om Boltene; denne bliver derved stærkere paa-

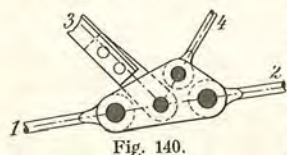


Fig. 140.

virket til Bøjning, men da den i det hele ikke skal overføre nogen stor Kraft, kan den let blive stærk nok. Fig. 142 viser en lignende Forbindelse med en enkelt Knudeplade, hvortil Trykstangen er nittet, medens Rundjærns-Trækstængerne ere sluttede til ved Skrue-Gafler som i Fig. 125.

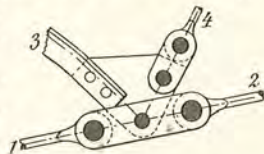


Fig. 141.

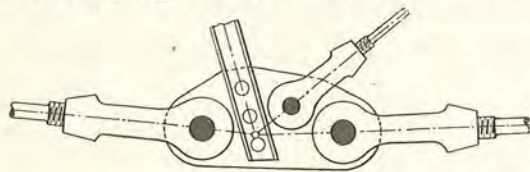


Fig. 142.

Fig. 142 viser en lignende Forbindelse med en enkelt Knudeplade, hvortil Trykstangen er nittet, medens Rundjærns-Trækstængerne ere sluttede til ved Skrue-Gafler som i Fig. 125.

Talexempel. For det i Talexemplet i forrige Paragraf behandlede Spærfag (se Pl. 2) skal Knudepunkt Nr. 4 konstrueres med Bolteforbindelse (Fig. 143—44).

De fra Knudepunktet udgaaende Trækstænger dannes af Rundjærn; Dimensionerne blive da:

	Max.-Spænding kg	Nødv. Areal cm ²	Dimensioner mm
Stang 1 (= 2—4 paa Pl. 2)	+ 12000	10,0	○ d _o = 36
» 2 (= 4—4' » »)	+ 7450	6,3	○ » = 30
» 3 (= 4—5 » »)	+ 6230	5,2	○ » = 30
» 4 (= 3—4 » »)	- 3680	F _o = 3,84	⌋ 40·60·7

Trykstangen 4 beholder det samme Tværsnit som tidligere, Trækstængerne 2 og 3 ere gjorte ens, med d = 30 mm (29 mm vilde være tilstrækkeligt for Stang 2).

1ste Konstruktion (Fig. 143). Der anvendes dobbelt Knudeplade, i hvis Mellemrum hver Stang fastholdes ved sin Bolt. — Man begynder med at bestemme Tykkelsen δ af Øjerne (= Mellemrummet mellem Knudepladerne), idet man herved gaar ud fra den stærkest paavirkede Stang 1. Sættes her f. Ex. δ = 2,5 cm, findes af (57): β = 10,0 / 2,5

= 4,0, af (62): d = b = 3/4 · 4,0 = 3,0, altsaa d > δ, saa man ikke behøver at tage Hensyn til Forskydnings-spændingen, og idet man for δ = 2,5 cm vælger Knudepladernes Tykkelse lig 1,3 cm, hvorved M = 1/4 · 12000 · 3,8 = 11400 kg cm, findes endelig af (61), idet r ligesom i Talexemplet i forrige Paragraf sættes til 1200 kg/cm²:

$$d = 1,9 \sqrt[3]{9,50} = 4,1 \text{ cm.}$$

Det er altsaa Bøjningen, der er bestemmende for Diametren af Boltene. Den mindst mulige Bolt faar man aabenbart, naar Bøjningen og Trykket paa Hulranden blive lige farlige, og ved at prøve sig frem finder man, at dette bliver Tilfældet for δ = 20 mm. Sættes for Sikkerheds Skyld hver af Knudepladerne til 12 mm, faas nu for de 4 Stænger, idet der regnes med de virkelige Arealer af Rundjærnsstængerne (for ogsaa at faa Boltene og Øjerne ens for Stængerne 2 og 3):

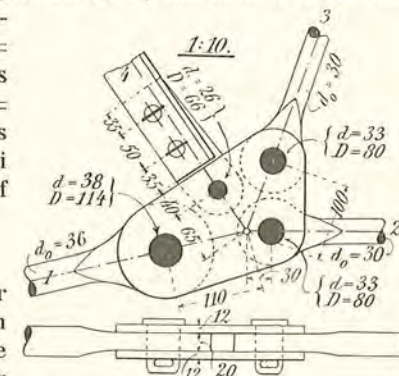


Fig. 143.

Stang Nr.	F cm ²	β cm	efter (62) d = b cm	efter (61) d cm	d gøres cm	efter (62) D cm	
1	10,2	5,1	3,8	3,8	3,8	11,4	
2	7,0	3,5	2,7	3,3	3,3	8,0	
3	7,0	3,5	2,7	3,1	3,3	8,0	
4	3,84	2,0	1,5	2,6	2,6	4,5	gøres 6,6

Herefter kan Knudepunktet tegnes op (Fig. 143). Knudepladerne kunne afskæres efter Cirkelbuer med samme Diameter D som Øjerne eller efter Polygoner, omskrevne herom. Ved Stang 4 kan man nøjes med at nitte et 12mm Pladestykke mellem Vinkeljærene (med 2 Stkr. 16mm Nitter ligesom paa Pl. 2) og saa lægge to 5mm Pakringe om Boltene. Alle Boltene kunne simplest være Splitbolte (Fig. 62, S. 64).

2den Konstruktion (Fig. 144). Alle fire Stænger forbindes ved en enkelt Bolt. Denne Ordning vil man kun sjældnere finde paa at anvende i et Tilfælde som her, men den medtages for at vise, hvorledes Beregningen af en saadan Charnierbolt skal gennemføres.

Man maa i Almindelighed begynde med at skønne Boltediametren; naar den er bekendt, kan man beregne de nødvendige Tykkelser af Anlægsfladerne for de forskellige Stænger mod Boltene under Hensyn til Trykket paa Hulranden. Endvidere maa man foreløbigt fastslaa den Orden, hvori Stængerne skulle følge efter hinanden om Boltene, og herved maa der ubetinget sørges for Symmetri. Derefter kan man beregne de bøjende Momenter for de forskellige Tværnsnit i Boltene, og hvis den herved fundne Boltediameter bliver større end den skønnede, er der Sikkerhed nok ogsaa mod Trykket paa Hulranden. Finder man derimod en mindre Diameter end forudsat til at begynde med, maa Beregningen gøres om, med mindre man af Hensyn til Trykket paa Hulranden foretrækker at beholde den skønnede Værdi; og hvis den af Bøjningen betingede Diameter er meget større end den skønnede, kan der ogsaa være Tale om at gentage Beregningen, idet man derved kan opnaa en Formindskelse af Boltediametren (at faa Boltene saa lille som muligt har navnlig Betydning for Fremstillingen af Stængernes Øjer, mindre derimod for Bekostningen ved selve Boltene).

Ordningen af Forbindelsen her ses i Fig. 144, nederst. Stang 3 griber om Boltene med et enkelt Øje i Symmetriplanen, og umiddelbart paa hver Side heraf kommer Stang 4; de to Vinkeljærn 40·60·7mm, hvorefter denne Stang bestaar, ere her rykkede tæt sammen (og nittede sammen ved en fortløbende Nitterække), og til hver Side af den

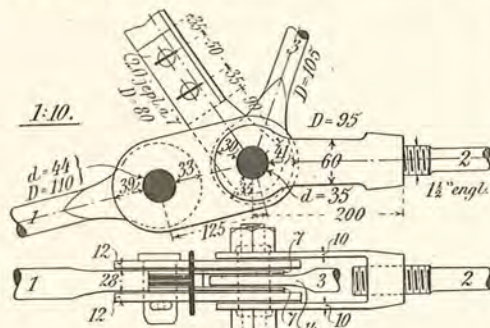


Fig. 144.

Opmærksomhed henvendt paa at faa de bøjende Momenter saa smaa som muligt, hvorefter nærmere nedenfor.

Skønnes nu her Boltediametren til $d=3,5$ cm, findes den nødvendige Tykkelse δ af hver Stangs Anlægsflade mod Boltene (den samlede Tykkelse af de to Anlægsflader, hvis Stangen er gaffeldelt) af (57): $\delta\beta = F$ og (60): $d = \frac{3}{4}\beta$, altsaa $\delta = \frac{3F}{4d}$. Med $d=3,5$ findes for Stængerne

	1	2	3	4
$F=$	10,0	6,3	5,2	3,84 cm ²
$\delta =$	2,2	1,4	1,2	0,9 cm.

Under Hensyn til den beskrevne Ordning af Forbindelsen maa man for Stang 3 gøre $\delta=1,4$ cm, hvilket altsaa rimeligvis er rigeligt, og for Stang 4 kunne de to paanittede Øjeplader ikke godt gøres mindre end 7mm tykke. For Stang 1 vælges Laskepladernes Tykkelse til 12mm, og for Stang 2 gøres hver Gaffelgren 10mm tyk (rigeligt).

Nu skal man beregne de bøjende Momenter for Boltene, og denne kan herved paa Grund af Symmetrien betragtes som en Bjælke, der er indspændt i Symmetriplanen og paavirket ud til den ene Side af de halve Stangspændinger. Da de bøjende Momenter ikke virke i samme Plan, opløser man simplest Stangspændingerne i deres lodrette og vandrette Komposanter; det skal være et Sæt samtidig virkende Spændinger, man skal regne med, men her er Sagen særlig simpel, idet alle fire Maximumspændinger ere samtidige. Naar de nævnte Spændingskomposanter regnes positive nedad og til højre, blive de (i kg):

Stang	2	1	4	3
Lodret Komposant =	0	+ 2810	+ 3060	- 5850
Vandret > =	+ 7450	- 11650	+ 2040	+ 2140

Med de i Fig. 144, nederst, paaskrevne Tykkelser faas Afstanden fra Midte til Midte af Stængernes Anlægsflader mod Boltene, idet der regnes 1mm Spillerum i hver Fuge:

mellem Stængerne: 2 1 4 3
Afstanden: 1,2 1,05 1,15 cm.

Midt i Stang 1's Anlægsflade faas da Momentet $\frac{1}{2} \cdot 7450 \cdot 1,2$ kg cm, midt i Stang 4's Anlægsflade faas $\frac{1}{2} \cdot 7450 (1,2 + 1,05) - \frac{1}{2} \cdot 11650 \cdot 1,05$ i vandret Retning og $+\frac{1}{2} \cdot 2810 \cdot 1,05$ i lodret Retning. Momentberegningen opstilles bedst som følger, idet M_L og M_V betegne Momenterne i den lodrette og den vandrette Plan, og idet Punkt 1 betegner Midtpunktet af Stang 1's Anlægsflade:

I Punkt....	1		4		3	
	M_V	M_L	M_V	M_L	M_V	M_L
Fra Stang 2	+ 4470	0	+ 8382	0	+ 12665	0
> > 1			- 6116	+ 1476	- 12815	+ 3091
> > 4					+ 1173	+ 1760
	+ 4470	0	+ 2266	+ 1476	+ 1023	+ 4851
$\sqrt{M_V^2 + M_L^2} =$	4470		2705		4958	

Af $M_{\max} = 4958 \text{ kg cm}$ findes med $r = 1200 \text{ kg/cm}^2$:

$$d = 1,9 \sqrt[3]{4,14} = 3,1 \text{ cm},$$

altsaa noget mindre end skønnet (35 mm). Man kunde altsaa gaa noget ned med Boltediametren, men dog ikke længere end til $d = 32 \text{ mm}$, hvis man ikke vilde forøge Tykkelsen af de Laskeplader, hvormed Stang 1 griber om Bolten (alle de andre Tykkelser ere allerede ovenfor gjorte rigelige). I Fig. 144 er man dog bleven staaende ved $d = 35 \text{ mm}$.

For Bolten ved Siden af, der forbinder Stang 1 med Laskepladerne, bliver det bøjende Moment $= \frac{1}{2} \cdot 12000 \cdot 2,1 = 12600 \text{ kg cm}$, $d = 1,9 \sqrt[3]{10,5} = 4,2 \text{ cm}$ (gjort 44 mm).

De øvrige Detailler i Figuren beregnes paa samme Maade som ovenfor. Stang 2 (30 mm Rundjærn) er paa den skrueskaarne Del stukket til $1\frac{1}{2}$ " (engl.) Diameter, idet Kærnediametren for en $1\frac{1}{2}$ " Skrue efter Whitworth's Gevind er 32,68 mm, medens $1\frac{3}{8}$ " Skrue kun har 29,5 mm Kærnediameter.

Hovedbolten har Lomas-Møttrikker med $1\frac{1}{4}$ " engl. Gevind, Bolten i Stang 1 ved Siden af er derimod en Splitbolt.

Hovedboltens Dimensioner afhænge i høj Grad af den Orden, hvori man lader Stængerne gribe om den. Bytter man f. Ex. blot Stængerne 1 og 2 om, saa 1 ligger yderst, bliver det bøjende Moment midt i 2's Anlægsflade $\frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 12000 = 7200 \text{ kg cm}$, hvoraf $d = 3,5 \text{ cm}$. Det gælder navnlig om at lade de stærkest paavirkede Stænger, der trække til modsatte Sider, skifte saa regelmæssigt som muligt.

TREDIE AFSNIT.

Understøtningerne (Lejer, Søjler).

§ 12. Lejekonstruktioner. Lejerne ere Mellemliddene mellem Dragerne og de Piller eller Mure, hvorpaa Dragerne understøttes; undertiden hviler en Drager dog ogsaa paa en anden Del af Jærnkstrukturen, saa Lejet optræder som et indre Led i denne (Charnier e. l.), uden at dets Konstruktion derfor væsentlig ændres.

Lejerne skulle

fordele Dragerens Tryk over Pillen, saa Murværket ikke bliver stærkere paavirket end tilladeligt,

muliggøre Dragerens Længdeforandringer (navnlig hidrørende fra Temperaturændringer),

fixere Reaktionens Beliggenhed (Angrebspunkt og maaske Retning) i Forhold til Drageren og i det hele saa vidt muligt realisere de Forudsætninger angaaende Understøtningerne, der ligge til Grund for Beregningerne.

Det første af de nævnte Formaal naas ved at give den nederste Flade af Lejet et tilstrækkelig stort Areal. Dette er altsaa bestemt ved det tilladelige Tryk paa Murværket, for hvilket man kan regne (se T. E., S. 345—46):

for Granitkvadre.....	25—50 kg/cm ² ,
» Kalk- eller Sandsten.....	15—25 »
» Klinker i Cementmørtel.....	15—20 »
» haardbrændte Mursten i Cementmørtel	12—15 »
» almindelige » i »	10—12 »
» » » i Kalkmørtel..	7 »
» Beton 1:3:6.....	15—20 »

Under Lejet for en Brodrager, og ligeledes i andre Tilfælde, hvor Trykket er stort, lægges gerne en huggen Sten, i Almindelighed Granit, hvis Størrelse maa være saaledes bestemt, at den kan fordele Trykket over en tilstrækkelig stor Flade af det svagere Murværk nedenunder. I den nyere Tid erstatter man undertiden denne hugne Sten med Beton (1:1½:2½ eller en lignende stærk Blanding) eller Jærnbeton.

Imellem Lejets Underflade og Murværket udstøbes gerne en 1,0—1,5^{cm} tyk Fuge af Cementmørtel 1:1 à 1:2, for at man kan være sikker paa, at Trykket ikke bliver overført blot til enkelte fremspringende Punkter af Stenen. Fugens Tykkelse bestemmes under Udstøbningen ved smaa Trækiler, som uden Skade kunne blive siddende; anvendes Jærnkiler, maa de i alt Fald fjernes inden Hærdningen, da de ellers ville optage Størstedelen af Trykket. Inden Udstøbningen lukkes Fugen langs hele Omkredsen med Ler, idet man dog lader et Par Huller staa aabne, for at Luften kan undvige, og den tyndflydende Mørtel heldes ind under Tryk.

I Stedet for en Mørtelfuge bruger man ogsaa undertiden at indlægge en ca. 10^{mm} tyk Blyplade mellem Lejet og Stenen, eller ogsaa først at afrette Stenen nøjagtigt med Mørtel og saa at nøjes med en ca. 3^{mm} Blyplade.

Det andet af de nævnte Formaal medfører, at kun det ene af Dragerens Lejer kan være fast, det andet (eller de andre) maa tilstede en Bevægelse i Dragerens Længderetning. Undertiden kan Konstruktionen ogsaa have en saa stor Udstrækning i Tværetningen, at man maa sørge for Bevægelighed i Lejet tværs paa Drageren.

De Længdeforandringer, som Lejerne maa tillade, hidrøre som bemærket først og fremmest fra Temperaturændringerne, men dernæst ogsaa fra de Formforandringer, der bevirkes af Belastningen, og hvorved Afstanden mellem Understøtningspunkterne kan variere noget. Man regner gerne med en Temperaturvariation mellem Grænserne +45° og -25° C (±35° ud fra en Monteringstemperatur paa 10°). Sættes her lidt rigeligt ±40°, faas Størrelsen af den mulige Bevægelse ud fra en Midtstilling:

$$\pm \frac{40}{80\,000} L = \pm \frac{1}{2000} L,$$

hvor L betegner Dragerens Længde. — Den af Belastningen

bevirkede Længdevariation er Nul, hvis Understøtningspunkterne falde nøjagtigt i Dragerens neutrale Linie, men i Almindelighed er dette ikke Tilfældet, og Beyægelsen er da afhængig af Dragerformen. For at faa et Begreb om Sagen kan man tænke paa en Paralleldrager; med Middelspændingen σ i Fodens er Bevægelsen lig Fodens Forlængelse $= \frac{\sigma}{E} L$, og sættes (rigeligt) $\sigma = 700$, $E = 2\,100\,000$ kg/cm², faas $\frac{1}{3000} L$. — Total-Bevægelsen ud fra Midtstillingen bliver da $\left(\frac{1}{2000} + \frac{1}{3000}\right) L = \frac{1}{1200} L$. Der maa ved Lejekonstruktionen regnes med en rigelig stor Bevægelse; ofte antager man: 1^{mm} til hver Side pr. Meter Længde af Drageren, ved store Dragere dog uden Skade noget mindre.

En Fixering af Reaktionens Angrebspunkt (og eventuelt Retning) naas i forskellig Grad og paa forskellig Maade ved de forskellige Lejekonstruktioner, saaledes som det vil fremgaa af følgende Oversigt. Ved alle de her omhandlede Lejer er der kun Tale om (statisk talt) »simple« Understøtninger. En Indspænding realiseres i Praxis hyppigst, og altid ved Gitter-Konstruktioner, ved Kombination af en fast og en bevægelig simpel Understøtning; kun for massive Bjælker, Søjler o. l. tilvejebringes en Indspænding ved Fastboltning til eller Indstøbning i Fundamentet, saaledes som det vil blive omtalt i § 14 under »Søjler«. Eftersom der ønskes en fast eller en bevægelig simpel Understøtning, maa Lejet formes som et fast eller et bevægeligt Leje.

Faste Lejer bestaa i alle Tilfælde af en Over- og en Underdel, der ere fastgjorte henholdsvis til Drageren og til Pillen, men efter den forskellige Form af Berøringsfladerne mellem disse to faar man en principielt højst forskellig Virke-maade af Lejet. De forskellige Konstruktionsprincipper ere illustrerede i Fig. 145—50.

Ved ganske smaa Dragere (Bjælker i Husbygning, Brodragere op til 6—8 m) anvendes Pladelejer (simple Underlagsplader, Fig. 145) med plane Berøringsflader. Angrebspunktet for Trykket er ret ubestemt, og ved en Nedbøjning af Drageren rykker det helt hen til Forkanten, hvorved baade

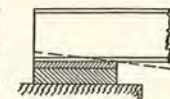


Fig. 145.

Pladerne selv blive overanstrengte, og Trykket paa Muren bliver højest uensformigt fordelt. For Brodragere over 6—8^m, op til 20—25^m, gaar man derfor nu over til den i Fig. 146 viste Form, med hvælvet Overside af Underlagspladen, Berøring i en Linie. Denne Konstruktion er i Virkeligheden allerede et Tangential-Vuggeleje.

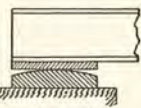


Fig. 146.

De egentlige Vuggelejer udføres enten som Tangential- eller som Tap-Vuggelejer. Et Tangential-Vuggeleje med Berøring mellem en Cylinder og en Plan (altsaa i en Linie) ses skematisk i Fig. 147, med Berøring mellem Kugle og Plan (i et Punkt) i Fig. 148; det sidste medfører fri Drejelighed i alle Retninger. Fig. 149 viser et Tap-Vuggeleje med cylindrisk Tap (Berøring langs en konvex og en konkav Cylinderflade med samme Radius); i Fig. 150 ere Cylinderfladerne erstattede af Kugleflader.

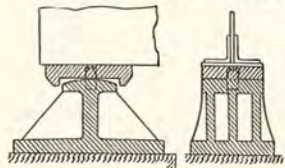


Fig. 147.

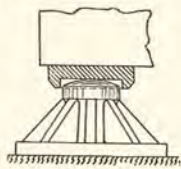


Fig. 148.

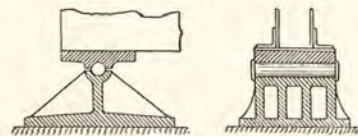


Fig. 149.

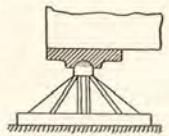


Fig. 150.

Tap-Vuggelejerne ere de almindeligst anvendte, og have navnlig været det tidligere; nu til Dags foretrækkes hyppigt Tangential-Lejer. Ved disse sidste foregaar Drejningen som en Rulning og medfører derfor langt mindre Friktion, men til Gengæld en lille Flytning af Reaktionens Angrebepunkt; ved Tap-Vuggelejerne har man derimod en glidende Friktion langs Tappens Overflade. Kugleflader (Fig. 148 og 150) anvendes kun ved meget brede Broer. I Stedet for Plan og Cylinder- eller Kugleflade kan man ogsaa i Tangential-Vuggelejerne gaa over til to Cylinder- eller to Kugleflader med forskellig Radius. — I Stedet for at tilvejebringe Drejelighed i alle Retninger ved at benytte Kugleflader har man i enkelte Tilfælde stillet to Vuggelejer med Cylinderflader ovenpaa og vinkelret paa hinanden.

Bevægelige Lejer kunne være Glide-, Rulle- eller Pendullejer.

Glidlejer ere Pladelejer ganske som i Fig. 145—46, idet blot Over- og Underdel af Lejet her ikke ere hindrede i at

forskydes for hinanden, saaledes som de maa være det ved faste Lejer. Glidlejer anvendes op til 15—20^m Dragerlængde for spinkle Dragere (Spærfag o. l.), til 20—25^m for sværere Brodragere. Friktionskoefficienten kan regnes til 0,2 for glidende, til $\frac{0,2}{d}$ (d = Rullediameter i cm) for rullende Friktion.

Et Rulleleje ses i Fig. 151; mellem Over- og Underdel af Lejet er her indskudt en Række cylindriske Ruller. Denne Form har tidligere været anvendt, men det ses let, at hele Trykket ved en Nedbøjning af Drageren vil blive koncentreret paa den forreste Rulle, eller at det i alt Fald vil blive meget uensformigt fordelt over Rullerne, og derfor indskydes nu altid et Vuggeleje mellem Drageren og Rullelejet (Fig. 152). Hvis man kan nøjes med en enkelt Rulle (Fig. 153), kan denne tillige gøre det ud for et Vuggeleje, og saadanne Lejer anvendes derfor nu til Dags, saa længe det er muligt (op til 40—50^t Tryk). Dernæst gaar man over til to Ruller, ved hvilken Konstruktion Størrelsen af Trykket paa hver Rulle endnu er nøjagtigt (statisk) bestemmeligt; ved tre eller flere Ruller afhænger Trykfordelingen derimod af Lejedelenes Elasticitet. — Ved de smaa Bevægelser, der er Tale om, er det i Virkeligheden kun en ringe Del af en Rulles Omkreds, der kan komme i Berøring med Lejets Over- eller Underdel. Principielt er der da intet i Vejen for at skære et Par Segmenter af hver Rulle, hvorved man kommer til Konstruktionen i Fig. 154, der har været anvendt en Del og endnu anvendes ved store Broer. Segmentrullerne tage mindre Plads, og hele Lejet bliver kortere, men helt lige saa sikker som med fulde cylindriske Ruller er Konstruktionen dog kun, hvis al Mulighed for Bevægelser af Pillerne er udelukket; man foretrækker derfor de cylindriske Ruller, naar man ikke derved kommer til altfor store Dimensioner.

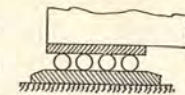


Fig. 151.

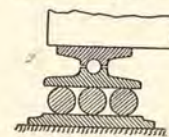


Fig. 152.

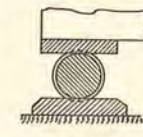


Fig. 153.

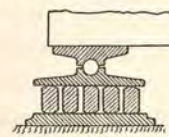


Fig. 154.

Til Pendullejerne kommer man ved en videre Udvikling af Lejet i Fig. 153 med én Rulle. Allerede hvis denne formes som en Segmentrulle, vil man ofte bruge Betegnelsen Pendulleje, men

ved store Tryk bliver Rullediametren (og dermed Lejet i det hele taget) urimelig stor; herpaa kan der imidlertid bødes ved at vælge Radius til de to Cylinderflader større end Rullens halve

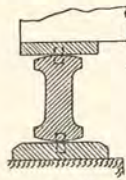


Fig. 155.

Højde, saaledes som vist i Fig. 155 og tydeligere i Fig. 156. Med denne Konstruktion følger dog den Ulempe, at enhver Bevægelse bort fra Midtstillingen vil medføre en lille Løftning af Drageren, og Pendulets Røringslinier med Lejets Over- og Underdel ville ikke mere ligge lodret over hinanden (se Fig. 156), hvorved fremkaldes en vandret Reaktionskomponent, der kan blive ret betydelig. Af

denne Grund kan Konstruktionen kun anvendes ved ikke altfor store Tryk (op til ca. 120^t). Ved et passende Valg af de to Radier, som i og for sig ikke behøve at være lige store, kan Ulempen formindskes eller helt bringes til at forsvinde.*)

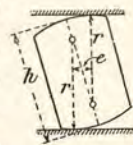


Fig. 156.

— En anden Form af Pendullejet, med glidende Tapfriktion foroven, ses i Fig. 157; Cylinderfladen forneden har sin Axe sammenfaldende med Tappens Axe. Lejet kan her faa mindre Højde end i Fig. 155, og det kan anvendes op til omtrent samme Størrelse af Trykket. Endelig ses i Fig. 158 et Pendulleje med glidende Tapfriktion (Cylinder eller Kugle) baade foroven og forneden,**) Princippet her er endelig det samme som ved de almindelige Pendulsøjler (Fig. 159).



Fig. 157.

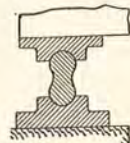


Fig. 158.

En dobbelt bevægelig Understøtning kan enten tilvejebringes ved at stille to (iøvrigt ens) Rullelejer ovenpaa hinanden, saaledes at de to Sæt Ruller staa vinkelret paa hinanden, eller ved et Pendulleje med Kugle- i Stedet for Cylinderflader. Alle Systemerne i Fig. 155—59 kunne anvendes, men intet af dem egner sig for meget store Tryk; her har man kun Rullelejerne. Saadanne dobbelte Rullelejer blive dog dyrere og anvendes derfor ret sjældent, kun ved store og brede Broer. Sædvanligvis nøjes man i den ene



Fig. 159.

*) Haberkalt's Pendulleje, se Melan: Eiserne Brücken I, 1914, S. 402—03.

***) Anvendt i Northern Pacific R. R.'s Normaltegninger (1896) for Pladejernsdragere op til 20—25^m.

Retning med en Glide-Bevægelse, f. Ex. langs Vuggelejts Tap i Fig. 152 og 154, og sørger ved Lejets Konstruktion blot for tilstrækkeligt Spillerum, saa denne Glidning ikke er hindret.

Til denne Oversigt føjes endnu følgende almindelige Bemærkninger, der gælde uafhængigt af det specielle Lejes Detailkonstruktion.

Lejets Befæstelse til Murværket iværksættes ved Ribber (se f. Ex. Fig. 167—68, 171 o. fl.) eller Knaster (Fig. 173) paa Undersiden, ved to eller fire Bolte eller ved begge Midler paa én Gang. Der anvendes enten en enkelt Ribbe paa tværs, midt under Lejet eller langs Bagkanten, eller to over Kors. For Ribberne hugges der Riller i Lejestenen, og da disse aldrig kunne komme til at passe nøjagtigt, maa der udstøbes med eller Ribberne maa sættes i tyndflydende Cementmørtel. — Boltene ere forskellige, eftersom de gaa ned i Murstensmurværk, eller der er lagt en huggen Sten under Lejet. I første Tilfælde naa de 0,5—1,0^m ned i Murværket og have forneden fat i et indmuret Forskud (se Fig. 7, Pl. 2) af Fladjærn, Vinkel-, [-Jærn e. l. eller et vandret liggende Pladestykke. Til Befæstelse paa en huggen Sten anvendes Stenskruer af forskellige Former, her hyppigst som i Fig. 160a; den nederste Del er firkantet, forneden 1½—2 Gange saa tyk som foroven, og hakket op ved Mejselhug. Hullet i Stenen (15—25^{cm} dybt) gøres bedst lidt underskaaret, og udenom Boltens udstøbes med Cementmørtel eller (nu sjældnere) med Bly, der stemmes. Fig. 160b—d vise nogle i Amerika anvendte Former; undertiden har man ogsaa brugt en Bolt med et almindeligt Hoved forneden. Kan Drageren udøve et Træk opad, maa der anvendes længere Ankerbolte, hvorom nedenfor.

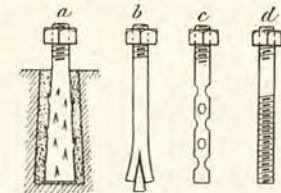


Fig. 160.

Lejets Forbindelse med Drageren. Valsede Bjælker i Husbygning lægges direkte paa Underlagspladen, saaledes at Bjælkefoden selv gør det ud for Lejets Overdel. Ved andre Lejer med ikke ret store Tryk (f. Ex. for Spærfag, ikke særlig store Pladejernsdragere) dannes Overdelen gerne af en valset, 13—26^{mm} tyk høvlet Mellemlade, der fastgøres til Dragerfoden med forsænkede Nitter eller Bolte (Fig. 7, Pl. 2; Fig. 167); undertiden anvendes dog ogsaa her en særlig Overdel for Lejet.

Ved Lejer med større Tryk indskydes en lignende (her 20—30^{mm} tyk) Mellemplade, og Lejets Overdel forbindes med denne og Dragerfoden ved Styrelister, Knaster e. l. samt ved (to eller fire) Skruebolte (undertiden Skruetappe). Hovedsagen her er i Almindelighed de nævnte Styrelister eller Knaster, idet man ikke gerne stoler paa Boltene alene til at hindre en indbyrdes Forskydning; undertiden (ved store Leje-Tryk) udelades Boltene endog helt.

Endelig maa man ved Konstruktionen erindre, bl. a. af Hensyn til Overførelsen af de vandrette Reaktionen, at de enkelte Dele af Lejet skulle gribe ind i hinanden, saa en indbyrdes Forskydning i alle andre Retninger end den, hvori en Bevægelse muligvis skal kunne foregaa, er udelukket. Hertil anvendes Styrelister eller Knaster, Tænder eller Dorne, der gribe ind i tilsvarende Huller, Bryster paa Tappe og Ruller o. l., saaledes som det fremgaar af Detailtegningerne i det følgende. Ved Anbringelsen af disse Styrelister o. s. v. maa man have sin Opmærksomhed henvendt paa, at der ikke dannes Huller og Fordybninger, hvor Vand og Snavs kan samle sig.

Materialet til Lejerne er i Almindelighed enten Støbejern eller Staalstøbegods og smedet (haardt) Staal; valset Blødt Staal, der undertiden er anvendt til Ruller o. l., egner sig ikke slet saa godt paa Grund af dets mindre Haardhed. Ved alle Lejer for ikke ganske smaa Tryk fortrænges Støbejernet nu paa Grund af dets mindre Paalidelighed mere og mere af Staalstøbegods, eller for de Deles Vedkommende, hvor der forekommer mange bearbejdede Flader, af smedet haardt Staal.

De enkelte Lejedele, der modtage Trykket paa en mindre og afgive det paa en større Flade, beregnes for Bøjning under de ugunstigste Forudsætninger (Kraften maaske koncentreret i et Punkt eller langs en Linie paa den ene Side; ensformig fordelt paa den anden). De tilladelige Paavirkninger kunne herved sættes til 1000 kg/cm² for Staalstøbegods, 250—300 kg/cm² for Støbejern.

Almindelige Formler til Beregning af Berøringsfladerne. For Spændingerne i de Berøringsflader, hvorigennem Trykkene overføres, har man paa forskellig Maade opstillet Tilnærmelses-

beregninger*); disse hvile dog paa ret vilkaarlige Forudsætninger, saa Resultaterne ere ikke meget paalidelige. Man er derfor nu mest tilbøjelig til at anvende de af Hertz**) opstillede Formler, uagtet den praktiske Værdi ogsaa af dem er omtvistelig; man kan nemlig ikke ved disse Formler komme til de Dimensioner, som Praxis har vist ere tilstrækkelige, uden ved at indføre langt større Paavirkninger end dem, man ellers regner for tilladelige. Dette er ganske vist i og for sig let forklarligt, da Trykket her kun virker paa en meget lille Del af vedkommende Legemes Overflade, oprindelig i et Punkt eller en Linie, men paa Grund af Fladtrykningen dog til syvende og sidst i en lille Berøringsflade, og det er bekendt, at der i saa Fald kræves et langt større Tryk til at frembringe en blivende Formforandring, end naar Trykket virker paa hele Prøvestykkets Endeflade (se T. E., S. 260). Imidlertid er man nu efterhaanden kommen nogenlunde paa det rene med, hvor store Paavirkninger man med Sikkerhed kan indføre i de Hertz'ske Formler, og ved Beregning af Cylinder- og Kugleflader, der berøre hinanden i en Linie eller et Punkt, skulle vi derfor holde os til dem. For Tap-Vuggelejer, hvor Berøringen finder Sted i en hel Flade, maa man derimod nøjes med de Tilnærmelsesberegninger, der gaa ud fra en eller anden Forudsætning angaaende Trykfordelingen eller Formforandringen.

Tap-Vuggeleje med cylindrisk Tap. Største Trykspænding σ paa Tappens Overflade optræder i Symmetriaxen, og herfra antager man sædvanligt Spændingen aftagende efter Loven: $\sigma_{\varphi} = \sigma \cos \varphi$ (Fig. 161). Med Betegnelserne:

- A... det totale Tryk,
- r... Cylinderfladens Radius,
- l... Tappens Længde,

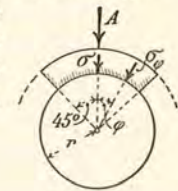


Fig. 161.

og naar Berøringen kun antages at finde Sted paa de 45° til begge Sider af A, faas da:

$$A = 2 \int_0^{\frac{\pi}{4}} \sigma_{\varphi} \cos \varphi \cdot l r d\varphi = 2 l r \sigma \int_0^{\frac{\pi}{4}} \cos^2 \varphi d\varphi, \quad (63)$$

$$r = \frac{0,8 A}{\sigma l}.$$

*) Se saaledes Winkler: Eiserne Brücken II, Wien 1872, S. 255, Häselser: Brückenbau, I, 1, Braunschweig 1888, S. 104 o. f., Tetmajer: Die Baumechanik, Zürich 1889, S. 147 (i 3^{die} Udg.: Angewandte Elasticitäts- und Festigkeitslehre, Wien og Leipzig 1905, S. 275, meddeles ogsaa en Række Forsøg), Bach i Z. d. V. d. I. 1889, S. 476; Oversigt af Weyrauch i Z. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hann. 1894, S. 131. Franske og amerikanske Forsøg ere omtalte i T. E., S. 260.

**) Gesammelte Werke I, Leipzig 1895, S. 155. Værdien af de tilladelige Paavirkninger i Formlerne er her taget efter Melan: Eiserne Brücken I, S. 392—93, og Schaper: Eiserne Brücken (3^{die} Udg. 1914), S. 536 o. f.

Sætter man heri (efter Melan) for Støbejern eller Staalstøbegods $\sigma = 1,2 - 0,4 \frac{1}{\text{cm}^2}$ for større — mindre Tryk A, faar man:

$$r \text{ (cm)} = 0,7 \frac{A}{l} \text{ à } 2,0 \frac{A}{l}, \quad \left(\begin{array}{l} A \text{ i Tons} \\ l \text{ i cm} \end{array} \right). \quad (63a)$$

Tap-Vuggeleje med Kugletap. Under den samme Forudsætning angaaende Spændingens Aftagen og med de samme Betegnelser som ovenfor haves her:

$$A = \int_0^{\varphi_0} \sigma_{\varphi} \cos \varphi \cdot 2\pi r \sin \varphi \cdot r d\varphi = 2\pi r^2 \sigma \int_0^{\varphi_0} \cos^2 \varphi \sin \varphi d\varphi,$$

hvor φ_0 betyder den halve Centrivinkel til Berøringsfladen, altsaa:

$$r = 0,69 \sqrt{\frac{A}{\sigma(1 - \cos^3 \varphi_0)}}. \quad (64)$$

For $\varphi_0 < 45^\circ$ bruges denne Formel direkte; for $\varphi_0 \geq 45^\circ$ regnes som ovenfor $\varphi_0 = 45^\circ$, hvorved man, med de samme Værdier af σ som ved Cylindren, finder:

$$r \text{ (cm)} = 0,8 \sqrt{A} \text{ à } 1,4 \sqrt{A}, \quad (A \text{ i Tons}) \quad (64a)$$

For to Cylindre, der berøre hinanden langs en Frembringer, haves, idet der anvendes følgende Betegnelser:

- A... det totale Tryk,
- r_1, r_2 ... Radierne, positive for konvekse, negative for konkave Flader,
- E_1, E_2 ... Elasticitetskoefficienterne for de to Legemers Materialer,
- ϵ_1, ϵ_2 ... de reciproke Værdier af Elasticitetskoefficienterne,
- l... Berørings-Frembringerens Længde,
- σ ... største Trykspænding:

$$\sigma = 0,6 \sqrt{\frac{A}{l(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)}, \quad (65)$$

eller

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2,78 \sigma^2 (\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot \frac{l}{A}. \quad (65a)$$

Heri kan man sætte:

- for Støbejern: $E = 1000 \frac{1}{\text{cm}^2}, \sigma = 4 \frac{1}{\text{cm}^2},$
- > Blødt Staal: $E = 2150 \quad , \quad \sigma = 5 \quad ,$
- > Staalstøbegods: $E = 2200 \quad , \quad \sigma = 6 \quad ,$

og faar da:

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{l}{k \cdot A}, \quad \left(\begin{array}{l} r \text{ og } l \text{ i cm} \\ A \text{ i Tons} \end{array} \right), \quad (65b)$$

hvor

- for Støbejern mod Støbejern: $k = 11,2,$
- > " " Staalstøbegods: $k = 15,5,$
- > Staalstøbegods mod Staalstøbegods: $k = 11,0,$
- > Blødt Staal mod Blødt Staal: $k = 15,5.$

I Anvendelserne er i Almindelighed den numerisk største af Radierne (r_2 i Fig. 162) negativ. Naar $r_1 : r_2 < \text{ca.} -0,8$, giver (63a) større Dimensioner end (65b).

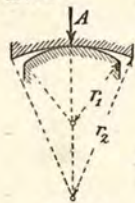


Fig. 162.

For Berøring mellem en Plan og en Cylinder sættes i (65b): $r_2 = \infty$, saa Cylindrens Radius skal være:

$$r = 11,0 \frac{A}{l} \text{ à } 15,5 \frac{A}{l}. \quad (65c)$$

For to Kugler, der berøre hinanden i et Punkt, haves med de samme Betegnelser som for Cylindrene:

$$\sigma = 0,625 \sqrt[3]{\frac{A}{(\epsilon_1 + \epsilon_2)^2} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)^2}, \quad (66)$$

eller

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2,0 \sigma^{\frac{3}{2}} (\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot \frac{1}{\sqrt{A}}. \quad (66a)$$

Her er det mere tvivlsomt, hvilke Værdier af σ man kan regne med, fordi man nemlig i det hele ikke har saa mange Erfaringer med denne Slags Lejer. Indfører man de samme Tal for E og σ som for Cylindrene, faar man:

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{k\sqrt{A}}, \quad (66b)$$

- hvor for Støbejern mod Støbejern: $k = 31,$
- > " " Staalstøbegods: $k = 43,$
- > Staalstøbegods " " : $k = 37.$

Men det er forøvrigt sandsynligt, at man nok her kunde regne med noget større Værdier af σ , idet Materialet er endnu noget mere hindret i at vige ud til Siden end ved Berøring langs en hel Linie. Indfører man, hvad i og for sig synes ganske rimeligt, dobbelt saa store σ som ovenfor, skulle de angivne Størrelser k divideres med 2,83, saa man i de tre Tilfælde faar $k = 11,0, 15,2, 13,3.$

Ogsaa her er den ene af Radierne i Almindelighed negativ.

For Berøring mellem en Plan og en Kugleflade sættes $r_2 = \infty$, hvormed (66b) giver:

$$r = k \sqrt{A}, \quad (66c)$$

hvor k har samme Værdier som ovenfor.

Vi gaa nu over til Beskrivelsen af de enkelte Lejekonstruktioner, hvorved vi dog ikke ses ved Omtalen af Dragerne ville gøre nogen Forskel paa lettere og sværere Konstruktioner. Forskellen viser sig nemlig her mere i Dimensionerne end i selve Anordningen.

1. Pladelejer (Underlagsplader, faste og Glidelejer). Smaa valsede Bjælker i en Etageadskillelse lægges direkte paa Muren, og naar Trykket pr. cm^2 paa den Maade bliver for stort, nøjes man ofte med at indskyde en Underlagsplade af smedeligt (valset) Jærn. Ved lidt større Tryk bruger man ordentlige Underlagsplader (med Styrelister) af Støbejern, og kun for de sværeste Brodragere, for hvilke man endnu anvender Pladelejer, gaar man over til Staalstøbegods.

Den simpleste Form for en Underlagsplade (for valsede Bjælker o. l.) ses i Fig. 163; den hviler paa Muren med en plan Underside og er paa Oversiden forsynet med et Par 10—20mm fremspringende

$r = 11 \cdot \frac{22.5}{30} = 8.25 \text{ cm}$ 15.5 30 $d = 23.2$

72.5
30

$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2.78 \cdot 16 \left(\frac{2}{1100} \right) \frac{1}{A}$
 $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2.78 \cdot 15 \frac{2}{2150} \frac{1}{A}$
 $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2.78 \cdot 15 \frac{2}{2200} \frac{1}{A}$

mod staalstøbegods
 $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2.78 \cdot 15 \frac{2}{2150} \frac{1}{A}$
 $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = 2.78 \cdot 15 \frac{2}{2200} \frac{1}{A}$

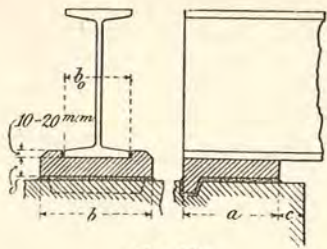


Fig. 163.

Lister til Styring for Dragerfoden. Pladens Stilling bør i Almindelighed sikres ved en Tværribbe (af 30—50 mm Højde og Tykkelse), der hugges ned i Muren og støbes fast med Cementmørtel, samtidig med at Pladen understøbes. Ribben kan anbringes ved Bagenden af Pladen (Fig. 163) eller midtvejs, det sidste bedst ved tynde Mure. Bredden b maa af Hensyn til

Styrelisterne mindst være 4—5 cm større end Bredden af Dragerfoden, Længden a maa helst være mindre end eller højst lig b (f. Ex. $a = \frac{3}{4} b$). Naar Drageren bøjer sig ned, vil Trykket nemlig, som tidligere omtalt, komme til at virke lige ved Forkanten, og for ikke at faa en altfor stor Flytning af Trykket bør man da holde Længden a lille. Ligeledes af Hensyn til, at Trykket kan komme til at virke lige ved Forkanten af Pladen, bør Afstanden c herfra til Kanten af Muren mindst være 5—10 cm efter Trykkets Størrelse.

For Underlagspladen i Fig. 163 for valsedede Bjælker kan man i det hele sætte:

$$\left. \begin{aligned} \min b &= b_0 + 4 \text{ à } 5 \text{ cm}, & a &= 0,75b \text{ à } 1,0b, & c &= 5-10 \text{ cm} \\ \text{og efter Scharowsky:*)} & & \delta &= 1,5 + \frac{1}{2}h \text{ cm}, \end{aligned} \right\} (67)$$

hvor h er Bjælkens Højde.

Hvis Underlagspladen med disse Dimensioner ikke faar tilstrækkeligt Areal for Trykfordelingen, maa man forøge Bredden (og maaske ogsaa Længden noget i Forhold dertil), og man bruger da et Tværnsnit af Pladen som et af de to i Fig. 164 viste. Den ved (67) bestemte Tykkelse bliver i saa Fald næppe tilstrækkelig, men den kan beregnes som for en Bjælke, der er indspændt i den ene Ende (Midten i Fig. 164) og ensformigt belastet paa Over- og Undersiden med de i Figuren viste Kræfter, eller (forsigtigere) ensformigt belastet paa Undersiden alene, medens Trykket paa Oversiden tænkes koncentreret i Midtlinien eller dog fordelt over en noget mindre Bredde end Dragerfodens.

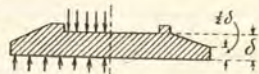


Fig. 164.



Fig. 165.

Naar en Drager bestaar af flere (indbyrdes forbundne) Bjælker, bruger man om muligt en fælles Underlagsplade (Fig. 165); Tykkelsen beregnes paa lignende Maade som i Fig. 164.

En noget bedre Form af Underlagspladen ses i Fig. 166; den er her pyramidestub-formet og sædvanlig kvadratisk. Der opnaas herved, at Trykket ikke kan komme saa tæt til Pladens Forkant, selv naar Drageren bøjer sig ned. Endnu bedre er det i saa

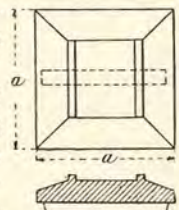


Fig. 166.

*) Musterbuch für Eisenkonstruktionen (4de Udg. 1908, ved Kohnke), S. 124.

Henseende at gøre Pladens Overside svagt hvælvet, hvorom nærmere nedenfor.

Ved Lejer for noget større Dragere (Brodragere eller Spærfag) lader man, som tidligere nævnt, ikke Dragerfoden hvile umiddelbart paa Underlagspladen, men indskyder som Mellemed en kort Plade, sædvanlig af almindeligt valset Jærn eller (sjældent) noget haardere Staal, 13—26 mm tyk, nittet eller boltet til Dragerfoden (Fig. 167, hvor den er skraveret for at adskille den fra Dragerfoden; men Skraveringen betyder altsaa ikke nødvendigvis et andet Materiale). Ved et fast Leje kan man bore Huller i Støbe-

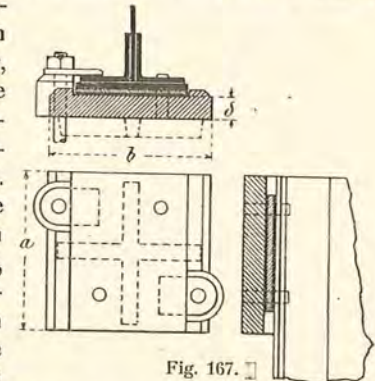


Fig. 167.

jærnspladen for Nitte- eller Bolte-hovederne, ved et Glideleje kan man udspare Riller for disse Hoveder, men i begge Tilfælde er det simplere at forsænke Hovederne. Mellemladens Underside og Underlagspladens Overside afhøvles nøjagtigt. Underlagspladen kan iøvrigt have de samme to Hovedformer som ovenfor beskrevet i Fig. 163 og 166, se Fig. 167—68. Ved at gøre Mellemladens kortere end Underlagspladen kan man i Fig. 167 opnaa den samme Fordel som i Fig. 168, at Trykket ikke kan komme til at virke tæt ved Forkanten. Ved et Glideleje kan det indvendes mod denne Anordning, at der let samler sig Snavs ved Enderne, hvad dog næppe betyder saa meget, at man af den Grund skulde lade være at bruge den.

For Brodragere over 6—8 m Længde og ligeledes for Spærfag o. l. gaar man nu bort fra de plane Berøringsflader og anvender en hvælvet Overflade af Underlagspladen (Fig. 168). Radius til Afrundingen kan beregnes efter (65 c), men gøres i Almindelighed større, f. Ex. efter Vianello:*)

$$r(\text{cm}) = 45 + 0,8A \quad (A \text{ i Tons}). \quad (68)$$

Ved disse Konstruktioner viser Forskellen mellem det faste og det bevægelige Leje sig egentlig kun derved, at der ved det faste Leje er truffet særlige Foranstaltninger for at hindre Bevægelsen. Disse kunne bestaa i:

at der er boret Huller ned gennem Dragerfod og Underlags-

*) Der Eisenbau (2den Udg.), S. 554. For de andre Dimensioner i Fig. 168 sætter Vianello, idet Trykket A stadig er angivet i t, Længderne i cm (Materiale: Støbejærn; brugeligt op til $A = \text{ca. } 40 \text{ t}$):

$$\begin{aligned} a &= 24 + 0,6A, & h_1 &= \frac{1}{5}r, & \delta &= 1,6\sqrt{A}, & h_2 &= 4h_1, \\ c &= 2 + \frac{1}{5}A, & \text{Ribben paa Undersiden} && & & & 0,9a \text{ lang,} \\ & & \text{Vægt af Pladen} && & & & = 2,6A + (\frac{1}{5}A)^2 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Trykket paa Murværket overskrider hermed ikke 18 kg/cm².

plade og heri neddrevet eller skruet svagt koniske Dorne eller Skruer (se Fig. 167);

at en enkelt Dorn er fastgjort i Underlagspladens Midtpunkt og kun stikker op i et Hul i Mellempladen (Fig. 7, Pl. 2); Dornen her kan ogsaa erstattes med et firkantet eller rundt Fremspring, der er støbt i ét med Underlagspladen og passer op i et Hul i Mellempladen (Fig. 170);

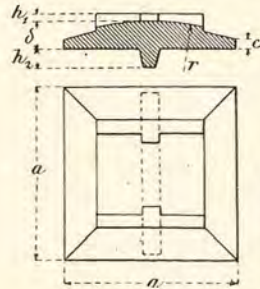


Fig. 168.

at Styrelisterne paa Siderne have Fremspring, der passe ind i tilsvarende Indhak i Dragerfoden eller (bedre) kun i den omtalte Mellemplade; denne gøres da saa meget bredere end Dragerfoden, at Indhakkene kun naa ind til Kanten af Foden (Fig. 168).

Undertiden foretrækkes den i Fig. 169 viste Konstruktion med en støbt Overdel, der griber ned over Underlagspladen; der opnaas nemlig ved saaledes at sætte Styrelisterne paa Overdelen, at der ikke kan samle sig Snavs paa Glidefladen. Man har endog, som punkteret til venstre i Fig. 169, anbragt Smørehuller, lukkede med Skruer, ved Hjælp af hvilke konsistent Smørelse skulde kunne presses ind mellem Glidefladerne. — Der er neppe nogen Grund til at anvende denne dyrere Konstruktion undtagen ved de største Dimensioner, hvor man endnu vil bruge Pladelejer; Materialet er da Staalstøbegods, og Oversiden af Underlagspladen hvælvet. Fig. 170 viser (efter

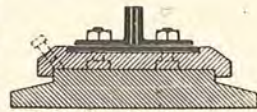


Fig. 169.

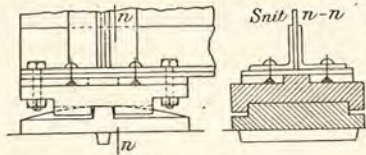


Fig. 170.

Schaper*) et saadant Leje; en relativ Forskydning af Over- og Underdel paa tværs umuliggøres af Styrelisterne, en Forskydning paa langs af de Tænder, hvormed Underdelen griber op i Overdelen, men Vuggebevægelsen hindres ikke herved; dette sidste Hensyn maa man naturligvis altid tage, naar der som her anvendes hvælvet Underlagsplade (se ogsaa Fig. 6—7, Pl. 2). Endvidere ses i Fig. 170 en valset Mellemplade, der er nittet til Dragerfoden med forsænkede Nitter, og som har et firkantet Hul, hvori en paa Lejets Overdel paastøbt Knast passer nøjagtigt op; denne Forbindelse passer dog mindre godt ved de forholdsvise smaa Lejer her, men anvendes nu hyppigt ved større Lejer, hvor saa tilmed Boltene gennem Dragerfod og Overdel kunne undværes. — Ved et Glideleje udelades blot de omtalte Tænder paa Underdelen og de tilsvarende Huller i Styrelisterne.

Endnu tilføjes blot, at man ved Pladelejer ofte skaffer sig en Forankring af Drageren paa den i Fig. 167 og i Fig. 7, Pl. 2, viste

*) Eiserne Brücken (1ste Udg.), S. 346.

simple Maade. Under Møttrikkerne for de Bolte, der fastholde Underlagspladen til Muren, lægges som Underlagsskive en Klemplade, der griber ind over Dragerfoden eller maaske blot over den til Foden nittede Mellemplade, hvis denne er bredere.

Tykkelsen baade af Over- og Underdel i et Leje som i Fig. 169—70 bestemmes paa lignende Maade som ovenfor angivet ved en Bøjningsberegning, idet Reaktionen paa den ene Side af Pladen regnes ensformig fordelt, paa den anden koncentreret i en Linie. I Fig. 167 kan man tænke sig den Bjælke, hvis Tykkelse skal beregnes, liggende paa tværs og gøre den ugunstige Antagelse, at Trykket paa Oversiden virker koncentreret i Dragerens Midtlinie eller dog kun fordelt over en ringe Bredde (f. Ex. kun lig Tykkelsen af Kroppladen + de lodrette Vinkeljærnsflige eller lidt mere).

For Pladejærnsdragere til Broer angiver Winkler*) den empiriske Formel:

$$\text{Tykkelsen } \delta \text{ cm} = 4 + 0,09 L, \quad (69)$$

hvor L er Dragerlængden i Meter. For Ribberne paa Undersiden angiver han $0,8\delta$ Højde, $0,6\delta$ Middelttykkelse, Boltediametren til Fastgørelse af Lejet $\frac{3}{4}\delta$. Disse empiriske Regler behøver man dog ikke at holde sig altfor nøje til.

Tal eksempel. Man skal konstruere Lejerne for det paa Pl. 2 behandlede Spærfag. — Største Reaktion for Egenvægt + Snetryk er $5,07\text{ t}$, den lodrette Komposant af Reaktionen for Vindtryk $1,66\text{ t}$, den vandrette $1,73\text{ t}$.

Største lodrette Tryk paa Lejet er altsaa $5,07 + 1,66 = 6,73\text{ t}$. Med Størrelsen $25 \times 27\text{ cm}$ af Underlagspladen bliver Trykket paa Murværket $\frac{6730}{675} = 10\text{ kg/cm}^2$, d. v. s. det er tilstrækkeligt at mure nogle Skifter under Lejet i Cementmørtel.

For at danne en Fod, hvormed Spærfaget kan hvile paa Lejet, er der til Knudepladen over Lejet nittet et Par korte Stykker Vinkeljærns, og under disses vandrette Flige er med 4 forsænkede Nitter befæstet en 15 mm tyk, afhøvlet Mellemplade af Blødt Staal. Ved det faste Leje hindres Bevægelsen af en 26 mm Dorn, der er drevet fast ned i et Hul i Underlagspladen og som en Tand griber op i Mellempladen (se Fig. 6 og 7, Pl. 2).

Underlagspladen har en konvex Overflade med Radius 500 mm (Formel (68) giver $r = 45 + 0,8 \cdot 6,73 = 50,4\text{ cm}$). Naar Pladen betragtes som en Bjælke, der er indspændt i Midtertværnsnittet og ensformigt belastet paa Undersiden, bliver største bøjende Moment $= \frac{1}{2} \cdot 6,73\text{ t} \times \frac{1}{2} \cdot 25\text{ cm} = 21030\text{ kg cm}$. For det rektangulære Midter-Tværsnit (uden Hensyn til Styrelisterne) med Tykkelsen δ og den nyttige Bredde $20,4\text{ cm}$ (Hullet for Dornen samt de to Boltehuller fradragne) er Modstandsmomentet $\frac{1}{12} \cdot 20,4 \cdot \delta^2$, og med 250 kg/cm^2 findes da den nødvendige Tykkelse δ af: $250 \cdot \frac{1}{12} \cdot 20,4 \cdot \delta^2 = 21030$, $\delta = 4,98\text{ cm}$; Tykkelsen er gjort 5 cm .

*) Eiserne Brücken, II, S. 237.

Den 26mm Dorn har et Tværnsnitsareal paa $5,3\text{cm}^2$; den vandrette Komposant af Reaktionen frembringer altsaa kun en Forskydningspaavirkning paa $\frac{1730}{5,3} = 326\text{ kg/cm}^2$.

Fastgørelsen til Muren ved en nedhugget Ribbe langs Bagkanten og to Stkr. $\frac{3}{4}$ " Bolte med 13mm Klemplader ind over Dragerfoden ses paa Tegningen.

2. Vuggelejer. Materialet er sædvanlig Staalstøbegods, kun ved mindre Tryk Støbejern.

Tangential-Vuggelejer ses i Fig. 171—73. Underdelen er i Fig. 171 forsynet med Ribber over Kors til Befæstelse paa Murværket, Overdelen har i Stedet for Styrelister kun fire Knaster i Hjørnerne og befæstes forøvrigt med fire Skruebolte. I Stedet for Styrelister eller Knaster langs Siderne af Dragerfoden bruger man nu ofte Konstruktionen fra Fig. 170 med en central Knast, der griber op i et Hul i Mellemladen

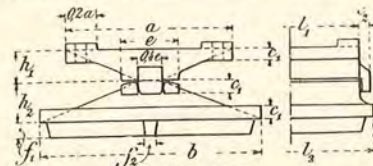


Fig. 171.

(Fig. 173). Dette gælder ogsaa de følgende Lejer.

Overdelens Underside er plant afhøvlet, Underdelens Overside afrettet efter en Cylinderflade, saa Berøringen finder Sted langs en Frembringer. I Fig. 172 er Underdelen gjort særlig høj for at faa samme Totalhøjde som for det bevægelige (Vugge- og Rulle-) Leje ved den anden Ende af Drageren, og den er derfor delt i to Stykker; det nederste af disse gøres i saadanne Tilfælde ofte af Støbejern. Den gensidige Forskydning af Over- og Underdel hindres enten som i Fig. 171 ved paa Siderne paastøbte Knaster, der gribe ind mellem hinanden som Tænderne paa et Tandhjul (og formes derefter), eller som i Fig. 172 ved Dorne (sædvanlig to, begge anbragte i Midterplanen), der drives fast i Underdelen og gribe op i Huller i Overdelen; Dornenes øvre Ende er forjynget, saa Vuggebevægelsen ikke hindres. I Fig. 172 tjene Dornene til Forbindelse af alle de tre Dele, hvoraf Lejet her bestaar.

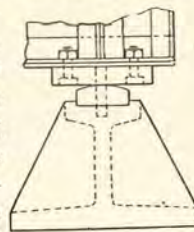


Fig. 172.

Fig. 173 viser den sjældnere Konstruktion, hvorefter der er anvendt Berøring mellem to Kugleflader med forskellig Radius i Stedet for mellem Cylinder og Plan. Underdelen har her i Stedet for Ribber kun fire Knaster i Hjørnerne. I Almindelighed er det mere praktisk (navnlig for Bearbejdelsen) at dele Underdelen ligesom i Fig. 172.

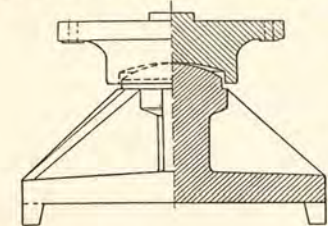


Fig. 173.

Radius til Cylinderfladen beregnes efter (65c), hvorved dog maa regnes rigeligt. Over- og Underdelens Tykkelse bestemmes efter det bøjende Moment; Overdelens Længde gøres ikke større end lige nødvendigt for Forbindelsen med Dragerfoden, idet Tykkelsen aftager med Længden. Til Overførelse af den vandrette Komposant af Reaktionen vil sædvanlig Friktionen være tilstrækkelig; ifølge Vianello*) kan den regnes til $0,25 \times$ det lodrette Tryk.

Tap-Vuggelejer med cylindrisk Tap ses i Fig. 174—76. Der anvendes en løs cylindrisk Tap med Bryst ved begge Ender for at hindre Forskydning, sjældnere er Tappen som i Fig. 176 støbt i ét med Underdelen og den gensidige Forskydning hindret ved et Pladestykke, der er skruet fast til Overdelen for Enderne af Tappen, eller ved et Par Dorne ligesom i Fig. 172. Konstruktionen i Fig. 176 kan være praktisk, naar den disponible Højde er

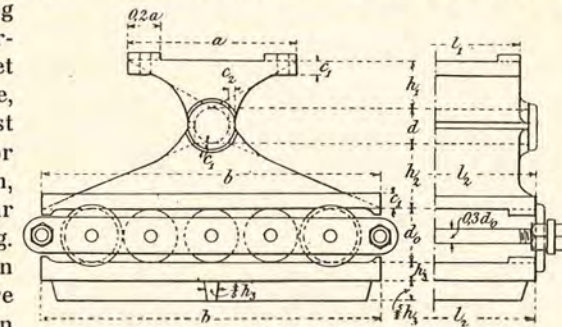


Fig. 174.

knæben (den nyttige Tykkelse af Underdelen er større end med en løs Tap), men Bearbejdelsen er vanskeligere; den omvendte Anordning — Tappen støbt i ét med Overdelen — er ikke anbefalelsesværdig, da der her lettere kan trænge Støv og Fugtighed ned mellem Berøringsfladerne.

Over- og Underdel kunne være massive som i Fig. 174 eller opløste i forholdsvis tynde Plader og Ribber som i Fig. 175; det sidste kræver en større Højde, men giver den sikreste Støbning.

*) Der Eisenbau (2den Udg.), S. 551—52. For Lejet i Fig. 171 angiver Vianello som passende Dimensioner op til $A = \text{ca. } 120\text{t}$, med Staalstøbegods som Materiale, idet A er udtrykt i t, alle Længder i cm, kun $L = \text{Dragerlængden i Meter}$:

$$a = 10 + \frac{A}{3}, \quad l_1 = 32 + \frac{A}{15}, \quad h_1 = 1,65 + 7,5 \frac{A}{100},$$

$$b = 26 \frac{A}{l_2}, \quad l_2 = 36 + \frac{A}{11}, \quad h_2 = \frac{48A}{400 + A},$$

$$c_1 = 1,5 + \frac{A}{50}, \quad c_2 = 0,85c_1, \quad e = \frac{1}{3}L + 4, \quad f_1 = c_1 + 2, \quad f_2 = 0,6f_1.$$

$$\text{Totalvægt omtrent} = 0,22A \sqrt{A} \text{ kg.}$$

For Støbejern multipliceres h_1 og h_2 med 2, c_1 med 1,5, Vægten med 1,8. — Trykket paa Murværket bliver hermed 39 kg/cm^2 ; en anden Størrelse af dette Tryk fører naturligvis gennemgaaende til andre Dimensioner.

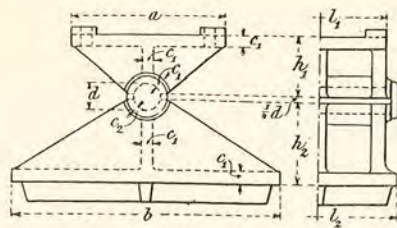


Fig. 175.

Det almindeligste er maaske at gøre Overdelen massiv og opløse Underdelen i Plader og Ribber; det sidste er praktisk for at faa samme Højde som af Rullelejet ved den anden Ende af Drageren, og der kan maaske spares noget ved at bruge Støbejern til Underdelen. For Støbningens og Vandafledningens Skyld lader man

bedst Fodpladens Tykkelse aftage ud mod Kanten (Fald ca. 1:20). Naturligvis kan Konstruktionen i Fig. 174 godt anvendes ved et fast Leje og Fig. 175 sættes ovenpaa et Rulleleje*).

I Fig. 176 er Underdelen vist todelt; den nederste Plade fastgøres paa Murværket paa sædvanlig Maade, og paa den kan den øverste Del anbringes i noget forskellige Stillinger ved Hjælp af Kiler. Der skulde herved opnaas en lettere og sikrere Opstilling, men Delingen er i Virkeligheden unødvendig, undtagen hvor der af en eller anden Grund maaske kræves en særlig stor Nøjagtighed (f. Ex. ved Buedragere; se J. K. III, S. 450). Naturligvis kan samme Anordning træffes ved Tangential-Vuggelejer.

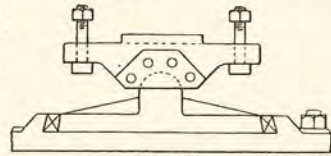


Fig. 176.

Tapdiametren bestemmes efter (63a), idet der regnes rigeligt ($d_{\min} = 6,5 \text{ cm}$). Over- og Underdel beregnes for Bøjning; ved Støbejern tillader man sig ofte at regne med Pladerne alene og se bort fra Ribberne, naar disses Højde ikke er ret stor.

*) Her anføres ligesom ovenfor de af Vianello (Der Eisenbau, 2den Udg., S. 546—48) angivne Dimensioner for Staalstøbegods som Materiale (A i t, Længder i cm, kun Dragerlængden L i Meter), da de i alt Fald kunne tjene som Vejledning:

og for Fig. 174:

$$d = 1 + \frac{1,6 A}{l_1},$$

$$a = 30 + \frac{A}{10}, \quad l_1 = 32 + \frac{A}{15}, \quad h_1 = \sqrt{A - 30}, \quad c_1 = 3 + \frac{A}{200},$$

$$b = 23 \frac{A}{l_2} + \frac{L}{12,5}, \quad l_2 = 36 + \frac{A}{11}, \quad h_2 = \frac{53 A}{435 + A}, \quad c_2 = 2 + \frac{A}{400};$$

Vægt omtr. = $\frac{A}{100} (180 + 0,55 A) \text{ kg};$

for Fig. 175: $h_1 = 1,36 \sqrt{A}, \quad h_2 = 2,40 \sqrt{A} - 8,$

Totaltykkelse af Ribberne (3 eller flere) $s = 7 + \frac{A}{40},$

Vægt omtr. = $\frac{A}{100} (150 + 0,45 A) \text{ kg}.$

Trykket paa Murværket er hermed ca. $44 \text{ kg/cm}^2.$

Dimensionerne af saadanne Ribbe-Legemer som i Fig. 175 bestemmes forøvrigt praktisk og simpelt (efter Müller-Breslau*) paa følgende Maade. Man slaar paa Forhaand fast, at Tyngdepunktet skal ligge i Højden $\frac{1}{3}h$ (se Fig. 177), og med Betegnelserne i denne Figur og med Ribbernes Antal lig z faas da: for $h:\delta = 3, 4, 5, 6,$

$$\frac{b}{z \delta'} = \beta = 4,0, 4,2, 4,6, 5,0;$$

Modstandsmomentet W^0 for de øverste Fibre varierer da for de angivne Værdier af $h:\delta$ saalidt, at man kan regne det konstant:

$$W^0 = 0,225 z \delta' h^2 = 0,225 \frac{b}{\beta} h^2. \quad (70)$$

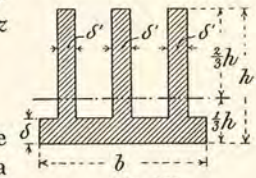


Fig. 177.

Man vælger $h:\delta$, bedst mellem 3 og 5, tager Værdien af β fra de anførte Tal og har saa strax W^0 . Spændingen i de nederste Fibre er halv saa stor som i de øverste (af Betydning ved Støbejern).

Paa Grund af Friktionen kommer Trykket P til at virke med en Excentricitet $= 0,2 \cdot \frac{d}{2} = 0,1d$ (Friktionskoefficient = 0,2), hvortil der bør tages Hensyn ved Beregning af Overdelens Tykkelse ($M_{\max} = \frac{1}{2} A \cdot \frac{1}{2} a + 0,1 A d$).

Fig. 178 viser et Tap-Vuggeleje med Kugletap, saaledes som der kan være Tale om at anvende det for brede Broer. Det vil her i Almindelighed passé bedre at opløse Underdelen i en Fodplade og Ribber ligesom i Fig. 173 og som ved en Søjlefod (se § 14).

Kuglens Radius kan bestemmes ved (64a), Over- og Underdel beregnes som sædvanligt for Bøjning.

3. Rullelejer. Almindelige Rullelejer med cylindriske Ruller ses i Fig. 174, 180—82 og 191. Rullerne maa være nøjagtigt afdrejede med samme Diameter for saa vidt muligt at sikre en ensformig Trykfordeling. Materialet er smedet haardt Staal eller Staalstøbegods ved større, Støbejern ved mindre Tryk; man har ogsaa anvendt (afdrejet) valset Rundjern (Axelstaa), men dette Materiale er blødere og egner sig derfor mindre godt. Tidligere, da man brugte Støbejerns Ruller ogsaa til større Lejer, har man ofte gjort dem hule.

Naar der anvendes to eller flere Ruller, holdes deres Axer parallelle ved Hjælp af en Ramme, hvis Sidestykker sædvanlig dannes af svært Fladjærn, Endestykkerne af Rundjærns Bolte med Møttrik paa udvendig Side af Fladjærnene og enten med et Bryst eller som i Fig. 174 en Møttrik paa indvendig Side. I Rullernes Endeflader er der indsat (indskruet eller indsat under

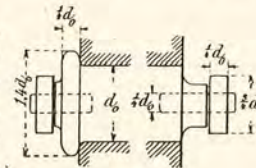


Fig. 179.

*) Schaper: Eiserne Brücken, 3die Udg. 1914, S. 532—33.

Opvarmning af Rullerne) Tappe, der gribe ind i Huller i Rammens Sidestykker; Fig. 179 viser nogle Enkeltheder ved Enderne af Rullerne. Undertiden ere alle Tappene skrueskaarne og forsynede med Møttrik udenfor Rammen, men i saa Fald ere dennes Endestykker i Virkeligheden overflødige og kunne udelades; i andre Tilfælde har man ladet Rammens Endestykker falde sammen med de to yderste Ruller og kun forsynet disses Tappe med Møttrikker (Fig. 182). Rammen kan ogsaa nittes sammen af Vinkeljærn e. l., hvilket giver større Stivhed.

Fig. 180 og 181 vise Lejer med én Rulle; her gælder det kun om at sikre den rigtige Retning af Rullen, og hertil er i Figurerne

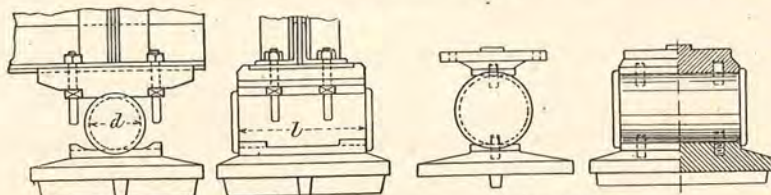


Fig. 180.

Fig. 181.

anvendt Bryster paa Rullen (Fig. 180) og Dorne (Fig. 181; de nederste Dorne sidde fast i Underdelen, de øverste i Rullen). Ogsaa de nedenfor omtalte Riller og Tænder (se Fig. 182) kunne benyttes. — Et Leje med to Ruller ses i Fig. 182. Her ere Rullerne holdt parallelle ved et Par vandrette Fladjærn, som omtalt, men desuden er der tilføjet nogle lodrette Fladjærn, der ligge i Riller i Rullernes Endeflader, og som med deres tandformede Ender gribe ind mellem Knaster paa Lejets Over- og Underdel, og endelig er der i hver Rulle midtvejs en inddrejet Rille, der griber om fremspringende Lister paa Over- og Underdelen. Naturligvis ere alle disse Foranstaltninger ikke nødvendige paa én Gang.

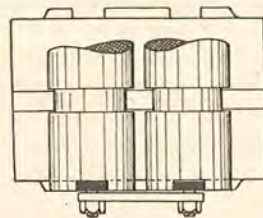
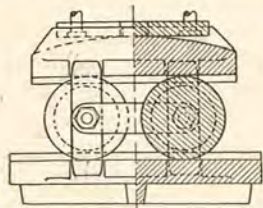


Fig. 182.

Overførelsen af de vandrette Kræfter iværksættes og Forskydning af Rullerne i Forhold til Lejets Over- og Underdel hindres ved de allerede omtalte Midler. Man kan saaledes forsyne Rullerne med et Bryst for Enderne (Fig. 179; strengt taget behøves det kun for de to yderste Ruller (Fig. 174), men ofte tilføjes det paa dem alle), eller man kan anvende en inddrejet Rille i Rullerne (Fig. 182) eller Dorne (Fig. 181) eller endelig Tænder, der gribe ind mellem paastøbte Knaster paa Over- og Underdel (paa lignende Maade som i Fig. 186; simplere erstattes de paastøbte Tænder med løse Fladjærn som i Fig. 182). Ikke saa godt er det at anbringe Styrelister paa Siderne af Over- og

Underdel, navnlig ikke paa Underdelen, da Støv og Vand saa ikke kan komme bort fra Mellemrummene mellem Rullerne.

Hypigt, men langt fra altid, sætter man en Grænse for Rullebevægelsens Størrelse ved paa Over- og Underdel at tilføje Knaster ved Enderne (Fig. 174); heller ikke her bør man bruge gennemgaaende Lister. Derimod kunne de omtalte Dorne eller Tænder ogsaa gøre Tjeneste i saa Henseende; i Fig. 180 fungere Boltene tillige som Stoppere.

Om Overdelen i Rullelejet er der intet nyt at tilføje, ud over hvad der er meddelt under Vuggelejer. Underdelen er ganske simpelt en Plade, hvorpaa Rullerne kunne løbe; hvis det er nødvendigt af Hensyn til Trykket paa Murværket, kan den godt gøres bredere end vist i Fig. 174, kun at den da, naar Rullerne ere forsynede med Bryster, maa have en ophøjet Bane for Rullerne. Den fastgøres til Pillen ved nedstøbte Ribber eller Bolte.

Til Bestemmelse af Rullernes Antal n , Diameter d_0 (min. $d_0 = 6,5$ à $8,0$ cm) og Længde l har man (65c). Denne Formel kan uden videre anvendes, naar der kun er én eller to Ruller, idet Trykket paa den enkelte Rulle da er ganske bestemt. Med flere Ruller kan man derimod ikke vente en helt ensformig Fordeling af Trykket og bør derfor regne noget sikrere. Idet A betegner hele Reaktionen i Tons, medens l og d_0 ere udtrykte i cm, kan man da sætte:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Støbejærn} \quad \text{mod Støbejærn:} \quad n l d_0 = 23 A, \quad n l d_0 = 30 A, \\ \text{Staalstøbegods} \quad \text{Staalstøbegods:} \quad n l d_0 = 31 A, \quad n l d_0 = 40 A, \\ \text{Staalstøbegods} \quad \text{Støbejærn:} \quad n l d_0 = 22 A, \quad n l d_0 = 25 A. \end{array} \right\} (71)$$

Mellemrummene mellem Rullerne (Brysterne) gøres 0,5–1,0 cm. — Underlagspladen beregnes for Bøjning*, idet man nøjagtigt nok regner den simpelt understøttet i Røringslinierne med Rullerne og ensformigt belastet paa Undersiden; af Hensyn til Kontinuiteten kan Momentet formindskes med ca. 20%.

Talexempel. For Pladejærnsdrageren i Talexemplet i § 9 er der fundet (se Fig. 3, Pl. 1), at største Reaktion fra lodret Belastning alene er 38,1 t. Ved Vind- og Bremsetryk forøges Reaktionen til højst 41,7 t, og regnes hermed, faas med én Rulle (Støbejærn) efter (71): $l d = 23 \cdot 41,7$, hvoraf med $d = 20 - 25$ cm: $l = 48 - 38$ cm. Dragerfoden er 25 cm bred, saa Overdelen af Lejet skal naa 11,5–6,5 cm udenfor til begge Sider; dette kan nok opnaas uden nogen uforholdsmæssig Tykkelse af Overdelen, saa Lejekonstruktionen i Fig. 180 eller 181 kan endnu nok anvendes for denne Drager.

* Vianello sætter dens Tykkelse til: $h_3 = 4 + \frac{A}{150}$ cm, og endvidere angiver han:

$$\begin{array}{l} \text{Totalvægt af Vugge- og Rullelejet i Fig. 174 (Staal)} = \text{ca. } \frac{A}{100} (410 + A) \text{ kg,} \\ \text{» » et » » » som » } 175 (\text{ » }) = \text{ca. } \frac{A}{100} (390 + 1,05 A) \text{ kg.} \end{array}$$

$n \cdot d_0 = 31 A$
 $1 \cdot 30 \cdot d_0 = 31 \cdot 22,5$
 $d_0 = \frac{31}{30} \cdot 22,5$
 $d_0 = 23,2$

$27,5 \cdot 31 =$
 $35 \cdot d_0$
 $d_0 = 20$
 $35 d_0 = 22$
 $d_0 = 14,1$

$2 \cdot 30 \cdot d_0 = 25 \cdot 27,5$

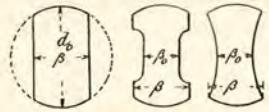


Fig. 183.

Segmentruller. Forskellige Former af disse Ruller ses i Fig. 183. Den parallelle Stilling maa her sikres ved to Rammer over hinanden (Fig. 184, hvor Rammernes Endestykker ere udeladte og til Gengæld alle Tappene eller dog de to yderste Rullers maa

tænkes forsynede med Møttrikker). Sideforskydning kan ligesom ovenfor hindres ved Bryster paa Rullerne, der dog besværliggøre Bearbejdelsen, ved Dorne eller ved at forsyne alle Rullerne med Tænder (lige som i Fig. 186), der gribe ind mellem Knaster paa Over- og Underdel. Ved Dorne eller Tænder faar man paa én Gang Rullerne holdt parallelle (saa Rammerne kunne udelades), Sideforskydning hindret og Bevægelsen begrænset; naar Rammerne alligevel anbringes, kan man ogsaa nøjes med Tænder paa den midterste eller paa de to yderste Ruller. I Stedet for paastøbte Tænder kan

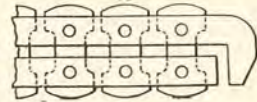


Fig. 184.

man ogsaa bruge lignende Fladjærn som i Fig. 182.

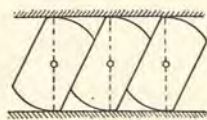


Fig. 185.

Til Begrænsning af Bevægelsen har man undertiden formet Rammerne ved Enderne som vist i Fig. 184. Sikrere er det at holde Mellemrummene mellem de enkelte Ruller saa smaa i Forhold til Rullebredden, at Rullerne komme til at ligge an mod hinanden som i Fig. 185,

inden den normale Berøring med Over- og Underdel er ophørt. Håselser*) angiver for Segmentruller (Betegnelser i Fig. 183):

$$\left. \begin{aligned} d_0 &\geq 5 + 0,2L \text{ cm } (L = \text{Dragerlængden i Meter}), \\ \beta &= 0,6d_0, \quad \beta_0 = 0,4d_0, \end{aligned} \right\} (72).$$

hvorefter (71) benyttes. For Rammerne kan man anvende de i Fig. 179 angivne Dimensioner, naar der i Stedet for d_0 sættes $0,5d_0$ à $0,6d_0$.

Rullelejer burde egentlig beskyttes mod Indtrængen af Snavs og Fugtighed ved at omgives med en aftagelig Kasse, f. Ex. skruet fast paa Overdelen, der maaske saa maatte gøres lidt længere og bredere end ellers nødvendigt. Det udføres dog temmelig sjældent.

4. Pendullejer. Fig. 186 viser et Pendulleje med Radius lig Højden. Den indbyrdes Stilling af de tre Lejeder er sikret ved Tænder paa Pendulet, der gribe ind mellem Knaster paa Over- og Underdel. Efter hvad der er meddelt om Tangential-

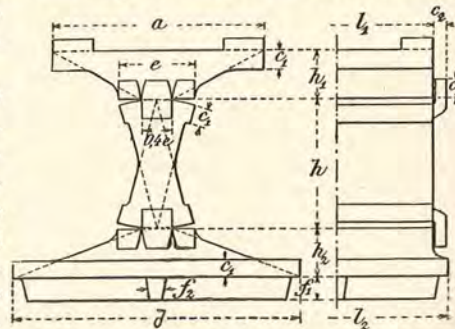


Fig. 186.

*) Der Brückenbau, I, 1, S. 116.

Vuggelejer og Rullelejer, er der forøvrigt intet at tilføje angaaende Konstruktionens Enkeltheder.

Naar Pendulets Radius r er større end dets halve Højde, vil, som tidligere omtalt (Fig. 156), enhver Bevægelse bort fra Midtstillingen bevirke en lille Løftning af Drageren, og idet Pendulets Røringslinier med Lejets Over- og Underdel ikke mere ligge lodret over hinanden, vil der fremkomme en vandret Reaktionskomponent H^*). Med Betegnelserne i Fig. 156 finder man, at en vandret Bevægelse A bort fra Midtstillingen vil bevirke

$$\left. \begin{aligned} \text{en Excentricitet } e &= (2r - h) \frac{A}{h}, \\ \text{en Løftning } \delta &= \frac{eA}{2h}, \\ \text{en Horizontalkomponent } H &= A \frac{e}{h}. \end{aligned} \right\} (73)$$

Største Værdi af H faas ved heri at sætte $e = \frac{1}{1200} L$ ($L =$ Dragerlængden); man maa sikre sig, at H_{\max} er mindre end den glidende Friktion. Af den Grund kan man ikke godt gaa højere op med Radius end omtrent til $r = 1,5h$. Kraften H kan man blive nødt til at tage Hensyn til ved Dragerens Dimensionering.

Pendulets Radius og Længde bestemmes ved (71), Over- og Underdel beregnes som sædvanligt for Bøjning**).

Indstillelige Lejer. Ovenfor er det nævnt, at man undertiden har delt Underlagspladen i Lejet i to Dele (Fig. 176) for at lette en nøjagtig Opstilling. Her var der tænkt paa en vandret Forskydning, men paa lignende Maade kan man naturligvis indskyde Kiler mellem de to Dele af Underlagspladen for at regulere Højden. Ved Vuggelejer kan man ogsaa foretage en Deling som i Fig. 172 og anvende et løst Tapstykke; dette kan enten selv formes som Kile, eller der kan anbringes Kiler under det (begge Konstruktioner ses i J. K. III, S. 450). Ved smaa Dragere, hvor Stød og Rystelser have forholdsvis stor Betydning, bør man paa en eller anden Maade sikre Kilerne i deres Stilling, ved store Dragere er dette unødvendigt.

I enkelte Tilfælde har man endelig brugt Skruer i Stedet for Kiler, men dette kan der kun være Tale om ved smaa Tryk (se J. K. II, Fig. 267, S. 147).

Den her omtalte Regulering kan der maaske være Brug for ved mindre kontinuerlige Dragere eller statisk ubestemte Buedragere, men hvor den ikke kan siges at være nogen absolut Nødvendighed, gør man vel i at undgaa denne extra Komplikation.

*) Kübler har i Z. d.V. d. I. 1900, S. 216 (se ogsaa S. 378 og S. 917) først gjort opmærksom herpaa, idet han iøvrigt fremhæver Fordelene ved Pendullejer.

***) For Lejet i Fig. 186 med $r = h = \frac{10A}{l_1}$ og de øvrige Dimensioner som i Fig. 171 angiver Vianello Totalvægten til ca. $0,27A \sqrt{A}$ kg. Han anser Lejet for praktisk op til $A = \text{ca. } 120^t$.

Forankring af Lejerne. Naar Drageren for visse Belastninger kan udøve et opadgaende Træk paa Lejet, er det ikke tilstrækkeligt at bolte det fast ved almindelige Stenskruer, men der maa anvendes Ankerbolte, som gaa dybere ned i Murværket.

Selve Ankerbolten er i Almindelighed af Rundjærn og støtter forneden med en Kile eller Split (Fig. 187) eller et ved Opstukning dannet (ikke paasvejset) Hoved (Fig. 189), sjældnere med en Møttrik (Fig. 188) mod en Støbejerns Ankerplade, der er stor nok til at fordele Trækket over

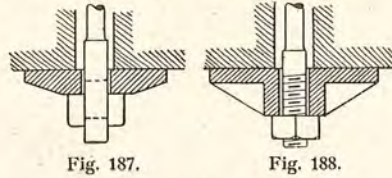


Fig. 187.

Fig. 188.

Murværket. Ankerpladens almindelige Form (massiv eller med Ribber) ses i de nævnte Figurer. Konstruktionen i Fig. 189 er den mest praktiske; Boltens Hoved er aflangt og kan stikkes ned gennem det aflange Hul i Ankerpladen, hvorefter Boltens drejes $\frac{1}{2}$ Omgang.

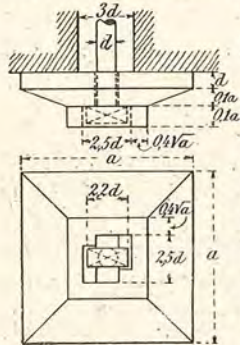


Fig. 189.

Ankerpladen indmures enten fuldstændig (i Fig. 187—88 efter Indsætning af Boltens), eller der udspares et udvendigt fra tilgængeligt Kammer for den, hvorved Eftersyn og Reparationer blive mulige. Boltens kan, hvis der er Tale om et fast Leje og der anvendes Cementmørtel, uden videre indmures; Kalkmørtel kan derimod angribe Jærnet, saa hvis der mures hermed, maa der udspares en Kanal om Boltens (f. Ex. ved at omgive den med Drainrør e. l.), der senere udstøbes med Cementmørtel. Ved et bevægeligt Leje maa der derimod holdes en aaben Kanal udenom Boltens.

Ved større opadgaende Kræfter end 15—20^t kan man ikke nøjes med en Støbejerns Ankerplade til Fordeling af Trækket over Muren; man anvender da valsede Bjælker (dobbelte \square - eller Γ -Jærn eller ved meget store Kræfter to hinanden krydsende Lag af Γ -Jærn), mod hvis Underside Boltene trykke ved Hjælp af Ankerplader som ovenfor eller af smedeligt Jærn.

Forbindelsen mellem Drager og Ankerbolt maa udføres paa forskellig Maade efter Lejets Beskaffenhed, idet den ikke maa hindre de Bevægelser, som Lejet skal tillade.

Ved en fast simpel Understøtning f. Ex. skal en Drejning om Understøtningspunktet kunne foregaa uhindret, ved en bevægelig simpel Understøtning desuden en Forskydning af Understøtningspunktet. Ved mindre Konstruktioner nøjes man dog ofte med en kun omtrentlig Opfyldelse af disse Betingelser.

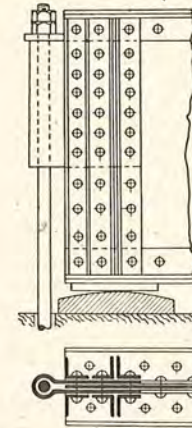


Fig. 190.

Et fast Pladeleje (Tangential-Vuggeleje) kan forankres ved uden videre at føre to Ankerbolte op gennem Underlagsplade og Dragerfod og forsyne dem med Møttrik ovenpaa Dragerfoden. Af Hensyn til Vuggebevægelsen maa Boltene dog være anbragte lige ud for Understøtningspunktet (i Røringsfrembringeren). Ved et Glidleje kan denne Ordning ikke bruges, da de Huller, der her skulde holdes frie udenom Boltens, vilde tage for meget bort af de virksomme Lejeflader, og selv ved et fast Leje er den ofte ubekvem. Ved smaa Kræfter kan man maaske nøjes med Konstruktionen i Fig. 167, idet Klemladerne gøres svære nok til at overføre Trækket, og idet man sørger for, at de netop ikke trykke paa Dragerfoden, naar Boltens spændes til. Ellers flytter man i Almindelighed Ankerbolten noget bort fra den rigtigste Plads, f. Ex. som i Fig. 190 hen bagved Drageren.

Der er her dannet en Øsken af en bøjet Plade, hvis to Grene ere nittede til hver sin Side af Dragerens Krop, og Ankerbolten stikker op herigennem og ligger an med en Møttrik (og Underlagsskive) mod Overkanten; men det ses, at naar Ankeret spændes stramt til, faar man i Virkeligheden en svag Indspænding. Fig. 191 viser en almindelig anvendt Forankring af det bevægelige Leje for et Spærfag; Ankerbolten ligger her frit indenfor Muren, men ved en Nedbøjning af Spærfaget vil Ankeret strax slappes. Dette gør dog her mindre til Sagen, da Forankringen som Regel kun skal træde i Virksomhed i sjældne Undtagelsestilfælde (særlig stærk Storm; ofte er

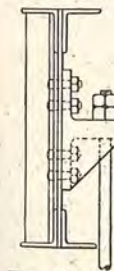


Fig. 192.

Forankringen egentlig regningsmæssig overflødig og kun udført for at faa en extra Sikkerhed). — Ved en Bro med Tværbjælker kan man ofte lade Forankringen have fat i Endetvær-bjælken, der er anbragt midt over Lejet; Ankeret faar derved en temmelig nær rigtig Beliggenhed og er dog ikke i Vejen ved Lejekonstruktionen. Det er paa en saadan Ordning, der er tænkt i Fig. 192,

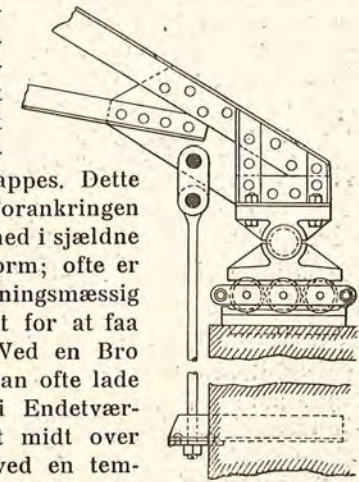


Fig. 191.

hvor der til nævnte Tværbjælkes Krop er boltet en lille Konsol af Staalstøbegods.

Naar der kun skal overføres smaa Kræfter, kan man tilvejebringe en korrekt Forankring af et Tap-Vuggeleje paa den i Fig. 193 antydede Maade; et skaalformet støbt Stykke griber her om afdrejede Fremspring paa Lejets Over- og Underdel og holdes paa Plads ved en Skruetap. — For et Pendulleje har Bernhard*) konstrueret en korrekt Forankring ved at benytte et leddet Stangsystem, der giver en retlinet Styring. — Et Pendulleje (Pendulsøjle) med Bolte-Charnierer foroven og forneden kan lige saa godt overføre Træk som Tryk (J. K. III, Fig. 563, S. 411).

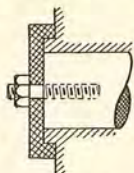


Fig. 193.

Ved sværere Konstruktioner er det i Almindelighed vanskeligere at faa Ankertrækket til at virke i det theoretisk rigtige Punkt. At anbringe et enkelt Anker netop paa den rigtige Plads lader sig vel næsten aldrig gøre; undertiden kan man klare sig ved i Stedet at bruge to Ankerbolte, der foroven have fat i et Tværstykke, som igen med et Kugleled e. l. trykker ned mod Lejet. I de senere Aar er der fremkommen forskellige nye Konstruktioner, angaaende hvilke det her maa være tilstrækkeligt at henvise til større Værker**); et enkelt af dem er vist i J. K. III, Fig. 562.

Ved Bestemmelsen af en Forankrings Dimensioner regner man gerne med rigelig stor Sikkerhed, f. Ex. kun 600 kg/cm² Træk i Ankerboltens (paa Kærnetværsnittet), da et Brud her vilde være særlig farligt og besværligt og kostbart at reparere, og da Tilspændingen ikke kan kontrolleres saa nøje. Fra Ankerpladen regnes gerne, at Trykket fordeler sig opad i Murværket under 45°, og herefter bestemmes den virksomme Murvægt og Ankerets Længde; denne Murvægt gøres sædvanligvis 1,5 Gange Trækket i Ankeret. Ankerpladen eller de valsede Bjælker, der muligvis træde i Stedet for den, beregnes for Bøjning under Forudsætning af, at Trykket fordeles ensformigt over Murværket***).

§ 13. Charnierer ere Forbindelser, hvorigennem der skal kunne overføres Kræfter (Transversalkræfter og maaske ogsaa Normalkræfter), men derimod intet Moment. De to Dele af Konstruktionen, der støde sammen i et Charnier, maa følgelig frit kunne dreje sig i Forhold til hinanden, men en relativ

*) Eiserne Brücken, Berlin 1911, S. 348.

***) Navnlig Schaper: Eiserne Brücken (3^{die} Udg.) 1914, S. 554—61.

****) Detaildimensionerne i Fig. 189 ere tagne efter Vianello (Der Eisenbau (2^{den} Udg.), S. 534—35, der endvidere angiver: $d = 1,7 \sqrt{P}$ (med 600 kg/cm² Træk i Ankeret; P i t, Længder i cm), $a = 12 \sqrt{P}$ (med 7 kg/cm² Tryk paa Murværket); Vægt af Pladen = ca. $\frac{3}{8} P \sqrt{P} + 34$ kg.

Forskydning skal enten være helt udelukket (fast Charnier) eller maa kun kunne foregaa i en bestemt Retning (bevægeligt Charnier). Vi skulle her indskrænke os til at give en Oversigt over de anvendte Konstruktionsprincipper og kun gaa i Detailler for de Ordninger, der egne sig for mindre Konstruktioner.

1. Bolte-Charnierer adskille sig principielt ikke fra de i § 7 og § 11 omtalte Knudepunktskonstruktioner, hvor Forbindelsen mellem alle Stængerne iværksættes ved én Bolt. Et saadant Knudepunkt (C i Fig. 194) bliver som bekendt til et Charnier, naar den lige overfor liggende Flangestang (a—a) udelades; for Udseendets Skyld lader man sædvanligvis ikke Stangen

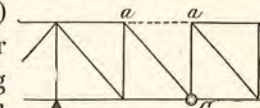


Fig. 194.

falde helt bort, men former den som en »blind Stang«, d. v. s. slutter den til Knudepladen ved den ene Ende ved Bolte i aflange Huller, saa den ingen Spænding kan tage. Undertiden (i Gerberdragernes første Tid) har man ogsaa i Gitterdragere med nittede Forbindelser fremstillet et »Charnier« ved blot at udelade en Flangestang, men alligevel brugt stiv Nitning i det lige overfor liggende Knudepunkt. For Dragere som Hele opnaar man vel herved omtrent det samme som ved et Boltecharnier, men i Omegnen af det som Charnier fungerende Knudepunkt fremkommer der betydelige Bøjningsspændinger, saa Konstruktionen bruges ikke mere.

Et Bolte-Charnier egner sig imidlertid ogsaa godt for massive Bjælker; det konstrueres her ganske som et Passer-Charnier. Ved ganske smaa Charniertryk (f. Ex. ofte ved valsede Bjælker) er det maaske tilstrækkeligt at lade den ene Bjælkeendes Kropplade gribe ind mellem et Par Laskeplader paa den anden Bjælkeendes Krop, saa Charnierboltens kun gaar gennem tre Tykkelser (saaledes i Tag-Aase, J. K. II, S. 68). Ved større Kræfter maa man anvende Paaforinger for ikke at faa Trykket paa Hulranden for stort, og man kommer derved til en Ordning som i Fig. 195, hvor der er Tale om en Pladejærnsdrager. Figuren forstaas uden nærmere Forklaring. Boltens gøres cylindrisk og skal passe stramt i Hullerne; baade den og Nitteforbindelserne beregnes efter de i § 7 og § 6 angivne Regler.

I Fig. 195 er det tillige vist, hvorledes man kan skaffe nogen Sidestivhed af Forbindelsen ved at lade Kroppladen

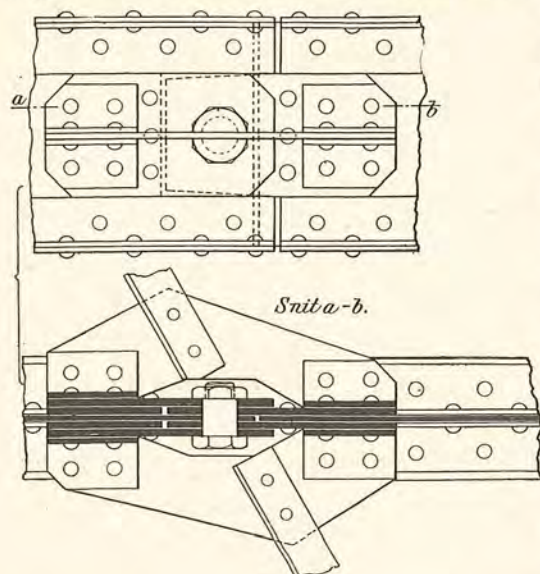


Fig. 195.

fra den ene Side gribe ind mellem Flangevinkeljærnerne paa den anden Side (endvidere kunde man, hvad ikke er gjort i Figuren, overdække Fugen i Flangerne med en kort vandret Lamel, der paa den ene Side kun befæstes ved Bolte i aflange Huller, se Fig. 204—05); men langt mere opnaas ved som i Figuren at tilføje et

vandret Pladestykke paa hver Side af Kroppen, i Højde med Boltens Centrum. Ved en hvilkensomhelst anden Beliggenhed vilde disse Plader umuliggøre en Drejning om Boltens, men netop i denne Stilling er det kun Pladernes ubetydelige Modstand mod Bøjning, der skal overvindes ved Drejningen. Foruden til at skaffe Stivhed kunne Pladerne ogsaa udnyttes som Knudeplader for Vindgitteret. Konstruktionen i Fig. 195 er først anvendt af Gerber selv og benævnes ofte efter ham. Et efter samme Princip konstrueret Bolte-Charnier for en Gitterdrager ses i J. K. II, Fig. 254, S. 139.

De her omtalte Bolteforbindelser fungere som faste Charnierer. Et bevægeligt Bolte-Charnier faar man simplest ved blot at gøre Hullet aflangt, og idet Trykket da overføres ved Berøring mellem en Cylinder og en Plan, skal Beregningen udføres efter (65c), der med Blødt Staal som Materiale i baade Boltens og Hulranden giver: $ld = 31A$; da imidlertid baade l og d ere smaa, kan Konstruktionen kun bruges for ganske smaa Tryk (Vinddrager-Charnierer i smaa Broer o. l., J. K. III, S. 407). Noget videre kan man naa ved, som i Fig. 196 antydet, at indlægge en firkantet Bøsning omkring Boltens.

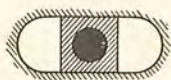


Fig. 196.

2. Bolte-Charnier med Hængestang. Skal man i en Gitterdrager med Bolteforbindelser i Knudepunkterne fremstille et Charnier, der tillader Længdeudvidelse, behøver man kun at udelade de to i Fig. 197 punkterede Flangestænger; man faar herved to Charnierer C og C_1 , om hvilke Hængestangen CC_1 kan svinge. Konstruktionen adskiller sig altsaa ikke stort fra den ovenfor og er egentlig kun opstillet som særligt Tilfælde, fordi den danner en naturlig Overgang til den følgende og til Fjeder-Charnieret.

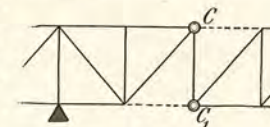


Fig. 197.

Fig. 198 viser dens Anvendelse ved en Pladejernsdrager, Fig. 199 mere skematisk en Anvendelse ved en Gitterdrager; i sidstnævnte Figur ere Charnierboltene flyttede noget bort fra Knudepunkterne,

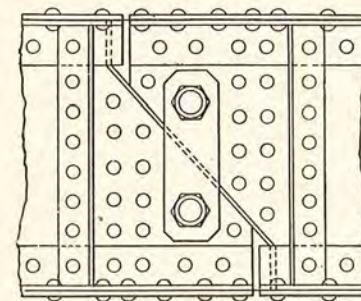


Fig. 198.

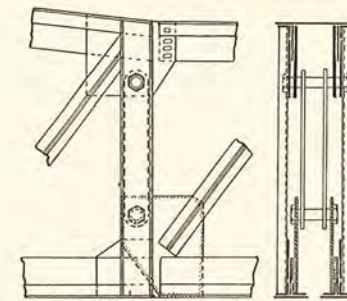


Fig. 199.

hvad der i mange Tilfælde passer bedre, naar man ellers bruger nittede Forbindelser. De skraverede Knudeplader forneden høre til den svævende Bjælke (til højre i Standridset), de sort udfyldte Knudeplader til Cantilever-Armen.

3. Pendulsøjle-Charnier. Vender man op og ned paa Fig. 197, bliver Stangen CC_1 trykket, og idet den kan svinge om C og C_1 , kaldes den da en Pendulsøjle (Fig. 200). Principielt er Forskellen fra det foregaaende Tilfælde altsaa ikke stor, men ved den konstruktive Udformning kommer man ofte til noget helt andet; Søjlen bliver et Led for sig, temmelig forskelligt fra de andre Stænger, og den støtter mod Kuglelejer eller Tap-Vuggelejer foroven og forneden. Konstruktionen er bl. a. ogsaa anvendt ved meget store Broer.

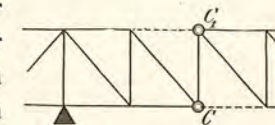


Fig. 200.

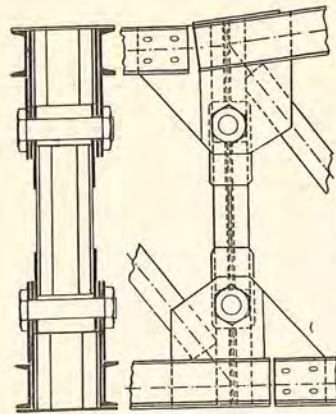


Fig. 201.

Fig. 201 viser en Anvendelse, hvor Charniererne ligesom i Fig. 199 ere flyttede noget bort fra Knudepunkterne.

4. Leje-Charnierer. Fra Pendulsøjlerne er der ikke noget stort Spring til at anvende et Pendulleje som i Fig. 186 eller dernæst omtrent et hvilket som helst af de i forrige Paragraf omtalte Lejer. Et Charnier kan jo altid opfattes som en simpel Understøtning af den ene af de to Bjælkeender paa den anden, og det er derfor naturligt nok, at

man kan anvende en almindelig Lejekonstruktion, hvis man blot paa den ene Bjælkeende kan skaffe en passende Flade til Opstilling af Lejet (Fig. 202). Vanskeligheden bestaar sædvanlig i at skaffe Plads, hvorfor man føres til at sammentrænge Lejekonstruktionen saa meget som muligt; i saa Henseende frembyder et Pendulleje ofte væsentlige Fordele.



Fig. 202.

For Pladejernsdragere er Fremgangsmaaden gerne den, at Kroppladerne i de to Drager-Ender skæres ud som i Fig. 203 skematisk vist, hvorefter man ved Hjælp af Paaføringer skaffer en tilstrækkelig stor Flade til Anbringelse af et simpelt Pladeleje (Tangential-Vuggeleje). Fig. 204—05 vise et Par Detailkonstruktioner. Lejepladerne ere af Staalstøbegods, med udhøvede Noter, der fatte om og hvile paa de af Paaføringerne og Kropafstivningerne dannede korsformede Flader; Fig. 206 viser et vandret



Fig. 203.

Snit i Drageren under Charnieret samt Undersiden af den nedre Lejeplade, set nedenfra. I Fig. 204 er Lejet et fast Tangential-Vuggeleje, idet en Forskydning er hindret af de viste Tænder eller Knaster; i Fig. 205 er selve Lejet derimod et Glideleje, men det er dernæst vist, hvorledes man ved at tilføje

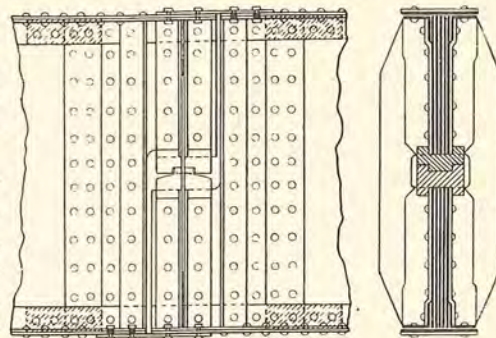


Fig. 204.

den vandrette Lamel (Fjederplade) *a*, der er fastnitted paa begge Sider, kan faa Forbindelsen til at virke som et fast Charnier, idet der saa ikke kan foregaa nogen anden Bevægelse end en Drejning om et Punkt i *a*. Ved denne Konstruktion af et fast Charnier opnaas, at vandrette Kræfter kunne overføres gennem Pladen *a*, medens det lodrette Charniertryk bliver overført i Lejet højere oppe, hvor der er bedre Plads. En saadan

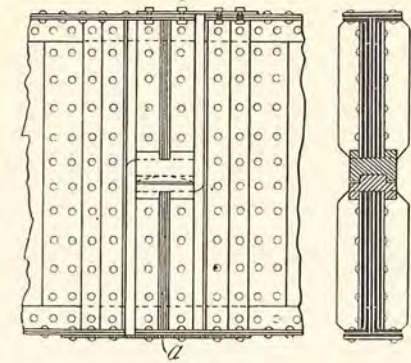


Fig. 205.

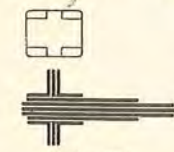


Fig. 206.

Deling af Charnieret, saa vandrette og lodrette Kræfter overføres i forskellige Punkter, er ofte særdeles praktisk; det er da næsten altid en Fjederplade, der benyttes til det ene af Formaalene (se nedenfor). — Baade i Fig. 204 og 205 er der sørget for Styring af Drager-Enderne i Forhold til hinanden ved at overdække Fugen i Dragerhovedet med en Lamel, der paa den ene Side er befæstet med Bolte i aflange Huller.

Ogsaa for Gitterdragere er Konstruktionen meget anvendelig, og her kan den antage højst forskellige Former. Det er altid simplest at lægge Charnieret i et Knudepunkt af den ubelastede Flange.

Fig. 207 viser skematisk et saadant bevægeligt Charnier med Pendullejet fra Fig. 157. Vertikalen hører med til Cantilever-Armen (til venstre i Standridset) og bestaar normalt af fire Vinkeljern udenpaa Knudepladerne. I dens nederste Del er der tilføjet fire indvendige Vinkeljern og en fuld Kropplade (med Paaføringer, se Snit *b-b*), og herved er der tilvejebragt en Flade, hvorpaa Underdelen af Lejet kan hvile. Som det ses i det vandrette Snit *a-a*, gribe dernæst Knudepladerne (skraverede) fra den svævende Bjælke ind mellem de sort udfyldte Knudeplader i Cantilever-Armen; mellem disse skraverede Knudeplader er der (se Snit *c-c*) indsat fire korte Vinkeljern med en Kropplade, og mod Underkanten heraf støtter Overdelen af Lejet.

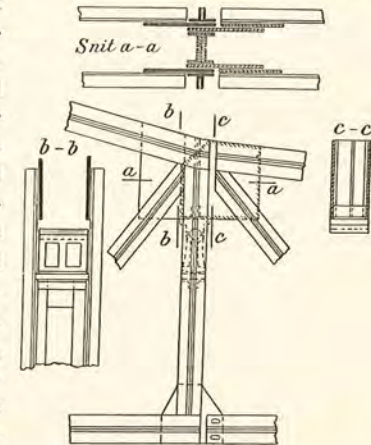


Fig. 207.

5. Fjeder-Charnierer. Fig. 208 viser et simpelt Fjeder-Charnier, hvorigennem der kun kan overføres lodrette Kræfter.

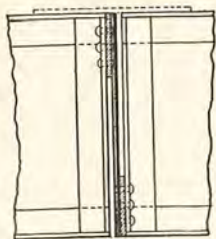


Fig. 208.

De to Bjælkeender ere kantede med Vinkeljærn, og til disses Flige vinkelret paa Dragerplanen er den lodrette Fjederplade nittet, efter at der dog er lagt et Par Paaforinger imellem. Hvis der ikke maa kunne foregaa indbyrdes Forskydninger paa langs, maa der tilføjes endnu en vandret Fjeder, f. Ex. som punkteret i Figuren ovenpaa Dragerhovedet, eller under Dragerfoden, og

herigennem kan der tillige overføres vandrette Kræfter. Naar den relative vandrette Forskydning bliver større, kan man ikke skaffe Spillerum nok ved Hjælp af Paaforingerne; man kan da maaske bruge en af Ordningerne i Fig. 209.

Den hyppigste Anvendelse af Fjeder-Charnierer er den, hvor Fjedren optræder i Form af en vandret Plade, hvorigennem de (sædvanligt noget mindre) vandrette Kræfter overføres, medens en af de tidligere omtalte Konstruktioner af et bevægeligt Charnier anvendes til Overførelse af de lodrette Kræfter. Paa den Maade kan et hvilket som helst bevægeligt Charnier bringes til at fungere som et fast Charnier med Omdrejningspunkt i Fjederpladen. Det Punkt, hvorom Drejningen skal foregaa, er i Almindelighed bestemt af hele Konstruktionens Virke-maade eller kan i alt Fald ikke altid vælges vilkaarligt; og ofte skal det falde saaledes, at det er umuligt her at faa Plads til et helt fast Charnier. I saa Fald kan man altsaa anbringe et bevægeligt Charnier til Overførelse af de lodrette Kræfter paa den bekvemtest mulige Plads og lægge Omdrejningspunktet fast ved Hjælp af en saadan vandret Fjeder.

Fjedrenes Paavirkninger afhænge dels af de lodrette og vandrette Kræfter, der skulle overføres igennem dem, og som virke til direkte Træk eller Tryk, dels af Bøjningen. Hvis der findes to Fjedre som i Fig. 208 (den ene punkteret), kan man tilnærmelsesvis betragte den relative Bevægelse af de to Bjælkeender som en Drejning om den vandrette Fjeders Midtpunkt. Denne vandrette Fjeder kan da behandles som en Bjælke, der er indspændt i den ene Ende, fri i den anden og her paavirket af et Kraftpar M , stort nok til at frembringe en Tangentvinkel α ved den frie Ende, lig den givne

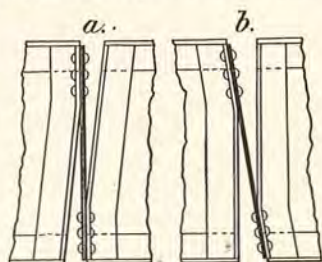


Fig. 209.

Drejningsvinkel. For en saadan Bjælke haves: $\alpha = \frac{M\lambda}{EI}$, hvor λ er Bjælkens Længde, og største Spænding: $\sigma_\alpha = \frac{M \cdot \frac{1}{2}\delta}{I}$, hvor δ er Fjedrens Tykkelse, altsaa:

$$\sigma_\alpha = \frac{E\delta}{2\lambda} \alpha. \quad (74)$$

Her skal λ regnes som Længden mellem de hinanden nærmeste Nitter gennem Fjedren paa de to Sider af Fugen, og α skal betyde den største relative Drejning, som de to Bjælkeender kunne udføre; til dennes Bestemmelse kan man blive nødt til at benytte Influenzlinien for Drejningen.

Den lodrette Fjeders Paavirkning kan beregnes efter samme Formel, for saa vidt der kun er Tale om en Drejning. Hvis der imidlertid ogsaa skal kunne foregaa en relativ Parallelforskydning af Størrelse A (hidrørende fra Temperaturændringer og Formforandringer af Drageren), kan denne Virkning behandles for sig. Naar Fjedrens Endetangenter holdes parallelle, men fjernes Stykket A fra hinanden, vil Fjedren antage en S-Form med Vendepunkt i Midten; man kan da betragte den ene Halvdel af Fjedren som en Bjælke af Længde $\frac{1}{2}\lambda$, indspændt i den ene Ende og i den frie Ende (i Vendepunktet) paavirket af en Kraft P , stor nok til at frembringe Nedbøjningen $\frac{1}{2}A$. For en saadan Bjælke haves: $\frac{1}{2}A = \frac{P \cdot (\frac{1}{2}\lambda)^3}{3EI}$ og største

Spænding: $\sigma_A = \frac{P \cdot \frac{1}{2}\lambda \cdot \frac{1}{2}\delta}{I}$, hvorved:

$$\sigma_A = \frac{3E\delta}{\lambda^2} A. \quad (75)$$

Forøvrigt ere de her beregnede Spændinger ikke korrekte, idet Fjedrens direkte Trækpaavirkning vil formindske Bøjningen og i det hele frembringe en lidt anden Form af Bøjningslinien, saa de enkelte Virkninger egentlig ikke kunne adderes, men maa behandles under ét paa lignende Maade som vist i T. E., S. 451, nederst. Hvis det af Pladshensyn kniber med at faa Dimensionerne store nok, kan man blive nødt til at tage Hensyn hertil.

Fjeder-Charnierer egne sig overhovedet ikke for meget store Kræfter. Hvis én Plade af almindelig Tykkelse ikke er nok (Bredden kan maaske gøres noget større end Dragerens), er det fordelagtigere at bruge to eller flere, der kun ere forbundne ved Enderne, men ellers bøje sig hver for sig, end at gøre Tykkelsen unormalt stor; Bøjningsspændingerne afhænge nemlig af den enkelte Tykkelse δ , ikke af den samlede Tykkelse. Hvis man bruger mere end én Fjederplade, bør man ikke nøjes med at befæste dem ved Enderne ved 1-Snits Nitter, ved at skære Slidser ud i Fjederpladerne for Dragerens Knudeplader (Kropplader) kan man opnaa at kunne anbringe en Vinkellask paa begge Sider og altsaa faa 2-Snits Nitter. — Hvis der gennem den vandrette Fjeder skal kunne overføres Tryk, maa den beregnes som Søjle; paa Forhaand kan man gaa ud fra en Længde $\lambda = \text{ca. } 30\delta$ som tilladelig.

§ 14. **Søjler.** Som Materiale til Søjler finder baade Støbejærn og smedeligt Jærn Anvendelse. Ved Valget mellem disse to er det de sædvanlige Grunde, der kunne anføres for og imod, den mindre Paalidelighed ved Støbejærn, men til Gengæld den lettere Fremstilling af komplicerede Former, den simplere Konstruktion af Forbindelserne med Dragere o. l. ved smedeligt Jærn; Prisdifferensen er sædvanligvis (ved simple Former) ikke stor, men snarest til Gunst for smedeligt Jærn. Medens disse Synspunkter paa de fleste andre Omraader, hvor der er Tale om Overførelse af store Kræfter, have ført til, at Støbejærnet nu er traadt stærkt i Baggrunden, er Forholdet et noget andet ved Søjler, navnlig fordi disse saa ofte skulle optræde som dekorative Led i Konstruktionen, ogsaa dog af gammel Vane. Hvis Søjlerne af Hensyn til Brandfare skulle beklædes, hvad nu meget ofte forlanges (se J. K. II, § 6), spiller Søjleens Udseende ingen Rolle mere, og i saa Fald vil man vel nu som Regel foretrække smedeligt Jærn.

1. Støbejærns-Søjler. Nogle forskellige Tværnit for Støbejærns-Søjler ses i Fig. 210. Det almindeligste er Cirkelringen; Godstykkelsen ligger gerne mellem 13 og 40^{mm}, den

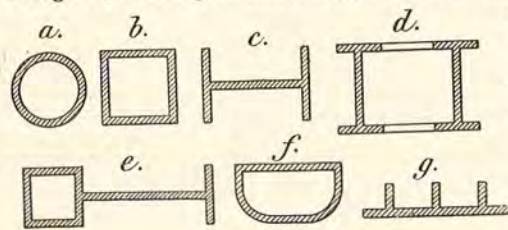


Fig. 210.

ydre Diameter mellem 10 og 50^{cm}*). Noget sjældnere forekommer et hult Kvadrat eller Rektangel og til specielle Øjemed forskellige andre Former, af hvilke en Del ses i

Fig. 210 c—g; Kroppene i Fig. 210 c—e ere ofte gennembrudte (se Fig. 210 d).

Søjlen selv, Søjleskaftet, som der foreløbigt alene tænkes paa, er sædvanlig cylindrisk (prismatisk) med konstant Tværnit fra den ene Ende til den anden, men af arkitektoniske

*) Efter Kersten: Der Eisenhochbau, Berlin 1913, S. 100, er den mindste tilladelige Godstykkelse $\min \delta \text{ (mm)} = 1,5h + 10 \text{ mm}$, hvor h er Søjleens Højde i Meter, og som passende Godstykkelser angives:

for 10—14 ^{cm} udv. Diam.:	$\delta = 14—20 \text{ mm}$,
> 16—20 — >	> = 16—26 —,
> 22—28 — >	> = 18—30 —,
> 30—40 — >	> = 20—40 —.

Grunde afviger man dog ofte herfra. Afvigelsen kan vise sig paa to forskellige Maader, dels som en nogenlunde jævn Variation af Tværnittet, idet Søjlen f. Ex. spidses til mod den ene Ende, i Almindelighed opad, sjældnere (kun undertiden ved Pendulsøjler) nedad, eller fra Midten opad og maaske ogsaa nedad, dels som en statisk talt ganske uregelmæssig Variation, idet der tilføjes dekorative Led, som fremspringende Ringe eller Indsnøringer, en kraftigere Sokkel o. l. Hertil maa der naturligvis tages Hensyn ved Dimensionsbestemmelsen. Det er Tværnittet ved og i Nærheden af Midten, man finder efter de almindelige Søjleformler, og hen mod Enderne kan man nok reducere Dimensionerne noget, uden at Bæreevnen derved formindskes væsentligt, dog maa Tværnitsarealet naturligvis altid mindst være tilstrækkeligt til at optage det direkte Tryk (uden Hensyn til Stivheden, $F \geq F_0$). De virkelig anvendte Tilspidsninger ville kun sjældent formindske Bæreevnen kende- ligt, naar man holder sig denne Regel efterrettelig. — Ved de mere pludselige Variationer, der fremkomme ved de nævnte Forsiringer, maa man ligeledes først og fremmest sørge for, at der er tilstrækkeligt Areal. Dernæst bør man saa vidt muligt følge den almindelige Hovedregel for Dimensionering af Støbegods, at Godstykkelsen overalt skal være den samme eller i alt Fald ikke maa variere for pludseligt; ved Afvigelser herfra vil Afkølingen nemlig foregaa uensformigt, og der vil fremkomme Støbespændinger. Helt gennemføre dette kan man ganske vist ikke; mindre fremspringende Forsiringer ville altid optræde som Fortykkelser, idet man for Formningens Skyld maa føre den indvendige Flade glat igennem (se de smaa Fremspring i Fig. 212); men ved større Afvigelser fra den prismatiske Form (Fig. 212, Sokkelen) bør man lade den indvendige Flade følge med, idet man dog paa saadanne Punkter anvender en lidt større Godstykkelse end normalt og tilføjer indvendige Ribber for at hindre et Brud derved, at den ene Del af Søjlen trykkes ind i den anden («Teleskopering»). Det er navnlig foroven og forneden, ved Søjleens Hoved og Fod, at disse Tilfælde forekomme, og da det her ofte bliver umuligt at holde Godstykkelsen konstant, gaar man ret almindeligt over til at støbe Skaft, Hoved og Fod hver for sig, hvorom nærmere

nedenfor, eller til at fremstille navnlig de stærkt fremspringende Forsiringer som Stykker for sig (maaske af et andet Materiale), der befæstes paa Søjlen ved Skruer e. l.

Søjleskaffet forsynes ofte med Riller eller Fremspring paa langs (kannelerede Søjler), saa Tværsnittet f. Ex. faar en Form som i Fig. 211. Ved Beregningen kan man erstatte den virkelige Kontur med en tænkt Linie (punkteret i Figuren), der begrænser det samme Tværnsnitsareal.



Fig. 211.

Søjler støbes enten »liggende« eller »staaende«. Det sidste er bedst, men dyrest og bliver derfor i Almindelighed kun gjort, naar det specielt foreskrives. Ved liggende Støbning undgaar man sædvanligvis ikke en lille Bøjning af Kærnen (paa Grund af Jærnets Opdrift) og derved en uens Godstykkelse, og endda mest i Nærheden af Midten, og man faar ikke saa tæt Gods. Man kan kontrollere, om Godstykkelsen afviger mere end tilladeligt*) fra den forlangte Værdi ved i Midtærtværsnittet at bore tre smaa Huller; naar disse senere lukkes med Skruepropper, medføre de ikke nogen væsentlig Svækkelse. Vanskeligheden ved Støbningen voxer med Længden; denne bør derfor helst ikke være større end 4—5^m, i alt Fald ikke over 8^m.

Søjlefoden skal fordele Trykket over en tilstrækkelig stor Flade af Fundamentet; det tilladelige Tryk er her det samme som for Lejer (se § 12, Begyndelsen). I sin simpleste Skikkelse bestaar Foden blot af en tilstrækkelig tyk Plade (Fig. 212), hyppigst kvadratisk, ogsaa rund eller rektangulær efter Søjlen Form. Ved større Tryk tilføjes 4—16 Ribber som punkteret til venstre i Fig. 212. Ved mindre Søjler er det simplest at støbe Skaft og Fod i ét

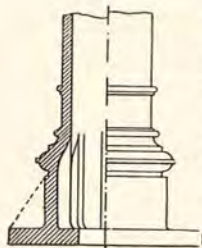


Fig. 212.

*) De tyske Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen etc. (1912) foreskrive, at Tværnsnitsarealet aldrig maa være mindre end forlangt, medens Forskellen mellem største og mindste Godstykkelse ikke maa overskride 5^{mm} ved Søjler med indtil 40^{cm} Middeldiameter og 4^m Højde, og for hver 10^{cm} større Diameter og hver 1^m større Højde 0,5^{mm} mere; Godstykkelsen maa dog intet Steds være under 10^{mm}.

(Fig. 212), naar man ikke derved kommer til meget forskellige Godstykkelser, ellers støbes Foden bedst for sig (Fig. 213—16); i sidste Tilfælde maa Berøringsfladerne afrettes nøjagtigt (undertiden har man ogsaa indlagt en tynd (3—5^{mm}) Bly- eller Kobberplade), og desuden bør de have et noget større Areal end Søjletværsnittet, da der neppe opnaas en aldeles tæt Berøring. Til Styling lader man enten Skaffet

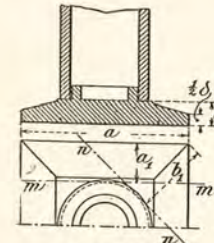


Fig. 213.

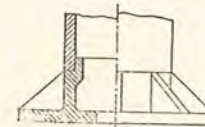


Fig. 215.

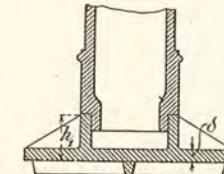


Fig. 214.

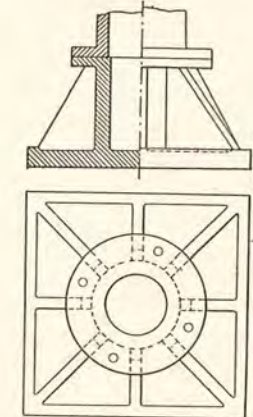


Fig. 216.

gribe med en Tap ned indvendig i Foden (Fig. 214) eller omvendt Foden have en Rand, der griber op indeni eller udenom Skaffet (Fig. 213 og 215), eller man anvender som almindeligst i Nordamerika en Flangesamling med Bolte (Fig. 216), hvorved Søjlen kan bringes paa Plads uden at skulle løftes (praktisk f. Ex. ved Ombygninger); i Fig. 216 bør Trykket dog kun overføres lige i Skaffets Forlængelse, hvorfor der bør holdes et lille Spillerum mellem de fremspringende Flanger.

Understøtningerne i Fig. 212—16 ere den Slags, der i T. E., S. 434—35, ere betegnede som Understøtninger paa plane Endeflader. Man nærmer sig aabenbart mere til en Indspænding, naar Fodpladen er støbt i ét med Søjlen, og tildels ved Flangeforbindelsen i Fig. 216, end ved Konstruktionerne i Fig. 213—15; for de sidste maa man derfor regne med en større fri Længde end for de første. Medens der kun sjældent forekommer andre Understøtninger end den Slags i almindelig Husbygning, anvender man ved Brokon-

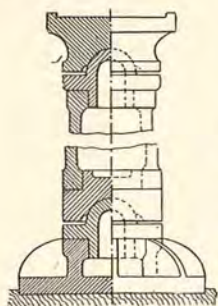


Fig. 217.

struktioner ofte Pendulsøjler med cylindriske eller hyppigere Kugle-Led som i Fig. 217; Kuglefladerne dimensioneres efter (64a) eller (66b) i § 12, eftersom de have samme eller forskellige Radier.

Søjlefoden sættes i mange Tilfælde løst paa Fundamentet, idet blot Fugen udstøbes med Cementmørtel, eller der lægges en Blyplade imellem, og herimod er der heller ikke stort at indvende, saa længe der kun skal overføres et nogenlunde centralt, lodret Tryk. Hvis der er Tale om betydelige Horizontalkræfter eller Indspændingsmomenter, bør man overhovedet ikke anvende Støbejernsøjler, saa dette Tilfælde ville vi først behandle nedenfor. Sikrere er det dog ligesom ved Lejer at forsyne Søjlefoden med et Par Ribber over Kors (Fig. 214), eller at lade hele Foden gribe noget ned i Murværket (Fig. 217); derimod er det i Reglen unødvendigt at bolte den fast.

De enkelte Dimensioner af Søjlefoden beregnes paa lignende Maade som omtalt i § 12 for Underlagsplader, idet man forudsætter Trykket ensformigt fordelt paa Undersiden og koncentreret i Fortsættelsen af Søjleskaftet paa Oversiden. Ved simple Plader som i Fig. 212—13 betragter man den udenfor Søjleskaftet liggende Del som en Bjælke, der er indspændt ved Søjleskaftet, fri udad og paavirket til Bøjning, eller man undersøger Diametralsnittet, som muligvis kan blive farligere paavirket, paa lignende Maade som ved Bach's Tilnærmelsesberegning for Plader (T. E., § 63). Ved en Søjlefod med Ribber regner man en Strimmel af Pladen som indspændt ved og bærende frit mellem to Ribber (se den skraverede Strimmel af Længde c i Fig. 214), og dernæst betragtes Ribberne som indspændte ved Søjleskaftet og fri udad, og i Almindelighed beregnes Ribbens Modstandsmoment uden Hensyn til Pladen. Tykkelsen af Ribberne kan passende gøres lig $\frac{3}{4}$ af Pladens og dennes Tykkelse mindst lig Søjleskaftets Godstykkelse, hellere lidt større.

For en kvadratisk Søjlefod uden Ribber som i Fig. 213 faas, idet Søjletrykket er P , Fodens Sidelinie a , Trykket paa Undersiden $\frac{P}{a^2} = p$:

$$\left. \begin{array}{l} \text{for Snit } m-m: \quad pa_1 \cdot \frac{1}{2} a_1 = rW_m, \\ \text{for Snit } n-n: \quad pb_1^2 \cdot \frac{1}{6} b_1 = rW_n, \end{array} \right\} \quad (76)$$

hvor W_m og W_n betegne Modstandsmomenterne for de to Snit (m . H. t. Trækspændingerne) og $r = 250$ à 300 kg/cm² den tilladelige Paa-virkning. — Idet Søjletrykket P tænkes koncentreret i Cirkellinien med Diameter d_o (Middelværdi af Søjle's ud- og indvendige Diameter), saa altsaa det halve Søjletryk $\frac{1}{2}P$ virker i Halvcirkelliniens Tyngdepunkt (i Afstanden $d_o : \pi$ fra Centrum), faas endvidere:

$$\left. \begin{array}{l} \text{for Diametralsnittet } \neq mm: \quad \frac{1}{2}P \left(\frac{1}{4}a - \frac{d_o}{\pi} \right) = rW_{dm}, \\ \text{for Diametralsnittet } \neq nn: \quad \frac{1}{2}P \left(a \frac{\sqrt{2}}{6} - \frac{d_o}{\pi} \right) = rW_{dn}, \end{array} \right\} \quad (77)$$

hvor W_{dm} og W_{dn} betegne Modstandsmomenterne for Diametralsnittene.

For en rektangulær Fodplade undersøger Snittene i begge Sideretninger og Diagonalretningen (egentlig skulde man finde det farligste af de Snit, der kunne lægges i en vilkaarlig skraa Retning), for en cirkulær Plade paa lignende Maade Diametralsnittet og Snittet i Tangenten til Søjleomridset. Hvis Fodpladen er gennembrudt ved Midten, hvilket sædvanligvis er Tilfældet, naar den støbes i ét med Søjlen, maa der for Diametralsnittets Vedkommende naturligvis tages Hensyn hertil.

Tal eksemp. En Søjle med $P = 40^t$, udvendig Diameter 25 cm, indvendig Diameter 20 cm, skal forsynes med en Fodplade som i Fig. 213; Fundamentet er af Beton 1:3:6 og regnes at maatte belastes med 20 kg/cm². Fodpladens Areal skal da være $\frac{40\,000}{20} = 2000$ cm².

1. Fodpladen kvadratisk. $a = \sqrt{2000} \approx 45 \times 45$ cm. For Snit $m-m$ er $a_1 = \frac{1}{2}(45-25) = 10$ cm, Momentet $= 20 \cdot 45 \cdot 10 \cdot 5 = 45\,000$ kg cm. Antages til at begynde med Tykkelsen δ konstant, er $W = \frac{1}{6} \cdot 45 \cdot \delta^2$, og med $r = 250$ kg/cm² faas da: $45\,000 = \frac{250}{6} \cdot 45 \cdot \delta^2$, $\delta = 4,9$ cm.

Naar man nu som i Fig. 213 vil lade Tykkelsen aftage til $\frac{1}{2}\delta$ ved Kanten, og naar Affasningens Bredde gøres $= a_1 = 10$ cm, kan man gøre Tykkelsen paa Midten 5,5 cm, idet Tværnsnitsarealet herved bliver det samme som med den konstante Tykkelse 4,9 cm. Modstandsmomentet vil da være rigeligt; en nøjagtig Beregning af W er naturligvis let nok, men unødvendig.

For Diametralsnittet $\neq m-m$ er Momentet $= 20\,000 \left(\frac{45}{4} - \frac{22,5}{\pi} \right) = 82\,000$ kg cm, hvoraf med konstant Tykkelse $\delta = 6,62$ cm; med Affasning som ovenfor skal Tykkelsen paa Midten gøres 7,5 cm, for at Arealet kan blive det samme.

For Snit $n-n$ er $b_1 = \frac{1}{2}(45\sqrt{2} - 25) = 19,4$ cm, Momentet $= 20 \cdot 19,4^2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 19,4 = 48\,680$ kg cm.

Hele Længden af Snittet $n-n$ er $2b_1 = 38,8 \text{ cm}$, Affasningens Længde $10\sqrt{2} = 14,1 \text{ cm}$, Længden af den Strækning i Midten af Snittet, hvor Tykkelsen er konstant, altsaa $38,8 - 2 \cdot 14,1 = 10,6 \text{ cm}$. Med Tykkelsen $7,5 \text{ cm}$ paa Midten, $\frac{1}{2} \cdot 7,5 \text{ cm}$ ved Kanten, findes da hele Snitarealet at være 238 cm^2 , Snittets Tyngdepunkt $3,2 \text{ cm}$ over Undersiden, Inertimomentet om Tyngdepunktsaxen $= 919 \text{ cm}^4$, Modstandsmomentet for (Træk-)Spændingen ved Undersiden $= \frac{919}{3,2} = 287 \text{ cm}^3$ og følgelig Trækspændingen $= \frac{48\ 680}{287} = 170 \text{ kg/cm}^2$.

For Diametralsnittet $\neq n-n$ er Momentet $= 20\ 000 \left(45 \cdot \frac{\sqrt{2}}{6} - \frac{22,5}{\pi} \right) = 68\ 600 \text{ kg cm}$, altsaa mindre end for Diametralsnittet $\neq m-m$, medens Modstandsmomentet er større.

Det er altsaa Diametralsnittet $\neq m-m$, der er bestemmende for Dimensionerne; Tykkelsen skal gøres $7,5 \text{ cm}$ paa Midten, halv saa stor ved Kanten.

2. Fodpladen cirkulær. For at Arealet kan blive 2000 cm^2 , maa Diametren gøres 51 cm . Pladen fases af efter en Kegleflade paa de yderste 12 cm .

For Diametralsnittet faas, idet en Halvcirkelflades Tyngdepunkt ligger i Afstanden $\frac{2d}{3\pi}$ fra Centrum, Momentet $= \frac{1}{2}P \left(\frac{2 \cdot 51}{3\pi} - \frac{22,5}{\pi} \right) = 73\ 200 \text{ kg cm}$. Med konstant Tykkelse findes δ af: $73\ 200 = \frac{250}{6} \cdot 51 \cdot \delta^2$, $\delta = 5,9 \text{ cm}$. Med Affasningen faas samme Areal, naar Tykkelsen paa Midten gøres $6,7 \text{ cm}$.

Snittet, der tangerer Søjleomridset, afskærer et Cirkelsegment med Pilhøjde 13 cm , Kordelængde $44,4 \text{ cm}$. Regnes tilnærmelsesvis med Formlerne for et Parabelsegment, faas Arealet 385 cm^2 , Tyngdepunktet $5,2 \text{ cm}$ fra Korden, altsaa Momentet $= 20 \cdot 385 \cdot 5,2 = 40\ 040 \text{ kg cm}$. Snittets øvre Kontur kan tilnærmende betragtes som en Parabel (der ses herved ogsaa bort fra, at Snittet skærer 1 cm indenfor den vandret afdrejede Overflade), og for det saaledes af et Rektangel og et Parabelsegment sammensatte Tværnsnit med Højde δ paa Midten, $\frac{1}{2}\delta$ ved Kanten og med Bredde b findes Modstandsmomentet (for de strakte Fibre) $= 0,13b\delta^2$; med $b = 44,4 \text{ cm}$, $\delta = 6,7 \text{ cm}$ er $W = 259 \text{ cm}^3$ og Spændingen $= \frac{40\ 040}{259} = 155 \text{ kg/cm}^2$.

Diametralsnittet er altsaa farligst paavirket.

For en Søjlefod med Ribber beregnes Pladetykkelsen som nævnt, idet man betragter en Strimmel af Pladen som indspændt ved Ribberne; for en 1 cm bred Strimmel med Længden c (Fig. 214) faas:

$$M = \frac{1}{12} pc^2 = \frac{r}{6} \cdot 1 \cdot \delta^2, \quad \delta = c \sqrt{\frac{p}{2r}}$$

Med n Ribber kan hver af dem regnes paavirket af Kraften $\frac{1}{n}P$ med Angrebepunkt i den skraverede Flades Tyngdepunkt (Fig. 214); med Ribbe-Tykkelsen δ_1 og Højden h_1 inde ved Søjlen faas da:

$$M = \frac{1}{n} P \cdot e = \frac{r}{6} \delta_1 h_1^2,$$

hvoraf man kan finde h_1 , naar δ_1 er valgt.

Søjlehovedet skal modtage Trykket fra de Konstruktionsdele (Dragere o. l.), der understøttes af Søjlen, og overføre det saa centralt som muligt til Søjleskaflet. Oversiden af Hovedet maa derfor, baade hvad Form og Størrelse angaar, indrettes efter de specielle Dragere, eller hvad det nu er, der skal hvile derpaa, og kan følgelig blive højst forskellig; ofte formes den omtrent som et Pladeleje, med Styrelister langs Kanterne, og Dragerne befæstes med Skruebolte eller Skruetapper, maaske med Klemplader som Mellemed (se Fig. 218—19).

Grundformerne for Hovedet ere forøvrigt de samme som for Foden: en Plade, der kan være støbt i ét med Søjleskaflet, eller støbt for sig og hvilende (med nøjagtigt afrettede Berøringsflader eller med Mellemlæg af Bly eller Kobber) paa Søjlen; ved større Udstrækning af Pladen, maa den støttes med Ribber, men kan fremdeles være i ét med Søjlen (som i Fig. 218) eller sat løst paa med en Tap til Styrring (som i Fig. 219), ligesom ved Foden i Fig. 214—15. For at Trykket fra Drageren ved dennes Nedbøjning ikke skal komme til at virke for excentrisk, bør man sørge for, at Hovedet ikke springer for langt frem; skal der af arkitektoniske Grunde endelig anbringes lange Konsoller som Overgang mellem Drager og Søjle, bør man helst holde et lille Spillerum mellem Drager og Konsol, saa Trykket ikke kan komme til at virke ude paa Spidsen, men da Konsollen saaledes bliver noget blot paaklistret, som tilmed giver et forkert Begreb om Konstruktionens Virkemaade, er det naturligvis rigtigst helt at undgaa den. Aller bedst, men kun sjældent udført, er det at gøre Oversiden af Hovedet lidt konvex ligesom ved et Tangential-Vuggeleje (J. K. II, Fig. 24, S. 15). Det samme opnaas ved Anvendelse af en Pendulsøjle; en saadan — med Kugleled — ses i Fig. 217.

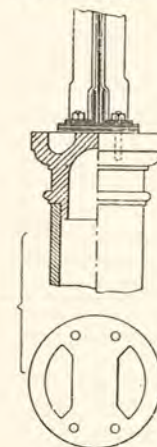


Fig. 219.

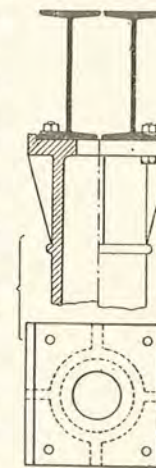


Fig. 218.

Hvis Søjlen skal bære ikke blot en Drager, men ogsaa en anden Søjle i Etagen ovenover, maa der træffes en saadan Anordning, at den øverste Søjle hviler direkte paa den

nederste, ikke med Drageren som Mellemed. Selve »Stødet« i Søjlen er i og for sig simpelt nok; det ordnes bedst saaledes, at den øverste Søjle støder stumpt mod den nederste med nøjagtigt afrettede Berøringsflader og med en Tap eller (amerikansk) Flangesamling til Styring, ganske som ved Stødet mellem Søjlen og Foden, men Konstruktionen maa ofte modificeres af Hensyn til Dragerens Understøtning. De specielle Detailler, som dette fører til, henhøre imidlertid under Jærnkonstruktionens Anvendelse i Husbygning og ville blive omtalte der (J. K. II, § 4).

2. Søjler af smedeligt Jærn. Et Udvalg af de almindeligst anvendte Tværnsnitsformer ses i Fig. 220, ordnede efter de Profiljærn, hvoraf de ere sammensatte: specielle Søjle-Profiljærn (*a—d*), \square - og Γ -Jærn (*e—k*), Vinkeljærn (*l—p*), Z-Jærn (*q—r*). De helt lukkede Tværnsnit, der rent regningsmæssigt ofte ere de mest økonomiske, undgaas helst af mange Konstruktører af Hensyn til Vedligeholdelsen; i alt Fald maa de indvendige, senere ikke tilgængelige Flader renses og males inden Sammenittningen. Paa den anden Side ere de meget aabne Tværnsnitsformer med mange Gitterforbindelser mellem de enkelte Tværnsnitsdele og smalle aabne Slidser heller ikke anbefalelsesværdige; de ere besværlige at holde vedlige med Maling og staa sig særlig daarligt overfor en Ildebrand. Af et godt Søjleprofil maa fordres: alle Flader let tilgængelige, saa faa smalle Mellemlum, Gitter-Forbindelser o. l. som muligt, saa faa Nitterækker som muligt (af Hensyn til Bekostningen), Materialet godt fjernet fra Axen i alle Retninger (af Hensyn til Stivheden) og Profilet dog saa massivt som muligt. Det Profil, der bedst opfylder disse Fordringer, er vel en enkelt bredflanget Differdinger Γ -Bjælke (*g*), navnlig for de lavere Profilnumres Vedkommende (op til Nr. 30).

Cirkelring-Profil (Fig. 220*a*) faas som svejsede Rør (op til 50 cm Diameter, 2 cm Godstykkelse) eller Mannesmann-Rør; Forbindelserne med Dragere o. l. ere lidt vanskelige; det anvendes sjældnere end de af de gængse Normalprofiler sammensatte Tværnsnit. Kvadrantjærns-Søjlen (*b—c*) anvendes nu noget mindre end tidligere; de indskudte Fladjærn i Fig. *c* forøge Inertimomentet og lette Forbindelserne, idet Fladjærnene kunne afbrydes og Knudeplader indskydes i Stedet. Trapez-Jærnene, hvoraf Søjlen i Fig. *d* er sammensat, vales kun af enkelte Værker.

Enkelte Γ - og \square -Jærn anvendes ofte ved mindre Belastninger for Simpelt Skyld, uagtet de ere temmelig uøkonomiske, \square -Jærn f. Ex. op ad en Mur; i Stedet for et Γ -Jærn kan undertiden med Fordel sættes to \square -Jærn (*h*), tæt sammennittede eller med en Plade-tykkelses Afstand (til Anbringelse af en Knudeplade). Til større Tryk ere som sagt de bredflangede Γ -Profiler (*g*) udmærkede. — Søjlen (*i*), to \square -Jærn forbundne ved sekundært Gitter, i Husbygning hyppigere kun ved Tværplader (*i* Stedet for de i Figuren viste fulde Plader), bruges meget ved middelstore Tryk.

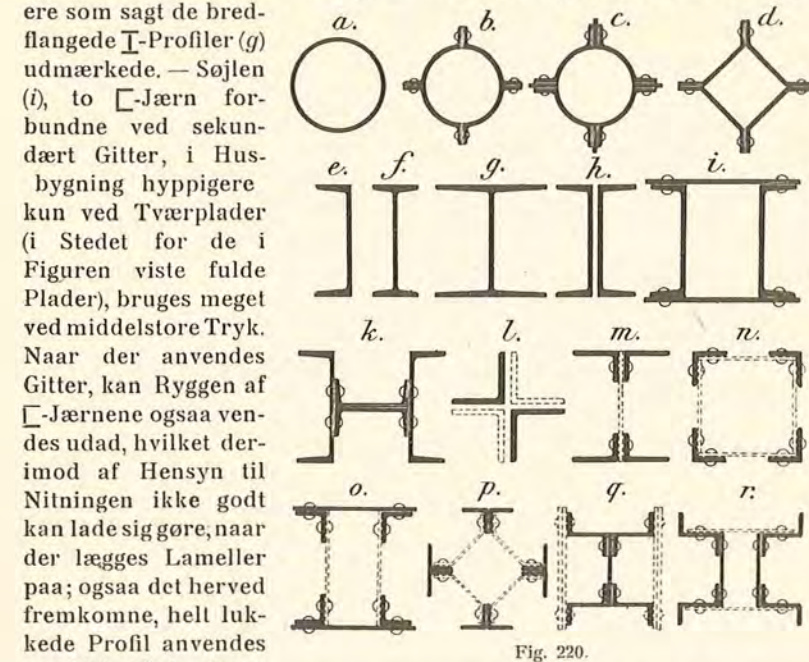


Fig. 220.

Naar der anvendes Gitter, kan Ryggen af \square -Jærnene ogsaa vendes udad, hvilket derimod af Hensyn til Nitningen ikke godt kan lade sig gøre, naar der lægges Lameller paa; ogsaa det herved fremkomne, helt lukkede Profil anvendes en Del. Ved større Tryk kan Søjlen (*k*) være praktisk; de to \square -Jærn, der danne Kroppen, kunne erstatte med et Γ -Jærn, hvis dettes Flanger give Plads nok til Nitterne, eller med et enkelt \square -Jærn. Profilerne (*i*) og (*k*) kunne fremstilles med større Dimensioner ved at erstatte de valsede \square -Jærn med Vinkeljærn og Plader, hvorved Nittearbejdet dog forøges meget. I Fig. 221 ses et ejendommeligt Søjleprofil, sammensat af to Γ -Jærn, der ere bøjede sammen, som Figuren viser; det har været anvendt en Del i Nord-Amerika.



Fig. 221.

Et enkelt svært Vinkeljærn kan undertiden anvendes som Hjørnesøjle, to eller fire Vinkeljærn i Korsform (*l*) ere bekvemme at bruge ved smaa Tryk (simple Forbindelser); Profilet med fire Vinkeljærn er dog ret uøkonomisk og ugunstigt for Vedligeholdelsen. — Det Γ -formede Profil (*m*) anvendes ofte med et Gitter, som punkteret; bedre, men ganske vist lidt mindre økonomisk, er en fuld Plade-Krop; uligesidede Vinkeljærn ere fordelagtigere end ligesidede, uligesidede Vulst-Vinkeljærn, som ere anvendte i nogle Tilfælde, endnu bedre. Et sværere Γ -Profil kan dannes ved Sammenstilling af to korsformede Tværnsnit. — Det kasseformede Profil (*n*), dannet af fire Vinkeljærn med Gitter, egner sig særlig til

lange, spinkle Søjler, men kan efter de ovenfor udviklede almindelige Grundsætninger ikke kaldes videre anbefalelsesværdigt. Gitteret kan naturligvis godt anbringes paa de udvendige Flader, hvilket dog ikke ser saa godt ud, og det kan paa de to eller paa alle fire Sider erstattes med en fuld Plade. Ved Kasse-Profilen (*o*), hvor Vinkeljærnene blot ere vendte i en anden Stilling, er der saaledes lagt Lameller paa de to Sider. Sværere kasseformede Profiler kunne dannes ved Sammenstilling af to Γ -formede som (*m*) eller ved at anbringe fire korsformede Tværnsnit som (*l*) i Vinkelspidserne af et Kvadrat. — Søjlen (*p*) er af amerikansk Oprindelse (Gray-Søjle); Vinkeljærnene kunne som i Figuren være tæt sammennittede eller have en Pladetykkelses Mellemrum, og der kan lægges Lameller paa de udvendige Flader; Forbindelsen mellem de fire enkelte Tværnsnitdele maa udføres ved højede Tværplader (Gitter kan ikke benyttes) og lader derfor noget tilbage at ønske; det indvendige, let tilgængelige Rum, hvor Rørledninger o. l. kan finde Plads, er en Fordel.

Den simpleste Z-Søjle (*q*) bestaar alene af 4 Z-Jærn og et Fladjærn (uden de i Figuren punkterede Lameller); den er meget økonomisk, ogsaa i Henseende til Nittearbejde (kun to Nitterækker). Forstærkninger kunne udføres ved de nævnte Lameller i Fig. *q* eller som i Fig. *r* vist.

Forbindelserne mellem de enkelte Tværnsnitdele udføres ved fortløbende Nitterækker, Udfyldingsstykker, Tværplader eller sekundært Gitter efter de i § 10 for Trykstænger angivne Regler.

Søjle-Hovedet og -Foden, navnlig den sidste, gøres ogsaa her undertiden af Støbejærn, ved Brokonstruktioner nu oftere af Staalstøbegods; specielt ved Pendulsøjler anvender man sædvanlig støbt Hoved og Fod. Det almindeligste er dog at nitte dem sammen af Plader og Vinkeljærn.

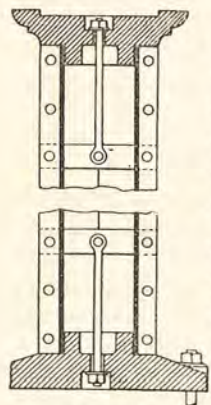


Fig. 222.

Om støbte Hoved- og Fodplader er der intet væsentligt nyt at meddele. Det er navnlig ved Søjleprofilerne i Fig. 220*a-d*, der ligne Støbejærnsøjler mest, at man anvender dem, og de konstrueres paa ganske lignende Maade som ved Støbejærnsøjler, med eller uden Ribber, eftersom de skulle brede sig mere eller mindre ud. Fig. 222 viser en simpel Konstruktion for en Kvadrantjærnsøjle som i Fig. 220*c*; Hovedet og Foden gribe med en Tap ind i Søjls Hulrum, og Trykket overføres direkte mellem de afdrejede Berøringsflader. Da man ikke kan

faa den nævnte Tap til at passe særlig nøje ind i de valsede Profiler, er der tilføjet en Bolt for at sikre Forbindelsen. — Ogsaa for de andre Søjleprofiler anvender man ofte i almindelig Husbygning for Simpelt Skyld støbte Fodplader, navnlig naar Søjlen bestaar af et enkelt Profiljærn (Γ , \square), saa der slet ingen Nitning forekommer. Det er da i Almindelighed pyramidestubformede Plader, der paa Oversiden ere forsynede med fremspringende Ribber til Styling for Søjlen og altsaa indrettede efter dennes specielle Tværnsnitsform. — Ved svære Søjler, hvor Trykket skal fordeles ud over en stor Flade af Fundamentet, kan det undertiden være praktisk at afslutte Søjlen forneden med en mindre, nitted Fod og stille denne ovenpaa en støbt Ribbe-Fodplade.

Nittede Hoved- og Fodplader fremstilles næsten altid paa følgende Maade: i de Mellemrum eller Slidser, som muligvis findes i Søjleprofilen (Fig. 220*h, l, m*) eller til de udvendige Sider af Søjlen nittes lodrette Plader, der ligesom Ribberne paa en støbt Fodplade brede sig ud til Siden, og til dem nittes igen Fodpladen ved Hjælp af Vinkeljærnstykker. I Almindelighed undgaar man saa vidt muligt Bøjninger og Forkrypninger og anvender i Stedet Paaforinger, og disse kunne ogsaa ofte gøre direkte Nytte som Forstærkninger af Ribberne.

Nogle Exempler ses i Fig. 223—27; i disse Figurer betegner en almindelig skraa Skravering en Paaforing, medens vandret eller lodret Skravering betegner en skraat afskaaren Plade (Ribbepladerne). Det simpleste Exempel er maaske det i Fig. 223. Søjlen bestaar her af to \square -Jærn; udvendig paa deres Flanger er der nitted et Par store lodrette Ribbe-Plader, der i det lodrette Billede ses bredende sig ud til Siderne. Til disse Plader er dernæst den rektangulære Fodplade nitted ved Hjælp af to Vinkeljærn langs de lange Sider, og desuden er \square -Jærnenes Krop forbunden med Fodpladen ved et Par korte Vinkeljærnstykker. Nitterne i Fodpladen ere forsænkede paa Undersiden. Samme Anordning bruges for Γ -formede Tværnsnit (man behøver blot at tænke sig de to \square -Jærn

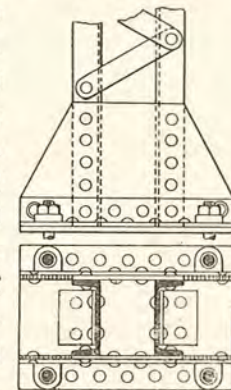


Fig. 223.

i Fig. 223 rykkede tæt sammen), for kasseformede Tværnsnit, Z-Søjler o. fl. I Fig. 224 er Konstruktionen vist for en Søjle af sidstnævnte Slags; naar man ser bort fra de Tilføjelser, der her ere gjorte af Hensyn til Befæstelsen i Fundamentet (hvorum nedenfor), er den i Virkeligheden ganske uforandret (det vandrette Billede er her drejet 90° i Forhold til Fig. 223).

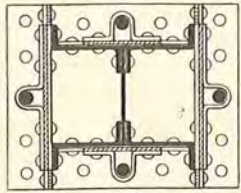
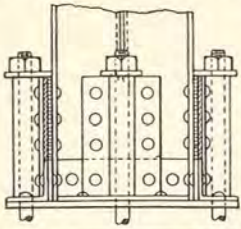


Fig. 224.

De aflukkede Rum i Fig. 223 og 224 inden i Søjlen ovenpaa Fodpladen, hvorfra Snavs og Vand ikke kan komme bort, ere i mange Tilfælde uundgaelige; man kan fylde dem med Beton, Asfalt o. l., hvis man ikke kan skaffe Afløb fra dem f. Ex. ved et Hul midt i Pladen

og et Rør ud gennem Fundamentet.

I Fig. 225 er behandlet et korsformet Profil. De lodrette Plader ere her skudte ind i Slidserne mellem Søjls Vinkeljærn, og for at undgaa Forkrybninger af de vandrette Vinkeljærnsstykker er der lagt Paaforinger mellem dem og de lodrette Plader udenfor Søjls Vinkeljærn.

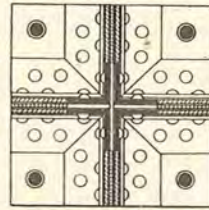
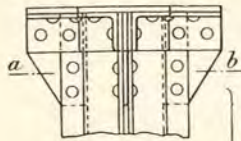


Fig. 225.

Fig. 226—27 referere sig til Kvadrantjærns-



Snit a-b.

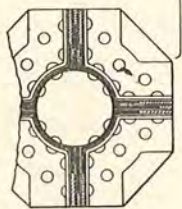


Fig. 226.

med de radiale Dele af Vinkeljærnene (smlgn. Fig. 227). — I Fig. 227 bestaar Søjlen blot af fire Kvadrantjærn. Ribbe-Pladerne ere her dobbelte og

Søjler. I Fig. 226 (et Søjlehoved) har Søjlen Tværnsnittet Fig. 220c med Fladjærn indskudte mellem Kvadrantjærnene, og de lodrette Ribbe-Plader ere anbragte paa disse Fladjærns Plads. De vandrette Vinkeljærn ere her bøjede, saa de passe som en Krave omkring Søjlen, og mellem Ribbe-Pladerne og Vinkeljærnene er der lagt Paaforinger i Flugt med Kvadrantjærnenes Flige. Bøjningen af Vinkeljærnene er dog besværlig og derfor dyr og tillige vanskelig at faa til at passe nøjagtigt; i Almindelighed kan man ogsaa godt undvære den og nøjes

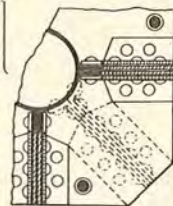
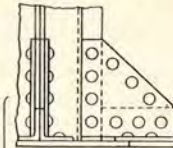


Fig. 227.

gribe baade om Kvadrantjærnenes Flige og om de opstaaende Flige af de (radialt anbragte) Vinkeljærnsstykker, der tjene til Forbindelse med Fodpladen; de til en Ribbe hørende to Vinkeljærn ere rykkede tæt sammen og maa helst have samme Tykkelse som Kvadrantjærnenes Flige, ellers maa der bruges Paaforinger. Endelig ere de trekantede Rum mellem Ribbepladerne fyldte med Pladestykker. Punkteret er det vist, hvorledes man, om fornødent, kan fremstille en Fodplade med 8 Ribber.

Hvad Befæstelsen af de nittede Fodplader til Fundamenterne angaar, saa har man undertiden ligesom ved Støbejærnsplader anbragt Ribber paa Undersiden (ved Paanitning af Vinkeljærn), men det almindeligste er at anvende Bolte. Hvis disse blot skulle sikre Pladens Stilling eller højest modstaa vandrette Kræfter, men intet lodret Træk (Indspændingsmoment), kan man anbringe dem som i Fig. 225, hvor de kun have fat i selve Fodpladen; denne er selvfølgelig ikke stiv nok til at overføre noget videre Træk til Boltene. Naar der skal kunne overføres et Moment (Træk) til Fundamentet, maa Boltene derimod have fat i Ribberne eller lige ved Siden af dem eller i selve Søjlen. Man kan bruge en af de i Fig. 223 og 224 viste Konstruktioner. I Fig. 223 gaa Boltene baade gennem Fodpladen og de vandrette Vinkeljærnsflige, og Møttrikken trykker paa en svær støbt eller smedet Underlagsskive, der passer ind mod Vinkeljærnets Runding og dets lodrette Flig; der kan da ikke fremkomme nogen Bøjning paa Strækningen mellem Boltene og Ribben. I Fig. 224 gaar Boltene op gennem en Øsken, dannet af en svær, bøjet Plade, der er nitted til Søjlen (med tilstrækkelig mange Nitter til at overføre Trækket) og helst ogsaa skal passe stramt mod Fodpladen (Vinkeljærnenes vandrette Flige); under de bøjede Øsken-Plader er der lagt Paaforinger.

Stød i Søjler af smedeligt Jærn kunne enten dækkes fuldstændigt ved Laskeplader og Nitning, saaledes at hele Kraften kan overføres herigennem, eller man kan lade de to Søjleender støde stumpt mod hinanden med afrettede Flader (Berøringsstød); den sidste Ordning kan naturligvis kun anvendes ved et centralt Tryk i Søjlen, og man maa paa en eller anden Maade — ved paanittede svage Lasker e. l. — sørge for en sikker Styling af de to Søjleender i Forhold til hinanden. Nærmere herom i J. K. II, S. 19.

Dimensionerne af de nittede Hoved- og Fodplader be-

stemmes paa lignende Maade som beskrevet for Støbejernsøjler. Pladen selv skal bære frit fra Ribbe til Ribbe eller er udkraget udenfor Ribberne, men Beregningen er mere usikker her, da det ikke er let at afgøre, hvor meget de vandrette Vinkeljærnsflige virke til Gunst. Man gaar derfor mere efter Skøn, hvad man saa meget roligere kan, som en Overanstrængelse her ikke bevirker et Brud, men kun en lidt større Formforandring (og dermed ganske vist en anden Fordeling af Trykket paa Fundamentet); det angives ofte, at Pladen kan gøres halv saa tyk som en Støbejernsplade. Ribbernes Højde vil her hyppigere være bestemt ved Hensynet til at skaffe Plads til Nitterne end ved deres Bøjningsmodstand. Man maa sørge for, at de ikke kunne folde sig ved Kanten (som Vejledning kan man herved gaa ud fra, at den frie Længde af en Plade, der paavirkes til Tryk, ikke maa være større end ca. 30 Gange dens Tykkelse), ellers maa de kantes med spinkle Vinkeljærn.

En Indspænding af Søjlen forneden kan tilvejebringes enten ved at stille den med en almindelig nittet Søjlefod ovenpaa Fundamentet og fastbolte (forankre) Søjlefoden hertil, eller ved at forlænge selve Søjlen ned og indstøbe den i Fundamentet; dette er i sidste Tilfælde altid en Betonklods. I første Tilfælde anvendes en rektangulær Fodplade med største Udstrækning i en Retning parallel med Indspændingsmomentets Plan. Naar Indspændingsmomentet er saa stort, at det er nødvendigt at tilvejebringe en Forankring, vil der altid kun være Tale om en Søjle af smedeligt Jærn.

En Forankring iværksættes ved Hjælp af Ankerbolte, der gaa tilstrækkelig dybt ned i Fundamentet og her have fat i en Ankerplade af Støbejern eller Staalstøbegods eller (ved større Kræfter) i nogle indstøbte Γ - eller \square -Jærn, maaske i to hinanden krydsende Lag (se § 12, Slutn.). Foroven skulle Ankerboltene være saaledes forbundne med Søjlen, at Trækket med Sikkerhed kan blive overført. Ved mindre Indspændingsmomenter kan man maaske nøjes med en Konstruktion af Søjlefoden som i Fig. 223—24, hvor Ankerboltene have fat i selve Søjleskafte (Fig. 224) eller i Fodpladen tæt inde ved Søjlen (Fig. 223), men naar Momenterne blive store, faar man paa den Maade let for svære Ankerbolte; det eneste Middel herimod er at rykke Ankrene

længere fra hinanden (og maaske derved ogsaa faa Plads til flere Bolte), hvorved man kommer til en Konstruktion som i Fig. 228. Fodpladen er her bleven til en nittet Kassedrager, parallel med Indspændingsmomentets Plan, og Ankerboltene ere rykkede ud til Enderne af Drageren. Denne maa kunne taale den Bøjning, der følger af Trækket i Ankerboltene, og ligeledes maa naturligvis dens Forbindelse med Søjlen være stærk nok til at modstaa de her virkende Kræfter. For at undgaa Vandsæk udstøbes hele Kassedrageren med Beton.

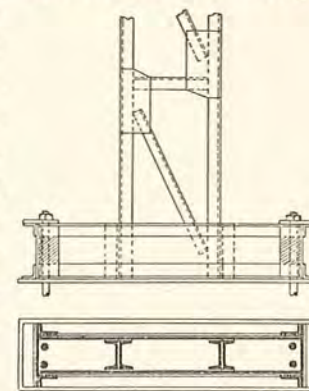


Fig. 228.

Beregning af Forankringen. Søjlefoden antages til Fundamentet at skulle overføre et centralt Tryk P og et Moment M (med Hensyn til en Axe, der skærer Søjles Midtlinie). Den rektangulære Fodplades Sidelinier ere h og b , og Momentet virker i en Plan parallel med Siden h .

I Stedet for P og M kan sættes Kraften P alene, naar den antages at virke med Excentriciteten

$$f = \frac{M}{P}. \quad (78)$$

Hvis $f \leq \frac{1}{2}h$ (Kærneradius), faas kun Trykspændinger, og den største og mindste af dem er:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_2 \\ \sigma_1 \end{array} \right\} = -\frac{P}{bh} \left(1 \pm \frac{6f}{h} \right). \quad (79)$$

Undertiden kan man maaske vælge $h \geq 6f$ og b saa stor, at σ_2 efter (79) højst bliver lig det tilladelige Tryk paa Fundamentet, og i saa Fald behøves ingen egentlig Forankring, selv om man alligevel for Sikkerheds Skyld bolter Fodpladen fast (med 1" à 1½" Bolte); men i mange Tilfælde kommer man paa den Maade til urimelige Dimensioner af Fodpladen.

Naar man dernæst vælger $h < 6f$, er det dog endnu ikke givet, at en Forankring regningsmæssigt er nødvendig; det excentrisk virkende Tryk P kan som bekendt holdes i Lige-

vægt af de i Fig. 229 viste Trykspændinger alene, og hertil svarer en største Trykspænding

$$\sigma_2 = \frac{2}{3} \frac{P}{b(\frac{1}{2}h - f)} \tag{80}$$

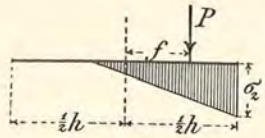


Fig. 229.

Ogsaa i dette Tilfælde vil man naturligvis for Sikkerheds Skyld alligevel anbringe Ankerboltene.

Først naar det bliver umuligt at anvende saa store Værdier af b og h , at

σ_2 efter (80) ikke overskrider den tilladelige Trykpaavirkning r_2 paa Fundamentet, d. v. s. naar baade $h < 6f$ og

$$h < 2f + \frac{1}{3} \frac{P}{b r_2}, \tag{81}$$

er en Forankring ogsaa rent regningsmæssigt uundgaaelig. Naar man som sædvanligt antager Trykspændingerne varierende efter en ret Linie, medens Trækket i Ankerboltten virker som en Enkelkraft, faas da en Spændingsfordeling som den i Fig. 230 viste, og Beregningen bliver aabenbart den samme som for et Jærnbeton-Tværsnit, der er paavirket af en excentrisk Normalkraft. Der kan ganske vist gøres forskellige Indvendinger herimod*); Beregningen forudsætter, at man kender Elasticitetskoefficienten E_b for Fundament-Materialet eller dennes Forhold til Jærnets (Ankerboltens) Elasticitetskoefficient E_i , og dels kendes denne Størrelse neppe videre nøjagtigt i de enkelte Tilfælde, dels er det sandsynligvis ikke en Gang uden videre den sædvanlige Værdi af Elasticitetskoefficienten, man skal indføre, idet Trykket her kun virker paa en mindre Del af Fundamentets Overflade; i Fugen mellem Fodplade og Fundament skal man egentlig regne med en Forlængelse af Ankeret, svarende til hele Længden af dette over nævnte Fuge; til Ankerets Forlængelse skulde egentlig medregnes det Bidrag, der hidrører fra Fodpladens lokale Deformation, o. v. s.; og endelig faar Ankeret gerne en Begyndelsesspænding strax ved Tilspændingen. Imidlertid kan man ikke ad nogen anden Vej opstille nogen bedre eller paalideligere Beregning, og man kan overhovedet ikke opstille nogen Beregning uden at gøre en eller anden vilkaarlig Forudsætning, saa vi ville i alt Fald

*) Se »Der Eisenbau« 1913, S. 201—02.

her stille Behandlingen som Jærnbeton-Tværsnit forrest. Forholdet $E_i : E_b = n$ kan antages for de sædvanligt anvendte Fundament-Materialer at ligge mellem 10 og 5; for Spændingen i Ankerboltten spiller n 's Værdi ikke nogen videre Rolle, hvorimod den har en betydelig Indflydelse paa Trykspændingerne. Man gør bedst i at gennemføre Beregningen med et Par forskellige Værdier af n .

Foruden de ovenfor indførte bruges følgende Betegnelser (se Fig. 230):

$E_i : E_b = n$ (= 10 à 5),

σ_i ... Trækspændingen i Ankerboltten,

σ_b ... største Trykspænding paa Fundamentet,

h_n ... den nyttige Højde (Længde) af Fodpladen, fra den trykkede Kant til Ankerboltten,

x ... Nulliniens Afstand fra den trykkede Kant,

c ... Ankerboltens Afstand fra Midten af Fodpladen,

F_i ... Ankerboltens Tværsnitsareal,

$$\beta = \frac{x}{h_n}, \quad 1 - \beta = \frac{h_n - x}{h_n}.$$

Idet Resultanten af Trykspændingerne er $\frac{1}{2} b x \sigma_b$,

$$\text{og idet} \quad \frac{n \sigma_b}{\sigma_i} = \frac{x}{h_n - x} = \frac{\beta}{1 - \beta}, \tag{82}$$

findes ved at sætte Summen af de lodrette Kræfter lig Nul og ved at opskrive Momentligningen om Ankerboltens Midtpunkt*):

$$\text{og} \quad \left. \begin{aligned} \frac{1}{2} b x \sigma_b &= \sigma_i F_i + P, \\ \frac{1}{2} b x \sigma_b (h_n - \frac{1}{3} x) &= M + Pc = P(f + c). \end{aligned} \right\} \tag{83}$$

Af den første af disse faas, naar σ_b udtrykkes ved σ_i :

$$F_i = \frac{\frac{1}{2} \beta^2 b h_n}{1 - \beta} \frac{P}{\sigma_i}, \tag{84}$$

og af den anden:

$$\frac{1}{6} b h^2 \cdot \beta (3 - \beta) \cdot \sigma_b = P(f + c),$$

eller med Betegnelserne

$$M_i = M + Pc = P(f + c), \tag{85}$$

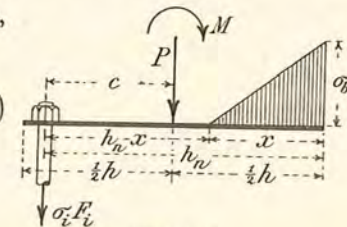


Fig. 230.

*) Se P. M. Frandsen: Jærnbetontværsnit med excentrisk Normalkraft, »Ing.« 1913, Nr. 44. Udførlige Tabeller til Lettelse af Beregningerne findes i »Ing.« 1913, Nr. 82.

$$W_b = \frac{1}{6} b h_n^2 \cdot \beta (3 - \beta) \quad (86)$$

$$W_b = \frac{M_i}{\sigma_b} \quad (87)$$

Til at begynde med kender man de tilladelige Værdier af σ_i og σ_b , og deraf findes ved (82):

$$\beta = \frac{n \sigma_b}{n \sigma_b + \sigma_i} \quad (88)$$

Idet man nu vælger (skønner) h , og dermed h_n , kendes ogsaa det i M_i indgaaende c (foreløbigt kan c sættes lig $0,45 h_n$), hvorefter man af (87) kan finde det nødvendige W_b og af (86) Bredden b . (84) giver saa endelig det nødvendige Tværsnit F_i af Ankerboltens. Ved et Par Forsøg finder man saaledes nogle passende Dimensioner.

Det Tværsnitsareal F_i , der indgaar i ovenstaaende Formler, maa nærmest opfattes som Ankerboltens fulde Tværsnit og σ_i som den herpaa virkende Spænding. Imidlertid skal Boltens naturligvis egentlig dimensioneres efter Kærnetværsnittet, der for de sædvanligt anvendte Boltediametre ligger mellem 0,75 og 0,8 af det fulde Tværsnit. Man lader da simplest F_i vedblivende betyde det fulde Tværsnit og regner til Gengæld med et σ_i , der kun er 0,75 à 0,8 af den tilladelige Trækpaavirkning i Boltens, d. v. s. for en tilladelig Ankerpaavirkning paa 700 kg/cm^2 sætter man

$$\sigma_i = 525 \text{ à } 560 \text{ kg/cm}^2.$$

Hvis der anvendes flere Ankerbolte med Tværsnitsarealerne F_i' , $F_i'' \dots$ og i forskellige Afstande fra Nullinien, kunne Formlerne bruges uforandrede, naar man sætter $F_i = F_i' + F_i'' \dots$ og tænker sig dette Areal samlet i Boltetværsnittens fælles Tyngdepunkt. Det er da dette Punkts Afstand fra den trykkede Kant, som hedder h_n , og Jærnsplændingen i Tyngdepunktet, som er σ_i . Man begynder bedst med at gennemføre Beregningen med en skønnet lavere Værdi af σ_i , og idet Spændingerne i de forskellige Ankerbolte regnes proportionale med Afstandene fra Nullinien, korrigerer man ved en Omregning, dersom Spændingen i den fjerneste Bolt bliver for stor.

Da som sagt Værdien af Forholdet $n = E_i : E_b$ i den angivne Beregning er noget problematisk, nøjes man ofte med følgende Tilnærmelse*).

*) En anden vilkaarlig Beregning er opstillet i »Der Eisenbau« 1913, S. 202.

For $h < 6f$ faar man efter (79) den i Fig. 231 viste Spændingsfordeling for en homogen Bjælke. Nullinien ligger ifølge T. E., S. 244, i Afstanden

$$n_k = \frac{i^2}{f} = \frac{h^2}{12f}$$

fra Midtpunktet (P 's Angrebspunkt). Resultanterne R_1 og R_2 af Træk- og Trykspændingerne angribe i de skraverede Trekanters Tyngdepunkter, og følgelig bliver Afstanden p_2 fra P til R_2 (se Figuren):

$$p_2 = \frac{1}{2} h - \frac{1}{3} (n_k + \frac{1}{2} h) = \frac{1}{3} (h - n_k),$$

$$p_2 = \frac{1}{3} h \left(1 - \frac{h}{12f} \right), \quad (89a)$$

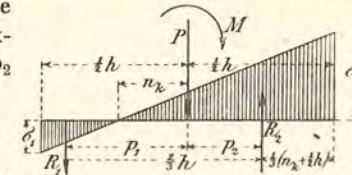


Fig. 231.

og paa samme Maade findes

$$p_1 = \frac{1}{3} h \left(1 + \frac{h}{12f} \right). \quad (89b)$$

Ved at opskrive Momentligningen om R_2 's Angrebspunkt faas:

$$R_1 \cdot \frac{2}{3} h + P p_2 - M = 0, \quad R_1 = \frac{M - P p_2}{\frac{2}{3} h}$$

og ved Indsættelse af $M = P f$ og p_2 's Værdi:

$$R_1 = \frac{1}{2} P \left(3 \frac{f}{h} + \frac{1}{12} \frac{h}{f} - 1 \right). \quad (90)$$

Dette anvendes nu paa den Maade, at man dimensionerer Ankerboltens til at optage Trækket R_1 og anbringer den i Afstanden p_1 fra Midten eller i alt Fald ikke nærmere ved Midten. Største Tryk paa Fundamentet er σ_2 efter (79). Man begynder med at bestemme b og h saaledes, at σ_2 ikke overskrider den tilladelige Værdi, og finder dernæst Ankerboltens Spænding og Plads ved (90) og (89b).

Tal eksempel. En Søjle er paavirket af Trykket $P = 10^4$ med Excentriciteten 20 cm , og i Højden 4 m over Fundamentet angriber desuden en vandret Kraft paa $2,5^t$, der bøjer til samme Side som det excentrisk virkende P . Det tilladelige Tryk paa Fundamentet er 20 kg/cm^2 , det tilladelige Træk i Ankerboltene 700 kg/cm^2 .

Fodpladen er altsaa paavirket af et centralt Tryk $P = 10\,000 \text{ kg}$ og et Moment $M = 10\,000 \cdot 20 + 2500 \cdot 400 = 1200\,000 \text{ kg cm}$; efter (78) er da $f = \frac{1\,200\,000}{10\,000} = 120 \text{ cm}$. Det vilde her aabenbart være urimeligt at vælge $h \geq 6f = 7,20 \text{ m}$; den ved (81) bestemte Grænseværdi:

$$h = 2 \cdot 120 + \frac{4}{3} \cdot \frac{10\,000}{20b}$$

viser, at $b = \infty$ for $h = 240 \text{ cm}$, og under den Værdi kan man altsaa ikke komme uden Forankring.

Efter den for et Jærnbeton-Tværsnit gældende Beregning findes nu:

$$\text{med } \sigma_i = 0,75 \cdot 700 = 525, \quad \sigma_b = 20 \text{ kg/cm}^2, \quad n = 10,$$

er efter (88):

$$\beta = \frac{200}{725} = 0,276, \quad \beta(3-\beta) = 0,752, \quad \frac{\frac{1}{2}\beta^2}{1-\beta} = 0,0526.$$

Sættes det i M_i indgaaende c foreløbigt lig $0,45h_n$, faas efter (87) og (86):

$$W_b = \frac{0,752}{6} b h_n^2 = \frac{10\,000(120 + 0,45h_n)}{20} = 60\,000 + 225h_n,$$

og heraf, og efter (84), findes følgende sammenhørende Værdier:

$$\begin{array}{lll} h_n = 150 \text{ cm}, & b = 33,4 \text{ cm}, & F_i = 7,4 \text{ cm}^2, \\ h_n = 125 \text{ „}, & b = 45 \text{ „}, & F_i = 10,6 \text{ „}, \\ h_n = 100 \text{ „}, & b = 66 \text{ „}, & F_i = 15,7 \text{ „}. \end{array}$$

Hvilke af disse Værdier man vil bruge, afhænger noget af det konkrete Tilfælde (Søjle's Tværsnitsdimensioner o. s. v.); vælges f. Ex. de sidste, kan man med $F_i = 15,7$ bruge 2 Stkr. $1\frac{1}{4}$ " Ankerbolte (fuldt Areal = $2 \cdot 7,91 = 15,82 \text{ cm}^2$), som har Kærnetværsnit $11,54 \text{ cm}^2$; Spændingen paa dette sidste bliver da $\frac{15,7}{11,54} \cdot 525 = 715 \text{ kg/cm}^2$. Naar Boltene anbringes i Afstanden 6 cm fra Kanten af Fodpladen, bliver hele dennes Længde 106 cm og Afstanden $c = 53 - 6 = 47 \text{ cm}$, medens vi have skønnet $0,45 \cdot 100 = 45 \text{ cm}$. En Omregning er da unødvendig.

Med $n = 5$ faar man: $\beta = 0,16$, $\beta(3-\beta) = 0,454$, $\frac{\frac{1}{2}\beta^2}{1-\beta} = 0,0153$, og de sammenhørende Værdier:

$$\begin{array}{lll} h_n = 150 \text{ cm}, & b = 55 \text{ cm}, & F_i = 6,2 \text{ cm}^2, \\ h_n = 125 \text{ „}, & b = 74,5 \text{ „}, & F_i = 9,4 \text{ „}, \\ h_n = 100 \text{ „}, & b = 109 \text{ „}, & F_i = 14,2 \text{ „}. \end{array}$$

Ankerværsnittet bliver altsaa omtrent det samme som med $n = 10$, hvorimod $n = 5$ kræver en betydelig større Bredde.

Efter den anden Beregningsmaade faas til Bestemmelse af b og h efter (79):

$$20 = \frac{10\,000}{bh} \left(1 + \frac{6 \cdot 120}{h}\right),$$

og heraf og ved (90) findes:

$$\begin{array}{lll} h = 150 \text{ cm}, & b = 19,3 \text{ cm}, & R_1 = 7600 \text{ kg}, \quad F_i = 14,5 \text{ cm}^2, \\ h = 125 \text{ „}, & b = 27,1 \text{ „}, & R_1 = 9900 \text{ „}, \quad F_i = 18,9 \text{ „}, \\ h = 100 \text{ „}, & b = 41 \text{ „}, & R_1 = 13000 \text{ „}, \quad F_i = 24,8 \text{ „}, \end{array}$$

hvor F_i er bestemt ved at dividere R_1 med 525. Man ser, at Resultaterne ikke stemme videre godt med de ovenfor fundne.

Efter at Fodpladens og Ankerboltens Dimensioner saaledes ere bestemte, staar det tilbage at angive Størrelsen af selve Fundamentet (i Almindelighed en Betonblok). Det er paavirket af de Kræfter P og M , som Søjlen overfører, og desuden af sin Egenvægt, og denne sidste skal saa bestem-

mes saaledes, at Trykket paa Grunden ikke bliver for stort, og saaledes at man har en Sikkerhed $n_1 = 1,5$ à $2,0$ mod Væltning. For et i Jorden nedgravet Fundament spiller den sidste Betingelse i de fleste Tilfælde ingen Rolle, idet man her kan regne Jordens Modtryk til Gunst.

En Indstøbning af Søjlen i Fundamentet er ofte et simpelt Middel til at frembringe den ønskede Indspænding; der medgaar en større Søjlelængde, men spares til Gengæld paa Fodpladens Størrelse og Ankerboltene. Fodpladen falder dog ikke helt bort, men gøres kun saa stor som nødvendig til Overførelse af det centrale Tryk; med det samme opnaar man herved en sikrere Stilling af Søjlen i Fundamentet. Excentricitets-Momentet holdes derimod i Ligevægt af Fundamentets Modtryk ind mod Søjle's lodrette Sideflader. For at undgaa en altfor stor Indstøbningslængde kan man blive nødt til at forøge Bredden af disse Sideflader ved paanittede Lameller, [Jærn e. l., men naturligvis maa man samtidig sørge for, at den indstøbte Del af Søjlen kan taale disse Tryk uden utilladelige Deformationer af det vandrette Tværsnit.

Beregning af Indstøbningen. Det centrale Tryk P (Fig. 232) antages som sagt overført direkte gennem Fodpladen, saa det kun er den vandrette Kraft H og Momentet

$$M = Pe + H(c + \frac{1}{2}d) = Hf, \quad (91)$$

(herved er f defineret), der skal holdes i Ligevægt af Fundamentets Modtryk mod Søjle's Sider. Fordelingen af dette Tryk forudsættes gerne retlinet, som vist i Fig. 232. Naar Bredden af Trykfladen kaldes b , Dybden d , faas da:

$$\sigma_2 = \frac{H}{bd} \left(1 + \frac{6f}{d}\right), \quad \sigma_1 = \frac{H}{bd} \left(-1 + \frac{6f}{d}\right), \quad (92)$$

og b og d skulle bestemmes saaledes, at σ_2 ikke bliver større end det tilladelige Tryk paa Fundament-Materialet. Desuden maa man naturligvis sørge for, at Betonklodsen ikke klippes over af Forskydningsspændingerne eller rives over af Trækspændingerne i de lodrette Snit i Flugt med Søjle's Sider, samt ligesom ovenfor sikre sig, at Trykket paa Grunden ikke

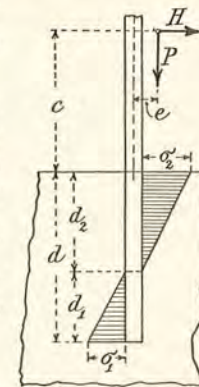


Fig. 232.

bliver for stort. — Man gør i Almindelighed Indstøbningsdybden 0,5 à 1,0^m større end beregnet.

Den her angivne Beregning kunde synes umiddelbart anvendelig ogsaa paa Master o. l., der ere nedgravede i Jorden, og den er ogsaa virkelig den hyppigst anvendte. Her er det imidlertid ganske nødvendigt at give et rigeligt Tillæg til den beregnede Nedgravningsdybde, idet den rellinede Spændingsfordeling for Jordens Modtryk neppe kan være rigtig. I og for sig synes det her sandsynligere, og det stemmer ogsaa bedre med de anstillede Forsøg, at antage Trykket lig Nul lige i Jordoverfladen og forøvrigt varierende efter en Kurve omtrent som i Fig. 233, men paa den Maade finder man en betydelig større Nedgravningsdybde end ovenfor*). Det vilde dog føre for vidt at gaa nærmere ind paa dette Spørgsmaal her, saa det maa være tilstrækkeligt at tilføje, at man i (92), hvis man bliver staaende ved denne Formel, bør regne med en højeste Værdi af σ_2 , der ikke er mere end halvt saa stor som det ellers tilladelige Tryk paa Grunden.

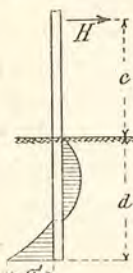


Fig. 233.

*) Centralbl. d. Bauverw. 1903, S. 273; Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-wesen 1910, S. 367; Beton & Eisen 1911, S. 16 og S. 226. Det sidste Sted udledes, under Forudsætning af en parabolisk Spændingsfordeling som i Fig. 233, følgende Formel for den nødvendige Nedgravningsdybde:

$$d = \frac{3H}{br_2} + \sqrt{\frac{12Hc}{br_2}}$$

hvor b er Trykfladens (vandrette) Bredde, r_2 det tilladelige Tryk paa Grunden.

FJERDE AFSNIT.

Fremstillingen af Jærnkonstruktioner.

§ 15. **Arbejdets Udførelse***). Naar Udførelsen af en Jærnkonstruktion er overdraget en Fabrik, bestaar dennes første Arbejde i at fremstille de nødvendige Arbejdstegninger (og Materialfortegnelser til Bestilling af Jærnet), idet de modtagne Tegninger sjældent ere tilstrækkelig detaillerede og i alt Fald næppe med Paaskrifter, Nummerering osv. ere udstyrede efter den specielle Fabriks Sædvane. Efter Modtagelsen af Jærnet begynder det egentlige Værkstedsarbejde med kold Retning af de enkelte Stykker, derefter følger eventuelt Bøjning og Forkrypning, saa Opmærkningen af Huller og Stød, dernæst Afskæring og Boring, Rensning (og som Regel strax efter en Strygning med Linoliefernis), Sammenstilling og Nitning, for saa vidt denne kan udføres i Værkstedet. Efter at der endnu muligvis er foretaget en Prøve-Sammenstilling af hele Konstruktionen eller dog større Dele af den, grundes de enkelte Stykker og ere dermed færdige til at forsendes til Byggepladsen, hvor nu kun Monteringens staar tilbage.

Arbejdstegningerne udføres gerne i Maalestoksforholdet 1:10 à 1:20, for mere komplicerede Detailler undertiden 1:5, sjældnere 1:1. Tegningerne skulle indeholde alle nødvendige Oplysninger for Fabrikationen. Ved mindre og ikke særlig sammensatte Konstruktioner kunne alle de enkelte Dele tegnes i Sammenhæng, som de indgaa i Konstruktionen, ellers maa de tegnes ud hver for sig, og de tilstødende Konstruktionsdele angives da gerne med rødt eller punkteret. Der maa anvendes tilstrækkelig mange Projektioner til fuldstændigt at bestemme den omhandlede Genstand; hvis der er





*) Her er navnlig benyttet følgende Værker: Schaper: Eiserne Brücken (3^{die} Udg.) 1914; Schaper: Kurze Anleitung für die Bauüberwachung eiserner Brücken, Berlin 1912; Kersten: Eisenhochbau, Berlin 1913; Bernhard: Eiserne Brücken, Berlin 1911; Am. Br. Co.'s standards (1901, revid. 1903, ny Udg. 1911) og sammes Specifications and tables for steel framed structures, Boston 1913, en Art. af Christiani i »Ingeniøren« 1902, S. 21, o. fl.

Mulighed for Tvivl, maa der tegnes en ny Projektion eller et nyt Snit. Forøvrigt maa det erindres, at det vigtigste ved Tegningen er de paaskrevne Maal og andre Oplysninger, eller anderledes udtrykt, at Tegningen nærmest udføres, for at man skal kunne angive alle Maal paa en overskuelig Maade. Der maa ganske vist tegnes nøjagtigt, fordi det under Tegningens Udførelse kan blive nødvendigt at maale paa den; men paa den færdige Tegning er det Reglen, at der ikke maa maales i Værkstedet; mangler der et Maal, maa man spørge sig for. Af dette Formaal for Tegningen følger ogsaa forskellige Lettelser, som man maaske kan tillade sig; Nittehoveder, sete fra Siden, tegnes saaledes maaske slet ikke (hvis de ses helt i en anden Projektion) eller kun med en Streg, undtagen paa Punkter, hvor man derved letter Forstaaelsen, f. Ex. i Omegnen af Monteringsnitter, forsænkede Nitter o. l.; en Række Detailmaal, der er ganske identisk med en andetsteds vist, gentages ikke (og den tilsvarende Del af Tegningen kan da maaske ogsaa behandles mere skitsemaessigt), idet en Henvisning kan være tilstrækkelig; Hovedmaalene derimod gentages altid. — For Tydeligheds Skyld gør man i Snittene Forskel (ved Skravering, Sværtning o. l.) paa de Dele, der høre med til det løbende Tværnsnit, og dem, der kun forekomme i enkelte Punkter, som Knudeplader, Udfyldingsstykker o. l.

Paa Tegningerne maa altid ved en Paaskrift eller ved Signaturer*) angives, hvilket Materiale der anvendes, hvilke Flader navnlig paa støbte Stykker der skulle afrettes (afdrejes, høvles o. l.), endvidere Nitte- og Boltedimensioner, Monteringsnitter og forsænkede Nitter, og endelig skal hvert Stykke have sit Nummer eller Betegnelse.

Hvad Maalpaaskrivningen angaar, da kan denne naturligvis udføres paa forskellig Maade. Et Begreb derom kan man faa af Pl. 1 og Pl. 2. I Henseende til Maal kan Pl. 1 betragtes som en fuldstændig Arbejdstegning af en Pladejærnsdrager (bortset fra Afbrydelserne); om Systemet for Paaskrivningen er der allerede i Talexemplet i § 9, S. 105, sagt det nødvendige. Man vil specielt lægge Mærke til, og dette gælder for alle Arbejdstegninger, at en fortløbende Række Smaamaal altid skal kunne kontrolleres derved, at deres Sum skal være lig et ved Siden af staaende Hovedmaal (her for hvert Fag). For Spærfaget paa Pl. 2 vilde der til en fuldstændig Arbejdstegning endnu kræves: Nittemaalene ved Knudepunkterne skulde fortsættes fra den ene Ende af Stangen til den anden, saaledes at de indbefattede Nitterne i Udfyldingsstykkerne; foruden de paaskrevne matematiske Stanglængder skulde ogsaa de virkelige Længder angives (i Almindelighed tilføjes disse Længdemaal lige efter Angivelsen af

*) Am. Br. Co. anvender f. Ex. følgende Signaturer:

Valset Staal i Snit: sværtet eller	
Støbejern > :	
Staalstøbegods > :	
Fosforbronce eller Metal:	

Tværsnitsdimensionerne, saaledes som det paa Pl. 2 ses flere Steder, f. Ex. for Vinkellaskerne ved Knudepunkt 0); Knudepladerne ere ganske vist tilstrækkelig bestemte for Opmærkningen ved de paaskrevne Nittemaal og ved den almindelige Bemærkning om Afstanden fra Nittemidte til Pladekant, men af Hensyn til Bestillingen kan det blive nødvendigt at angive særlige Maal paa disse Pladers Længde og Bredde og væsentligste skraa Afskæringer (i Forhold til et omskrevet Rektangel).

Jærnet bestilles gerne fra Valseværkerne med de Længder, man skal bruge, dog med et Tillæg af mindst 5^{cm} (og hvis Ende-fladen skal bearbejdes, maaske endnu 5^{mm} mere), idet en større Nøjagtighed end $\pm 5^{\text{cm}}$ medfører Overpris*). Kortere Stykker kunne ved Bestillingen slaas sammen til én Længde.

Retning. Naar Jærnet kommer direkte fra Valseværket, er det kun rettet omtrentligt (varmt) og maaske desuden bøjet og bulet ved Transporten; det skal derfor først rettes nøjagtigt lige. Hertil benyttes dels Maskiner, Valseværker (mest for Plader og Fladjærn) og Skrue- eller hydrauliske Presser (til Façonjærn og til Fladjærn paa Højkant), dels Haandkraft, Udhamring af Buler o. l. Den ikke ualmindelige Retning paa Højkant ved Strækning langs den konkave Side er, ligesom stærk Overhamring i det hele taget, skadelig for Jærnet og bør ikke tillades.

Bøjning. Svage Bøjninger og Knæk (d. v. s. \leq ca. 15°) i Vinkeljærn og de mindre Profiler af \square - og Γ -Jærn vinkelret paa Kroppen samt naturligvis af Plader, Flad- og Universaljærn paa Fladen kunne frembringes koldt, paa lignende Maade som Retning. Skarpere Krumninger af de samme Profiler maa foretages varmt, og ligeledes alle Bøjninger af \square - og Γ -Jærn og Universaljærn paa Højkant; disse sidste Bøjninger undgaas derfor bedst, idet der lægges et Stød i Knækket.

Forkrypninger udføres altid varmt, ved Haandsmedning i Sænkere eller bedre under en Damphammer eller ved Presning. Dette gælder ogsaa Kile-Forkrypninger; den tilsvarende Kile-Paaforing skal helst høvles.

Opmærkningen foretages paa flere forskellige Maader; de to almindeligste ere: Benyttelse af Skabeloner og direkte Afsætning paa de enkelte Stykker Jærn.

Den førstnævnte Fremgangsmaade anvendes næsten overalt i Nordamerika og ogsaa mange andre Steder. Der fremstilles her efter Arbejdstegningerne Skabeloner i fuld Størrelse, hvorefter alle Huller og Snit ved Køner og Ridsstift kunne overføres paa Jærnet. Naar der anvendes Træ til Skabelonerne (i Amerika gerne $\frac{3}{8}$ " Brædder), maa dette være særlig godt lagret og tørret for ikke at svinde og slaa sig, inden det er færdig benyttet; andre Steder bruges ofte Baandjærn og tynde Plader (Blik) til Skabelonerne, eller naar det kun er af Knudepunkterne (Knudepladerne),

*) I alt Fald ved Levering gennem »Stahlwerksverband«; se »Eisen im Hochbau«, Berlin 1913, S. 12.

der fremstilles Skabeloner, undertiden kun svært Papir eller Pap. Forøvrigt kan man gaa frem paa to Maader, der begge anvendes. Enten kan man gøre Arbejdstegningerne saa fuldstændige, at Skabeloner af de enkelte Dele kunne fremstilles direkte efter dem, uden at man derved behøver at bryde sig om Sammenhængen med de tilstødende Dele (dette har været forudsat ved Omtalen af Arbejdstegningerne ovenfor), eller Tegningerne kunne indskrænkes til at angive de vigtigste Dimensioner, saaledes at det hele derefter kan tegnes op paa et Gulv i fuld Størrelse; de fleste Detailler blive da først tegnede ind her, om de end i Hovedtrækkene maa være angivne paa Arbejdstegningen. Dette kræver dygtige Folk og navnlig stor Plads i Skabelon-Værkstedet og anvendes derfor mindre og mindre, mest til meget komplicerede Ting som Taarne, Kupler, Gratspær o. l. eller til saadanne Konstruktioner, som i de fleste Henseender laves efter én Gang for alle fastsatte Normer.

Ved Opmærkning direkte paa de enkelte Jærnstykker er Hovedreglen den, at man saa vidt muligt kun afsætter (ved Hjælp af Maalestokke) de paa Tegningen angivne Maal paa et enkelt af de Stykker, der skulle samles ved Nitning, og saa mærker de andre Stykker op herefter. F. Ex. kan man ved en Pladejærnsdrager tegne Maalene direkte ind paa Kroppladen, herfra føre dem over paa en Lamel i hver Flange og efter disse Lameller igen opmærke de andre Lameller og Vinkeljærnene; man begynder med at tegne Nittelinierne ind paa alle de nævnte enkelte Stykker. Ved Gitterdragere gaar man ud fra Systemlinierne, afsætter Maalene fra Arbejdstegningerne ud ad dem og fører dem over paa de dermed parallelle Nittelinier. Ved Fabrikation af flere ens Dragere benytter man den først opmærkede, efter at Hullerne først ere borede, som Skabelon for de andre; baade her og ved Benyttelse af Træ-Skabeloner mærkes Hullerne over ved en Kørner, der passer nøjagtigt i Skabelonens Huller.

Afskæringen udføres enten strax til den nøjagtige Længde, eller hvis en Afretning af Snitfladen skal finde Sted, 2—5 mm længere. Der kan anvendes Klipping, med Pladesaxe for Plader og Fladjærn (ogsaa til krumme Snit, f. Ex. i Knudeplader), Vinkeljærnsaxe til vinkelrette (sjældnere ogsaa skraa) Snit i Vinkeljærn; undertiden haves ogsaa Saxe til andre Profiljærn (I- og C-Jærn). Da Klipping virker nogenlunde paa samme Maade som Lokning, om end ikke saa voldsomt, foreskrives det i Almindelighed, at 2 à 5 mm nærmest Snittet bagefter skal fjernes (ved Fræsning, Høvling, Mejsling o. l.) overalt, hvor Styrken spiller nogen Rolle. Til Profiljærn, og navnlig til skraa Snit, benyttes mest Rundsav, hvorved Materialet skaanes langt mere, men Arbejdet kræver ulige længere Tid. Ved indadgaaende Vinkler og i det hele ved vanskelige Snit, hjælper man sig ved Lokning eller Boring af en Række Huller tæt ved hinanden og Afpudsning med Mejsel eller Smergelskive. Slidser kunne fremstilles paa lignende Maade, eller man borer kun ved Enderne og høvler eller fræser det øvrige ud. Vanskelige Snit, Slidser o. l. har man i de senere Aar ogsaa begyndt at udføre ved Skæring med

Knaldluft- eller Acetylen-Flamme; efter denne Proces forlanges dog gerne ligesom efter Klipping en Bearbejdelse af Snitfladerne.

Afretning af Støflader og andre Flader, hvor en nøjagtig Pasning fordres, udføres for Haanden ved Mejsel eller Fil eller ved de sædvanlige Maskiner. Paa større Fabrikker findes der en Del Specialmaskiner, f. Ex. til Affræsning af Enderne af Vinkeljærns Afstivninger ved Pladejærnsdragere o. l.

Om Hullernes Fremstilling ved Boring eller Lokning er det nødvendige meddelt i § 3. Her tilføjes kun, at man, hvis Hullerne skulle bores, enten foreløbigt kan bore de enkelte Huller 2—3 mm for smaa, og først efter Samling af alle de Stykker, der skulle nittes sammen, bore op til den rigtige Størrelse gennem hele Tykkelsen paa én Gang, eller man kan samle alle Stykkerne og strax bore gennem hele Tykkelsen til fuld Størrelse. Hullerne komme i Almindelighed til at flugte bedst paa den første Maade; hvad der er fordelagtigst, afhænger alene af vedkommende Fabriks Sædvane og Udstyrelse med Maskiner. Hvis det tillades at lokke Hullerne med mindre Diameter og bagefter bore eller rive op, bør denne Udboring altid udføres gennem hele Tykkelsen paa én Gang. — Som allerede i § 3 angivet, forlanges det næsten overalt i Europa*), at Hullerne skulle bores, hvorimod der i Nordamerika i stor Udstrækning anvendes Lokning, i blødt Staal og ved ikke for store Tykkelser uden paafølgende Oprivning, i middelhaardt Staal og ved større Tykkelser ogsaa i blødt Staal forlanges dog Oprivning bagefter. Som Følge heraf ere ogsaa Lokkemaskinerne stærkt udviklede i Nordamerika; Maskiner, der paa én Gang kunne lokke en hel Række Huller og automatisk bestemme Afstanden mellem Hulrækkerne, forekomme meget almindeligt. — Man maa være forberedt paa, at Lokningen i Almindelighed medfører en mindre Forlængelse af Jærnet.

Ved Sammenstillingen af de enkelte Stykker før Nitningen gælder det om at faa Hullerne til at flugte saa godt som muligt, og hertil kan benyttes Dorne, der drives ind i nogle af Hullerne for derved at bevirke en gensidig Forskydning af Stykkerne. Naar først nogle af Nitterne ere slaaede, saa en saadan Forskydning ikke mere er mulig, er derimod Inddrivning af Dorne i de Huller, som ikke flugte, utilladelig; det kan maaske nok opnaas at faa Hullet udvidet saa meget, at Nitten kan føres igennem, men Hulrandene blive ødelagte, og der indføres forkerte Spændinger. I saadanne Tilfælde skal der bruges Oprivning.

Ogsaa om Nitningens Udførelse er det nødvendige sagt i § 3. Ved lange Nitterækker maa man begynde Nitningen i Midten og bevæge sig hen mod Enderne; ellers resikerer man, at en lidt forskellig Forlængelse af de samlede Stykker fører til Udbuling ved de sidste Nitter. De færdig slaaede Nitter bør prøves alle eller dog

*) F. Ex. i Ungarn er det dog almindeligt at tillade Lokning med paafølgende Oprivning.

en væsentlig Del af dem, navnlig alle saadanne, som det er vanskeligt at komme til at nitte, og alle forsænkede Nitter, da saadanne lettest blive løse. De opdagede løse Nitter maa hugges ud og erstattes med nye, og det samme kan blive Tilfældet ved andre, maaske lettere iøjnefaldende Fejl som altfor excentrisk siddende Hoveder, ikke ganske tæt sluttende Hoveder, Smaarevner i Hovederne o. l.; adskillige af disse Fejl have dog ingen større Betydning for Styrken, hvorfor der ogsaa bør tages lettere paa dem. De færdige Nitter ligesom overhovedet hele Konstruktionen maa i Almindelighed tilsidst pudses noget af; Nittehovederne maa befries for Skæg, nogle Udfyldingsstykker springe maaske for langt frem eller ere for uregelmæssige i Kanten, osv.

Rensning og Maling omtales her under ét, uagtet Rensningen, som ovenfor nævnt, foregaar paa et noget tidligere Tidspunkt, nemlig umiddelbart efter Boringen, Afskæringen og Sammenpasningen. Ved Rensningen er der en Lejlighed for Kontrollen til at opdage Fejl, der muligvis tidligere ere undgaaede Opmærksomheden, som Smaarevner frembragte ved Lokning eller Boring, navnlig ved Huller, der sidde tæt ved Kanten, forbrændte Steder (ved forkryppede og andre varmt behandlede Stykker) o. l.

Rensningen kan udføres ad mekanisk eller kemisk Vej. Den mekaniske Rensning bestaar i Skrabning og Skuring med Skrabejærn, Traadbørster, Sandsten, Sandblæst o. l. Paa den Maade faar man nogenlunde let den overfladiske Rust, løst siddende Glødskal o. l. fjernet, men den dybere gaaende Rust bliver man neppe helt af med. Dette opnaas sikrere ved en kemisk Rensning, der i det hele virker kraftigere. Man skraber eller børster i alt Fald først Snavs og den værste løse Rust af og lægger derefter Jærnstykkerne i et Bad af stærkt fortyndet Saltsyre; naar al Rust her er opløst, dyppes Jærnet i Kalkvand for at fjerne Syren og skylles derefter af i koldt Vand; tilsidst lægges det i kogende Vand, til det har antaget Vandets Temperatur, og tørres derefter. Strax efter Rensningen bør man i alle Tilfælde for at hindre ny Rustdannelse stryge en Gang med varm, tyndflydende Linoliefernis, og indtil denne er tørret, maa Overfladen holdes beskyttet mod Støv og Regn. Undertiden forlanges i Stedet for dette Fernislag en Strykning med Grundingsfarven, undertiden med Linolie alene, som ganske vist ogsaa tørrer og danner en fast Hinde, men meget langsommere end Fernis; denne bør derfor foretrækkes. — Der er ingen Tvivl om, at den kemiske Rensning giver det bedste Resultat, naar Arbejdet blot gøres forsvarligt, men da det er vanskeligt at kontrollere, om det sidste Spor af Syren er fjernet, foretrække mange dog den mekaniske Rensning. Naar denne udføres ved Sandblæsning, som enkelte Gange i den nyere Tid, kan faas en udmærket Rensning i alle Kroge.

Af alle de forskellige Rustbeskyttelsesmidler er der ved Jærnkonstruktioner egentlig kun Tale om Maling*). Sædvanligt foretages

*) I »Ingeniøren« 1906, Nr. 1—2, findes en overordentlig instruktiv Meddelelse fra Statsprøveanstalten (Meddelelse XII) herom, inde-

Grundingen (én Strykning) inden Forsendelsen fra Fabrikken, og den udbedres paa de beskadigede Steder og kompletteres (paa Nittehoveder o. l.) efter Montering. Efter Grundingen kittes alle Fuger og Fordybninger omhyggeligt med Mønniekit, og tilsidst stryges gerne to Gange med en Dækfarve. Berøringsfladerne mellem de enkelte Dele af en sammennittet Stang behøve ikke at grundes, men ferniseres ligesom alle andre Flader efter Rensningen.

Den anvendte Maling, navnlig Grundfarven, maa være tyndflydende for at kunne trænge ind i alle Revner og Fordybninger, nogenlunde hurtig tørrende for at undgaa Beskadigelser ved Fugtighed, f. Ex. blot fra Fortætning ved Temperatursvingninger for ikke at tale om Regn, og den maa stryges paa i et tyndt Lag for at give et holdbart Overtræk; et tykt Lag er udsat for at revne og skalle af. Grundingen maa helst udføres under Tag. Der maa aldrig stryges 2den Gang, førend det forrige Lag er ganske tørt.

Hvad selve de anvendte Malerfarver angaar, da er det almindeligst at beholde det ovenfor omtalte Lag Linoliefernis, hvis en Overstrykning hermed er givet efter Rensningen, som den egentlige Grunding, men dog ovenpaa at stryge med en Grundfarve, inden Jærnet forlader Fabrikken, ganske som man vilde gøre, hvis der ikke var ferniseret. Som Pigment i Grundfarven er ren Blymønnie vel almindeligst, billigere og maaske omtrent ligesaa hyppigt anvendt er Jærnmønnie; i de senere Aar har man ogsaa brugt Grafit og forskellige patenterede Kompositioner (Graf Skælpanserfarve, Rathjens Komposition o. fl.). Man har anstillet en Mængde baade Laboratorieforsøg og praktiske Forsøg med Maling med forskellige Farver ved Siden af hinanden under samme ydre Forhold, men det er ikke lykkedes at komme til Klarhed over, hvad der er bedst, eller hvoraf en Farves Holdbarhed og Beskyttelsesevne egentlig afhænger. Det kan dog siges, at Grundfarvens Pigment ikke maa skade Jærnet eller være hygroskopisk; det maa f. Ex. ikke indeholde fri Syre, hvilket er Tilfældet med forskellige Jærntveiltfarver, der staa Jærnmønnie nær (Todtenkopf, Berliner Brunrødt), og et større Lerindhold i Jærnmønnie gør denne Farve uanvendelig. Og Dækfarvens Pigment maa foruden at have den ønskede Farve være i Besiddelse af tilstrækkelig Modstandskraft overfor de kemiske Paavirkninger, det bliver udsat for fra Atmosfæren.

Alle Jærnoverflader, der komme i Berøring med Jord, Sten, Ballast o. l., males ikke med Oliefarve, men stryges bedst med varm Asfaltlak.

Maskinafrettede Flader, f. Ex. paa Leje-Dele o. l., faa inden Forsendelsen gerne som foreløbig Rustbeskyttelse en Indfedtning med Blyhvidt og Talg, og støbte Stykker bør leveres ganske uden Maling paa de ubearbejdede Flader (bedst dog ferniserede), for at ikke Støbefejl (maaske lappede med Bly eller Kit) skulle kunne passere uopdagede.

holdende baade en Oversigt over andres Erfaringer og en Række egne Forsøg. Se endvidere Suenson: Byggematerialer, S. 155 o. f.

§ 16. **Betingelser for Arbejdets Udførelse.** Naar Opførelsen af en Jærnkonstruktion overdrages til en Entreprenør (Fabrik), maa der som ved ethvert andet Arbejde foruden Tegninger, Beskrivelse og de almindelige Betingelser, hvori det forretningsmæssige og juridiske Forhold ordnes, leveres Entreprenøren de særlige Betingelser, der foreskrive, hvilke Fordringer der stilles til Materiale og Arbejde. Fordringerne til Jærnmaterialet ere allerede omtalte i § 1; her skal endnu gives et Begreb om de Forskrifter, der almindeligt opstilles for Arbejdets Udførelse. Disse Forskrifter kunne naturligvis efter Tid og Sted og Konstruktionens Art være noget forskellige. Her anføres (med en Del Forkortelser og Udeladelser af mindre væsentlige Ting) de herhen hørende Bestemmelser i de tyske »Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau«*); disse Betingelser ere blevne til ved Samarbejde mellem alle af Spørgsmaalet berørte Ingeniørforeninger i Tyskland og kunne derfor bedre give et rigtigt, almindeligt Begreb om Sagen end saadanne, der kun gælde for et specielt Arbejde eller kun ere forfattede af en enkelt Person eller en enkelt Institution. Men i specielle Tilfælde kan der naturligvis nok være Grund til at modificere dem paa nogle Punkter, til at udelade en Del og maaske tilføje andre Ting osv.

Disse tyske Normalbetingelser foreskrive følgende angaaende:

Fremstilling af Jærnkonstruktioner.

Tegninger og Beregninger**). Entreprenøren skal have Tegninger, Vægtfortegnelser og foreliggende statiske Beregninger udleveret ved Kontraktafslutningen; faar han dem først senere, forlænges Leveringsfristen. — Hvis disse Tegninger ere udførte som Arbejdstegninger i mindst $\frac{1}{10}$ for hele Hoveddragere og $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{4}$ for enkelte Dele, forlanges ingen yderligere Detailtegninger af Entreprenøren, men han maa dog kritisk gennemgaa de ham leverede Tegninger, og Mangler ved Udførelsen kunne ikke undskyldes ved mulige Fejl eller Uklarheder i dem. — Forslag til Ændringer maa Entreprenøren gøre skriftligt, paa et tilstrækkelig tidligt Tidspunkt. — Ændringer, der forlanges af Bygningsbestyrelsen efter Kontraktafslutningen, skal Entreprenøren udføre, men om muligt skal der forinden træffes særlig Overenskomst angaaende den eventuelt herved betingede Godtgørelse eller Fristforlængelse. — Hvis de udleverede Tegninger ikke ere tilstrækkelig detaljerede, maa Entreprenøren fremstille de nødvendige Arbejdstegninger og indsende dem til Bygningsbestyrelsens Approbation; Svar herpaa skal foreligge efter højst 10 Dages Forløb. — Hvis Entreprenøren bestiller Jærnet

*) Hamburg (Otto Meissner) 1912. De preuss. Statsbaners »Besondere Vertragsbedingung für die Anfertigung etc. von Eisenbauwerken« (1912) afvige kun paa enkelte Punkter lidt herfra.

***) Dette Afsnit, der nærmest henhører under Begrebet »almindelige Betingelser«, gengives en Del forkortet.

inden Approbationen af Tegningerne, er det paa hans egen Regning og Risiko.

Bearbejdelse*). Samtlige Konstruktionsdele maa være i nøje Overensstemmelse med Tegningerne og opfylde følgende Betingelser:

1. De enkelte Jærndelev, der skulle forbindes ved Nitter eller Skruebolte, maa rettes nøjagtigt lige, saa Fugerne slutte tæt.

Efterstemning af Fugerne, inden Kontrollens Godkendelse foreligger, er ikke tilladt.

2. Alle Jærndelev maa være nøjagtigt udvalsedede (smedede, støbte) efter de paa Tegningerne angivne Maal og i ét Stykke, uden Svejsninger. Undtagelser herfra maa specielt angives.

3. Al Bearbejdelse af Jærnet, især af Blødt eller Haardt Staal, skal foretages enten koldt eller mindst rødvarmt. Bearbejdelse eller Paavirkning af Materialet ved mellemliggende Temperaturer (Blaavarme) maa saa vidt muligt undgaas, og kan dette ikke ske, skal det færdige Stykke udglødes.

4. Naar Blødt Staal klippes med Saks, skal Materialet i en Afstand af mindst 2mm fra Snittet fjernes ved Høvling eller Fræsning, dog ikke ved uvæsentlige Dele, Paaføring o. l.

5. Alle Nitte- og Boltehuller skulle bores**); i Paaføring o. l. tillades dog Lokning. Graten fra Boringen maa omhyggeligt fjernes, førend Stykkerne sammenlægges og nittes.

6. Nittehullerne skulle have den foreskrevne Diameter og den paa Tegningerne angivne Plads og Forsænkning.

7. De sammenhørende Nittehuller skulle passe godt for hinanden. En relativ Forskydning af højst 5% af Diametren er tilladelig, men maa fjernes ved Oprivning med Rivaler, og i saadanne oprevne Huller skal anvendes sværere Nitter.

8. Nitterne skulle indføres i de tilbørligt rensede Nittehuller i lyserødvarm Tilstand, efter at være befriede for eventuelt vedhængende Glødskaal, og under Nitningen skal der holdes godt for (om muligt med Skruevinder). De færdige Nitter skulle udfylde Hullerne fuldstændigt.

Begge den færdige Nittes Hoveder maa sidde centralt og ligge tæt an med deres Rande mod Underlaget, uden at der ved Knapmageren er frembragt nogen Fordybning i Jærnet udenom Nittehovedet. Det muligvis fremkomne Skæg maa omhyggeligt fjernes. Der maa ingen Revner være i Nittehovederne.

Efterstemning af Nitterne er ikke tilladt.

Efter Nitningen maa det undersøges, om Nitterne sidde fuldkommen fast. Alle løse Nitter og alle Nitter, der ikke opfyldte de øvrige ovenfor nævnte Betingelser, skulle slaas ud og erstattes med

*) Dette Afsnit er gengivet omtrent ordret.

***) I Stedet herfor foreskrive andre undertiden: »Alle Huller kunne, om det foretrakkes, først lokkes noget for smaa og siden bores op til fuld Størrelse; ved Udboringen skal Diametren forøges med mindst 4mm«.

nye. Under ingen Omstændigheder er det tilladt at drive Nitterne efter i kold Tilstand.

9. De anvendte Boltegevind skulle være rent og skarpt skaarne efter Whitworth's Skala, og Møttrikkerne skulle passe godt dertil. Hoved og Møttrik skulle ligge an mod Underlaget med hele den til Anlæg bestemte Flade.

Ved skraa Anlægsflader skulle baade Hovederne, for saa vidt de ikke tilpasses nøjagtigt derefter, og Møttrikkerne forsynes med tilsvarende skæve Underlagsskiver.

Hvis der ifølge Tegninger eller Betingelser skal anvendes af-trejede Skruebolte, skulle de passe stramt i de for dem bestemte Huller.

10. Konstruktionsdelene skulle sammenpasses paa et solidt Underlag. De enkelte Dele maa herved formes saa nøjagtigt, at det ikke er nødvendigt at tvinge dem sammen; naar Forbindelsen løsnes, maa de ikke fjedre fra hinanden. Skulde ved Nitningen enkelte Konstruktionsdele trække sig skævt, maa Forbindelsen løses og Fejlene rettes.

Nitning paa Byggepladsen skal indskrænkes til det mindst mulige.

Rensning og Maling*). De enkelte Dele skulle, før de samles, renses for Snavs, Rust og Glødskaal. Entreprenøren skal i sit Tilbud angive, hvilken Fremgangsmaade han agter at benytte, hvis der ikke i de særlige Betingelser er foreskrevet en bestemt Maade, eller hvis han ønsker at afvige fra Forskriften. Hvis Rensningen udføres ad kemisk Vej, skal Entreprenøren sørge for en omhyggelig Bortskaffelse af Syren, og hvis der fremkommer Rust som Følge af utilstrækkelig Omhu i saa Henseende, er han ansvarlig derfor.

De ad kemisk Vej rensede Stykker (Plader, Stænger osv.) skulle umiddelbart efter Rensningen i varm Tilstand stryges med Linolie-fernis. Fernissen maa være tyndflydende og hurtig tørrende. Indtil den er tilstrækkelig tørret, skulle Jærndelene beskyttes paa passende Maade.

Forinden der stryges med en dækkende Farve, skal det meddeles Kontrollen, for at en Besigtelse af Jærndelene først kan finde Sted. Først efter Tilendbringelsen af de Efterarbejder, som herved have vist sig nødvendige, og efter Udbedring af det eventuelt beskadigede Fernislag maa der tages fat paa Grundingen med den i de særlige Betingelser foreskrevne Grundfarve. De Flader, som i den færdige Konstruktion ere dækkede af andre, skulle stryges før Samlingen**).

I alle frie Rum mellem Konstruktionsdelene, hvor Vand kan samle sig, maa der sørges for særlig omhyggelig Maling og for Huller til Aflob for Vandet; kan dette sidste ikke lade sig gøre, skal

*) Temmelig ordret gengivet.

***) Denne Bestemmelse er udeladt i den nyeste Udgave af de ovenfor nævnte »Vertragsbedingungen«; se Schaper: Kurze Anleitung für die Bauüberwachung eiserner Brücken, S. 18.

Rummet saa vidt muligt udfyldes med Asfaltkit eller andet passende Materiale.

Efter endt Opstilling af Jærnkstruktionen skulle Monteringsnitternes Hoveder renses for Rust og grundes. Samtlige Fuger skulle kittes omhyggeligt.

Den yderligere Maling henhører ikke til Entreprisen, med mindre det modsatte er bestemt i de særlige Betingelser.

Hvor der er foreskrevet en Forzinkning, Fortinning e. l. af visse Jærndeale, skal en saadan fremstilles saaledes, at der faas et fuldstændigt dækkende, ensformigt og godt fastsiddende Overtræk.

Endelig foreskrives i et Afsnit om »Prøvning under Fabrikationen« det nødvendige herom, saaledes at Kontrollen skal have uhindret Adgang til Værksteder og Arbejdspladser, at Prøvning af Jærnet paa Entreprenørens Forlangende skal foregaa paa Valseværkerne, at enkelte Stykker eller færdige Konstruktionsdele, som Kontrollen har kasseret som ikke svarende til Betingelser eller Tegninger, skulle erstattes med nye paa Entreprenørens Bekostning.

§ 17. **Prisforhold.** Det er meget vanskeligt, for ikke at sige umuligt, at opstille et almindeligt og uangribeligt Grundlag for Beregningen af en Jærnkstruktions Pris. Dette tilsigtes heller ikke med de efterfølgende kortfattede Oplysninger; Meningen hermed er kun at give Begyndere et Begreb om Sagen og gøre dem opmærksomme paa de væsentligste Punkter.

Hovedposterne i et Overslag over en Jærnkstruktion ere:

1. Materiale,
2. Arbejds løn i Fabrikken,
3. Omkostninger,
4. Rensning og Maling,
5. Montering;

herved maa disse Poster tages i videste Betydning, saaledes at f. Ex. Fragt til Fabrikken indbefattes under Materialprisen, at Rentetab under Fabrikationen, Fortjeneste m. m. gaar ind under Omkostninger og Transporten til Byggepladsen under Montering.

1. Selve Jærnprisen er ret varierende; i de sidste fem Aar har f. Ex. Grundprisen for T-Bjælker (Nr. 8—30), leverede fra Værk her i Kjøbenhavn, som Maximum og Minimum været omtrent følgende*):

	Min.	Max.
1909.....	12,75	14,00
1910.....	13,25	14,35
1911.....	13,25	14,25
1912.....	13,50	14,50
1913.....	13,50	14,25

alt i Øre pr. kg. Naturligvis maa der regnes med den øjeblikkelige Pris. De forskellige Slags Façonjærn, Plader, Fladjærn o. s. v. ere

*) Meddelt af Sophus Berendsen, Aktieselskab, Kbhvn.

noget forskellige i Pris, ofte dog ikke mere, end at man kan regne med en Gennemsnitspris. Bedst er det imidlertid, særligt ved større Arbejder, at gaa ud fra de virkelige Enkeltpreiser, og for saadanne særlige Former som Bølgeblik, Buckelplader o. l. samt Nitter (Bolte) er Differensen saa stor, at den nødvendigvis maa tages i Betragtning. Et omtrentligt Begreb om disse Forhold kan man, selv om de ikke ere ganske konstante, faa af følgende Sammenstilling*), hvor Prisen for \perp -Jærn er sat lig 1:

\perp -Normalprofiler, Nr. 8—30	1,00,
> , > 32—50	1,05,
> , > 55—60	1,17,
\perp -Profiler, Differinger Nr. 18—26	1,12,
> > > 27—40	1,20,
> > > 42½—70	1,34,
> > > 80—100	1,45,
\square -Jærn, Nr. 8—30	1,05,
Vinkeljærn (ogsaa uligesidede) og \perp -Jærn, over 45mm	0,90,
Smaa Vinkel-, \perp - og \square -Jærn	1,02,
\perp -Jærn	1,02,
Zoresjærn	1,10,
Rund- og Firkantjærn over 12mm	0,90,
> > > 8—11 mm	0,98,
> > > 5—7 >	1,09,
Universaljærn	0,98,
Plader	1,00,
Bølgeblik (galvaniseret)	1,08,
Buckelplader, rektangulære	1,5,
Nitter, 16—26mm	1,6—2,0,
Raa Bolte, $\frac{5}{8}$ "—1"	2,2—3,0.

Materialtabet ved Tilretning af Stødene og Boring af Hullerne kan regnes at beløbe sig til:

for Pladejærnsdragere (med Lameller) ..	5—8 %,
> Tagkonstruktioner	2—3 > ,
> Brokonstruktioner	2,5—4 > ;

Vægten af Nitterne, inkl. forbrændte o. l., kan regnes til omtrent de samme Beløb.

2. Arbejdslønnen (i Fabrikken) beregnes af Fabrikkerne i Almindelighed paa den Maade, at der gaas ud fra en erfaringsmæssig bestemt Pris pr. kg færdigt Arbejde, indbefattende alt, men forskellig for de forskellige Klasser af Arbejde. Højest omtrentligt kan man saaledes antage**):

*) Paa nær de tre sidste Tal efter Opgivelse (gældende for Juni 1914) fra Johan Fichs Eftf., L. Vold, Kbhvn.

***) Efter Opgivelse af Direktør G. Allerup, Allerups Nye Maskinfabrik, Odense.

for Pladejærnsdragere uden Lameller	4 —5 Øre pr. kg ,
> > med >	5 —6½ > > ,
> nittede Søjler med fortløbende Nitterækker ..	5½—7½ > > ,
> lettere Gitterdragere af simpel Konstruktion (Spærfag o. l.)	5 —6½ > > ,
> lettere Gitterdragere af vanskeligere Kon- struktion	5½—7½ > > ,
> svære Gitterdragere af simpel Konstruktion ..	5 —6 > > ,
> > af vanskeligere — ..	6 —7½ > > .

I Almindelighed kan man dog ikke faa disse Priser at vide blot nogenlunde nøjagtigt, og de afhænge naturligvis en Del af vedkommende Fabriks Udstyrelse.

Ved sammenlignende Beregninger til Afgørelse af, hvilken af flere forskellige Detailkonstruktioner der er billigst, kan man faa Brug for følgende Enkelt-Priser:

Lokning af et Hul (gennem et enkelt Lag) kan regnes at koste om-	
trent	0,7 Øre ,
Boring af et 16mm—26mm Hul gennem 10mm Tykkelse 1,0—1,3 > ,	
> > > > 14 > > 1,2—1,7 > .	

Arbejdslønnen for Haandnitning omtrent:

for 16—20mm Nitter	4 > ,
> 23—26 > >	4½ > .

For Maskinnitning er selve Arbejdslønnen betydeligt mindre end for Haandnitning, men medregnes Udgifterne til Kraften, bliver Bekostningen omtrent den samme.

Afdrejede Skruebolte, anbragte i Stedet for Nitter, kunne regnes at koste ca. 1½ Gange saa meget som Nitterne.

3. Fabrikken Omkostninger ere for en Del proportionale med Arbejdslønnen (Vedligeholdelse af Værktøj og Arbejdsmaskiner, Smedekul o. s. v.), for en anden Del uafhængige heraf (Udgifter til Kraft, Gager, Forrentning o. s. v.). Naturligvis ere Oplysninger herom som Regel ikke tilgængelige, men (ekklusive Fortjenesten) kunne Omkostningerne sjældent regnes lavere end 100 % af Arbejdslønnen, undertiden endnu mere.

4. For Rensning, Fernisering og Grundning med Blymøntie kan gennemsnitlig regnes 10—15 Kr. pr. ton for de almindeligst forekommende Tykkelser; for særlig smaa Tykkelser forholdsvis mere.

Den endelige Maling (Udbedring af Grundfarven og 2 Strygninger), inkl. Stillads, angives*) at koste ca. 60—75 Øre pr. m² for Pladejærns- eller Gitterkonstruktion, eller 55—65 Øre pr. 100 kg.

5. For Monterings-Omkostningerne er det i Virkeligheden umuligt at angive almengyldige Regler. Følgende ret løse Opgivelser kunne maaske tjene som Holdepunkter:

*) Osthoff: Kostenberechnung für Bauingenieure 1909 (6te Udg.), S. 480.

- pr. ton
- Smaa Broer og Tagværker, færdig sammennittede i Fabrikken, saa Montringen egentlig kun bestaar i at faa Konstruktionen bragt paa Plads (ved Rejsebomme o. l. simple Indretninger) og Lejerne anbragte og faststøbte 15—25 Kr.
- Smaa Broer og Tagværker, hvor kun de i Fabrikken færdig nittede Hoveddragere, Tværbjælker o. s. v. skulle sammennittes paa Stedet paa et simpelt Stillads. . . . 30—40 >
- Større Broer, hvor desuden Størstedelen af Hoveddragernes Nitning maa udføres paa Stedet, og hvor Stilladset maa indeholde et Gulv baade for Hoved og Fod . . . 40—80 >
- Støbejern i Søjler, Underlagsplader og lignende simple Former med enkelte maskinafrettede Flader kan alt i alt regnes til 20 à 30 Øre pr. kg. i Vugge- og Rullelejer og andre Former med mere Maskinarbejde 30—50 Øre pr. kg.
- Staalstøbegods i simple Former, saaledes som de forekomme ved Lejer, med enkelte bearbejdede Flader, varierer stærkt, men kan efter Stykkets Størrelse og Maskinarbejdets Omfang sættes til 40 à 70 Øre pr. kg.