

# ERFARINGER OG TEORI OM HAANDBREMSE, BIVOGNSBREMSE OG SKINNEBREMSE.

Foredrag af Værkstedsbestyrelse *Otto Möller*,  
Københavns Sporveje.

Københavns Sporveje har allerede i en Aarrække beskæftiget sig indgaaende med de forskellige teoretiske og praktiske Forhold, der staar i Forbindelse med Bremsningen. For disse Forhold er der gjort Rede ved det skandinaviske Sporvejsmøde i Stockholm i 1931. De Bremsere, der dengang var paa Forsøgsstadiet, er nu for en stor Del indbyggede, og parallelt hermed er Forsøgene fortsat. Der er derfor Grund til at gøre Rede for Resultater, der indtil nu er opnaaet.

---

For at opnaa en kort Bremsevej gælder det først og fremmest om at faa Bremsningen indledet og bragt op paa sin Maksimumsværdi saa hurtigt som paa nogen Maade muligt. Dersom en Vogn kører f. Eks. 30 km i Timen, vil den for hvert Sekund, der hængaar, inden Bremsningen begynder, løbe ca. 8 m, og hængaar der yderligere en Tid, inden Bremsningen naar sin fulde Værdi, kan Vognen komme til at løbe langt, inden man overhovedet rigtigt faar begyndt at bremse.

Grunden til, at der hængaar Tid, inden Bremsen virker, er for de mekaniske Bremsers Vedkommende den, at der maa udføres et Arbejde for at bremse. Dette Arbejde tager Tid, og det gælder derfor om at reducere Arbejdet saa meget som muligt. Det skal derfor nærmere omtales, hvilke Midler man har til at reducere dette Arbejde, og hvilke Resultater vi derved har opnaaet.

---

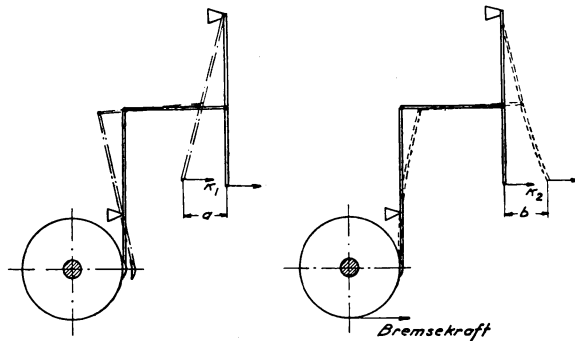
Der skal først gøres opmærksom paa det kendte Forhold, at der *teoretisk* ikke skal udføres noget Arbejde for at bremse en Vogn. Vognens levende Kraft, der skal ødelægges, omsættes nøjagtigt ækvivalent i Varme, saaledes at der ikke bliver noget Bremsearbejde tilovers at udføre for f. Eks. Vognstyrelsen, naar der tænkes paa Haandbremsen.

Det Arbejde, Vognstyrelsen skal udføre, bestaar kun i at bringe Bremsen i Funktion. Forholdet kan illustreres som vist paa Fig. 1, der rent skitsemaessigt angiver en Bremse, dels i løst, dels i antrukket Stilling. Arbejdet falder i to Tempi. Først skal Bremseklodserne bringes til at berøre Hjulene. Arbejdet herved bliver  $K_1 \times a$  eller Bevægelsesmodstanden  $\times$  Spillerummet, idet  $a$  svarer til Spillerummet mellem Klods og Hjul.

Da Bevægelsesmodstanden ved et ideelt, friktionsløst Bremsesystem er 0, bliver denne Del af Arbejdet teoretisk 0. Dernæst skal der frembringes det nødvendige Tryk paa Bremsklodserne. Arbejdet herved er  $K_2 \times b$ , men da Bevægelsen  $b$  ved et ideelt stift System er 0, bliver ogsaa denne Del af Arbejdet 0, saaledes at altsaa ogsaa det samlede Arbejde bliver 0.

Grunden til, at der i Praksis dog skal anvendes et Arbejde for at bremse, er altsaa udelukkende praktiske Mangler ved Bremserne, nemlig Friktion i Bremsesystemet ( $K_1$ ), Spillerum ( $a$ ), Elasticitet ( $b$ ), men netop dette Forhold gør det muligt at forbedre Bremserne i samme Forhold, som man kan fjerne de praktiske Mangler.

Fig. 1



$$A = K_1 \cdot a + K_2 \cdot b$$

$$A = (\text{Bevægelsesmodstand for Bremsetøj}) \times \text{Spillerum} \\ + \frac{\text{Bremsekraft}}{\mu} \times \text{Elasticitet}$$

Ligningen for Arbejdet  $A$  kan ogsaa skrives saaledes (idet den naturligvis ikke er matematisk rigtigt opstillet):

$$A = (\text{Bevægelsesmodstand i Bremsetøj}) \times \text{Spillerum} \\ + \frac{\text{Bremsekraft}}{\mu} \times \text{Elasticitet},$$

idet Trykket paa Bremsklodserne er den ønskede Bremsekraft divideret med Bremsematerialets Friktionskoefficient.

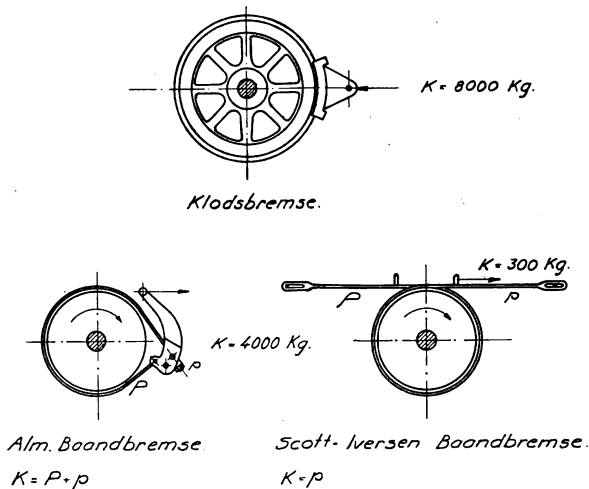
Denne Ligning er i al sin Simpelhed god at have for Øje, da dens forskellige Led tydeligt anviser de Punkter, hvorpaa der maa sættes ind for at forbedre Bremserne, nemlig Bevægelsesmodstand, Spillerum, Friktionskoefficient for Bremsematerialet og Elasticitet i Bremsetøjet. At det er muligt paa disse Punkter at opnaa store Forbedringer vil fremgaa af de Kurver for Arbejdet, som senere vil blive vist.

Forinden de enkelte Bremsere omtales, skal det anføres, at vi under Hensyn til de særlige Forhold i København har bestemt os til følgende Kombination af Bremsere:

Den elektriske Kortslutningsbremse bibeholdes som almindelig Driftsbremse, idet der kun under særlige Forhold f. Eks. i en Faresituation kræves større Retardation, end denne Bremse kan præstere.

Skinnebremsen, som vi ikke tidligere har haft, indbygges i alle Motor- og Bivogne. Dens Opgave er for det første at tjene som Nødbremse, idet den herved benyttes som Tillæg til Kortslutningsbremsen, hvorved der kan opnaas en saa stor samlet Retardation, som Hensynet til Passagerer og Materiel tillader. For det andet tjener Skinnebremsen som Reservebremse for Kortslutningsbremsen i Tilfælde af, at denne skulde svigte. Den staar i denne Henseende langt over Motorvognens Haandbremse, der jo ikke virker paa Bivognen. Paa denne Maade haves den

Fig. 2



nødvendige Bremsevirkning til Raadighed, naar der er Brug for den, men der undgaas det Slid paa Skinner og Bremse, som vilde finde Sted, saafremt Skinnebremsen indgik som Driftsbremse. Da den ikke er Driftsbremse, betjenes den udelukkende med Friskstrøm.

Endvidere har vi indbygget nye forbedrede Haandbremsere i Motorvognene (nemlig Baandbremsere) og nye Bremsere, de saakaldte Vinkelarmsbremsere i Bivognene.

*Motorvognenes Haandbremse.* Som det blev meddelt ved Sporvejsmødet i 1931, gjorde vi dengang Forsøg med forskellige Haandbremsere.

Ankerbremsen, der var en Bakkebremse, som virkede paa Ankerakslen, og den saakaldte Scott-Iversen Bremse, der var en Baandbremse, som virkede paa en Bremseskive paa selve Vognakslen, har vi forladt af forskellige Aarsager, saaledes for stor Følsomhed og praktiske Vanskeligheder ved Anbringelsen i Vognene. Scott-Iversenbremsen (se Fig. 2) er dog i visse Henseender en særdeles fordelagtig Bremse,

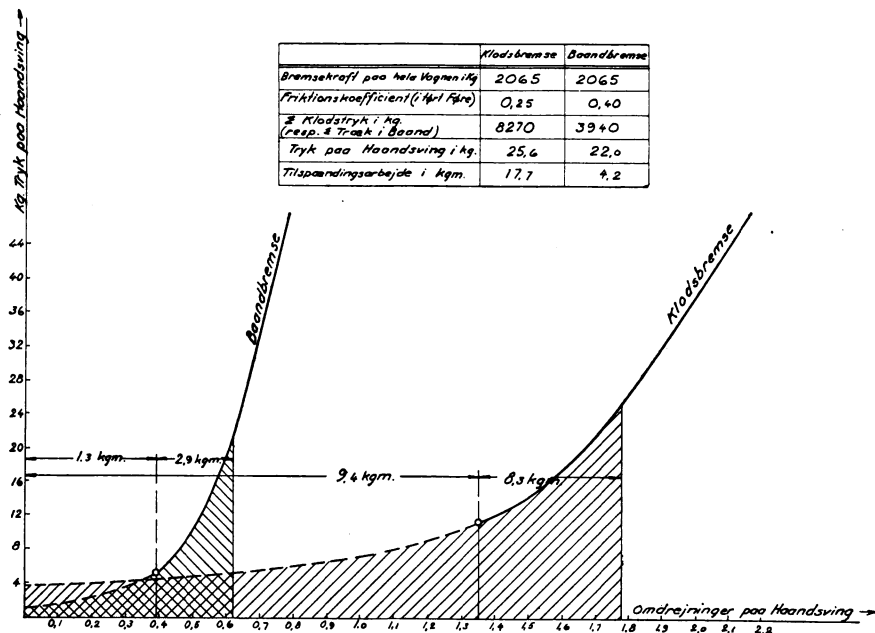
idet den, som det fremgaar af Tallene for det nødvendige Bremsetryk  $K$ , kun kræver ringe Kraft til Betjeningen. Den er derfor ikke opgivet for stedse og vil sikkert blive genoptaget, dersom større Vogn typer eller Hensynet til den siddende Vognstyrer gør Anvendelsen af en endnu mere effektiv Bremse ønskelig.

Vi er herefter blevet staaende ved den paa Fig. 1 viste Baandbremse som den Bremse, der i Praksis er den fordelagtigste.

For disse Bremses gælder det (sammenlign Ligningen Fig. 2), at Bevægelsesmodstanden er ringe, at Spillerummet er formindsket fra 3—6 mm

Fig. 5

Arbejdskurver for Motorvognsbremser.



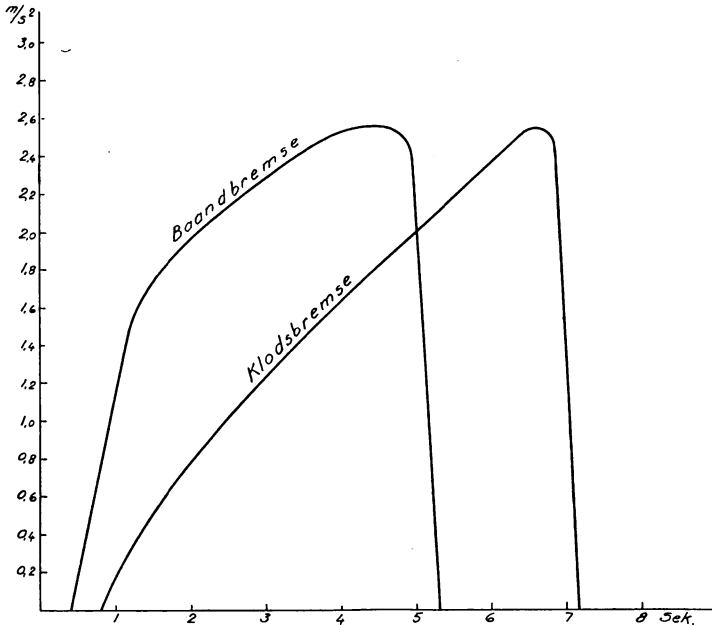
ved de gamle Klodsbræmser til 1 à 2 mm, at Friktionskoefficienten  $\mu$  er forøget fra 0,16 à 0,25 ved Klodsbræmserne til 0,40 à 0,45 ved det anvendte særlige Bræmsemateriale. Arbejdet ved Betjening af Bræmsen bliver herved reduceret. Hvad der er opnaaet, fremgaar af Arbejdskurverne, der er vist paa Fig. 3. Abscisserne angiver Bevægelsen af Haandsvinget, Ordinaterne Trykket paa Haandsvinget. Arealet under Kurverne repræsenterer altsaa det Arbejde, der maa udføres for at betjene Bræmsen. Den ene Kurve forestiller den gamle Klodsbræmse og den anden Kurve vor nye Baandbræmse.

Det ses for det første, at Arbejdet med at bringe Klodserne til at berøre Hjulene henholdsvis Baandet til Skiven (den punkterede Del af Kurven) er formindsket stærkt, hvilket hidrører fra, at saavel Be-

vægemodstanden i Bremsesystemet er stærkt formindsket (Ordinaterne), som at Spillerummet mellem Klods (Baand) og Hjul (Skive) er formindsket (Abscisserne). For det andet ses det, at ogsaa Arbejdet med at frembringe Klodstrykket er stærkt reduceret, hvilket skyldes den formindskede Elasticitet i Stangsystemet sammen med Forøgelsen af  $\mu$ , der medfører mindre Kraftpaavirkning af Stangsystemet.

Fig. 4

Retardationskurver for Motorvognsbremser



Alt i alt er der opnaaet en meget stor Reduktion af Bremsarbejdet, nemlig fra ialt 17,7 kgm til 4,2 kgm.

Der er her regnet med tørt Føre. I Tilfælde af fugtig Føre falder Bremseklodsernes Friktionskoefficient væsentligt, medens Baandbremmens Friktionskoefficient bliver uforandret. Resultatet bliver, at Slutordinaten for Klodsbremsen rykker til højre, hvorved denne Bremses Arbejdsareal forøges, saaledes at den bliver endnu ugunstigere stillet i Forhold til Baandbremsen.

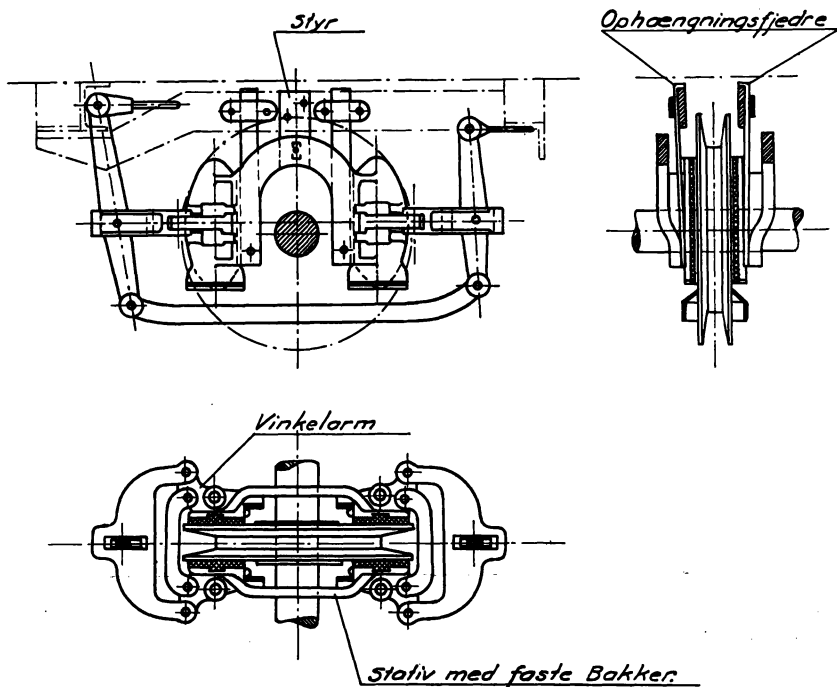
Det Resultat, som Baandbremsen giver i Praksis, fremgaar af de Retardationskurver, der er vist paa Fig. 4. Retardationen ved Baandbremsen opnaas paa et tidligere Tidspunkt end ved Klodsbremsen, og den stiger betydelig hurtigere, hvilke Forhold jo er af afgørende Betydning for Afkortning af Bremsningen.

Den nye Baandbremse er nu indbygget i godt 200 Motorvogne og vil blive indbygget i de resterende Vogne i Løbet af et Aarstid. Sliddet

paa Brems materialet andrager kun ca. 1 mm pr. Maaned. En Belægning kan derved vare ca.  $\frac{5}{4}$  Aar. Indstillingen, der ved Klodsbremserne maa ske med faa Dages Mellemrum og derfor oftest maa udføres om Natten, foretages nu kun, naar Vognene er til større Eftersyn hver Maaned.

Til Bremsmateriale har vi hidtil anvendt de fra Automobilbremser kendte Materialer, f. Eks. Ferodo, der faas i store Ruller, og som er bøjeligt, saaledes at det kan bøjes omkring Tromlen. Der er nu frem-

Fig. 5



kommet nye, meget haardt pressede Materialer, som ikke kan bøjes, og som derfor af Fabrikerne maa fremstilles i Form af Halvcirkler. Disse nye Materialer synes mere slidfaste, og vi er derfor begyndt at anvende dem forsøgsvis.

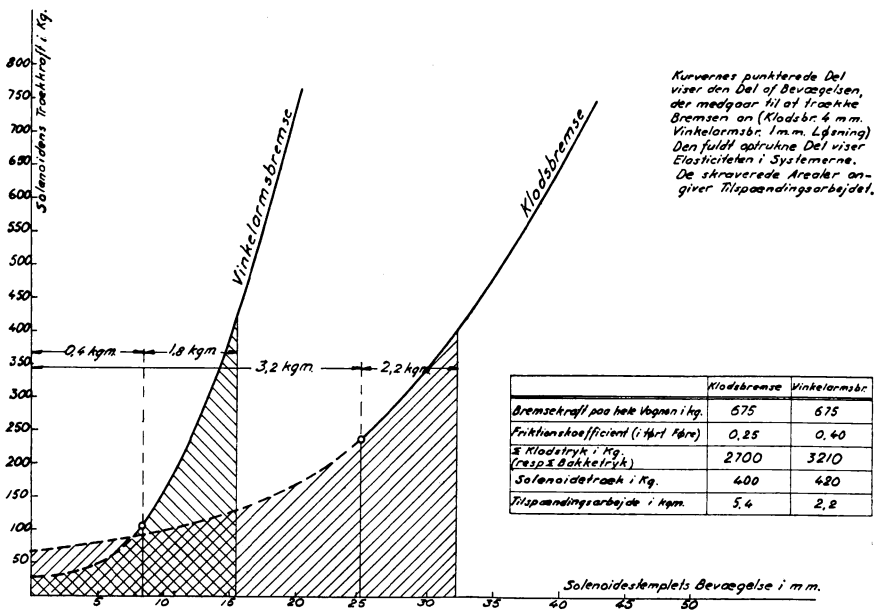
**Bivognsbremsen.** En Bivognsbremse er i Princippet indrettet som Haandbremsen i en Motorvogn. Der er kun den principielle Forskel, at Bivognsbremsen betjenes af den elektriske Solenoide i Stedet for af en Vognstyrer.

Midlerne til Forbedring af Bivognsbremsen bliver derfor de samme som ved Motorvognsbremsen.

Fig. 5 viser den Bremse, som vi efter de foretagne Undersøgelser har besluttet os til at indføre. Det er den saakaldte Vinkelarmsbremse.

Den hører til samme System som de saakaldte Tangbremses og Kniehebelbremses. Tangbremsen virker ensidigt og paavirker Akslen til Bøjning i en saadan Grad, at den let knækker, og har desuden andre Mangler. Ved baade Tangbremsen og Kniehebelbremsen medfører Sliddet paa Bremseskoene, at Udvekslingsforholdet forandres; dette er i størst Grad Tilfældet ved Kniehebelbremsen, hvor Forandringen andrager 40 %. Med en saadan Bremse er det naturligvis umuligt at gennemføre et godt Bremsesystem. Resultatet vilde blive, at alle de

Fig. 6  
Arbejdskurver for Divognsbremsen

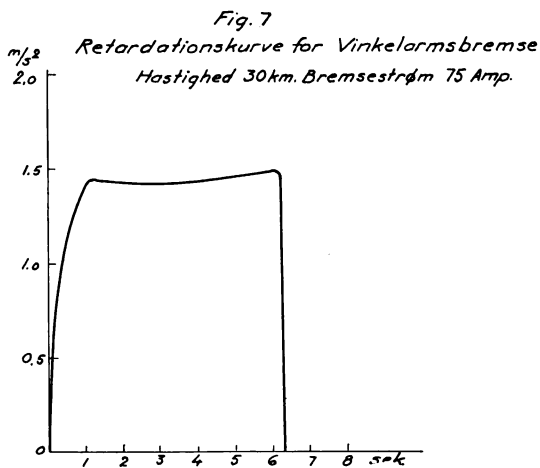


Vogne, hvis Bremsesko i Øjeblikket kun var lidt slidt, vilde bremse for svagt, medens alle Vogne med slidt Bremsmateriale vilde bremse saa stærkt, at Hjulene stod stille. Man kan altsaa ikke opnaa den for et godt Bremsesystem nødvendige Egenskab, at alle Vogne ved alle Opbremsninger bremser ganske ensartet og lige saa stærkt som Motortvognen.

Ved Vinkelarmsbremsen, som vi som nævnt har indført, er Udvekslingen og dermed Bremsevirkningen ganske uafhængig af Sliddet og altsaa ganske konstant. Dette opnaas ved Anvendelse af den paa Fig. 5 viste vinkelformede Arm, efter hvilken Bremsen har Navn. Iøvrigt bestaar Bremsen af en paa Akslen anbragt særlig Bremseskive og 4 med særligt Bremsmateriale belagt Bremsebækker (to paa hver Side

af Bremseskiven), der ved Hjælp af et Stangsystem og de omtalte Vinkelarme trykkes imod Siderne af Skiverne.

Vinkelarmsbremsen har de for en god Bremse nødvendige Egenskaber, som jeg allerede har omtalt under Motorvognens Haandbremse. Dette ses af de i Fig. 6 viste Arbejdskurver for Vinkelarmsbremsen i Forhold til den gamle Klodsbremse. Bevægemodstanden er formindsket og den tilhørende Vej ligeledes formindsket paa Grund af, at Spillerummet mellem Bremsebakke og Skive er bragt ned til 1 à 2 mm. Arbejdet ved at bringe Klodserne i Berøring med Skiven er herved reduceret betydeligt. Da Friktionskoefficienten for Brems materialet er stor, fremkommer der mindre Kræfter i Bremsstængerne, og da samtidig Elasticiteten i disse er ringe, bliver det Arbejde, der medgaar



for at frembringe det fornødne Klodstryk, formindsket. Resultatet er, at der ved Vinkelarmsbremsen medgaar 2,2 kgm til at bringe Bremsen i Funktion, medens der ved Klodsbremsen medgaar 5,4 kgm.

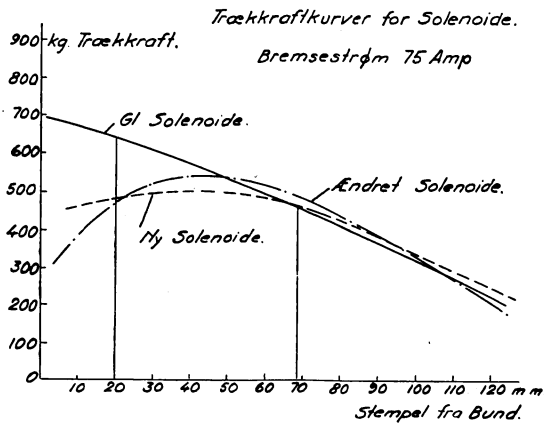
Retardationskurven for Vinkelarmsbremsen fremgaar af Fig. 7. Det ses, at Retardationen i Løbet af en Brøkdelen af et Sekund stiger til sin fulde Størrelse og derefter holder sig ganske konstant. En bedre Bremsning kan vist vanskeligt opnaas.

Der skal her indskydes et Par Bemærkninger om Solenoiden, hvorved Bivognsbremsen betjenes. Fig. 8 viser Trækkraftkurverne for forskellige Solenoider. Som bekendt stiger Trækkraften, efterhaanden som Stemplet trækkes ind i Solenoiden. En Klodsbremse vil i Løbet af nogle faa Dage slides saa meget, at Stemplet kommer til at arbejde 50 mm længere i Cylindren. Men herved steg Trækkraften (den fuldt optrukne Kurve) og dermed Bremsevirkningen ved vore tidligere anvendte Solenoider med 50 %, hvilket naturligvis er meget uheldigt. Her har Vinkelarmsbremsen den store Fordel, at Sliddet er saa uende-

ligt ringe, at Stempelstillingen praktisk talt kan holdes ganske konstant, hvorved altsaa ogsaa Trækkraft og Bremsevirkning bliver konstant. Forøvrigt har vi forbedret Solenoiderne, hvilket kan ske ved at give Stemplet en passende tilspidset Form i begge Ender. Herved bliver Kurverne mere flade, som det ses af de to andre Kurver, der gælder for en ændret og en ny Solenoide.

Med Hensyn til Vinkelarmsbremsens mekaniske Udførelse skal det anføres, at vi (se Fig. 5) ikke, som Tilfældet er for andre lignende Bremses, anvender drejelige Bremsesko, hvilket jo har den Hensigt, at Bremseskoene skal lægge sig nøjagtigt med hele Fladen imod Skiven. En saadan Drejelighed har vist sig unødvendig, hvorfor vi har gjort Skoene fast, idet vi har støbt dem i eet med Bærejernet. End-

Fig. 8



videre ophænger vi ikke Bremseskoene i de ellers almindelige Hængejern med Huller og Bolte i Enderne, men vi anvender forholdsvis tynde Stænger af Fladstaa, som er fastnittede i Enderne, og som er bøjelige nok til at tillade Skoenes Bevægelse ved Tilspændingen. Ved disse Anordninger undgaar vi 24 Bolte med tilsvarende Smøresteder.

Endskønt Vinkelarmsbremsen er Driftsbremse, er Sliddet paa Bremsematerialet under 1 mm om Maaned. Indstillingen behøver derfor kun at ske 1 Gang pr Maaned og foretages, naar Vognene er til et almindeligt Eftersyn. Til Bremsemateriale anvender vi et Par forskellige Fabrikater af haardpressede Materialer af tysk eller engelsk Oprindelse. Vinkelarmsbremsen er nu indbygget i Hovedparten af vore Bivogne, og Arbejdet vil blive tilendebragt i Løbet af den nærmeste Tid.

Der er ved de beskrevne Bremses opnaaet en betydelig Formindskelse af Elasticiteten i Bremsestængerne, men det er muligt, at man kan opnaa endnu bedre Resultater ved Benyttelse af Olietryk til Over-

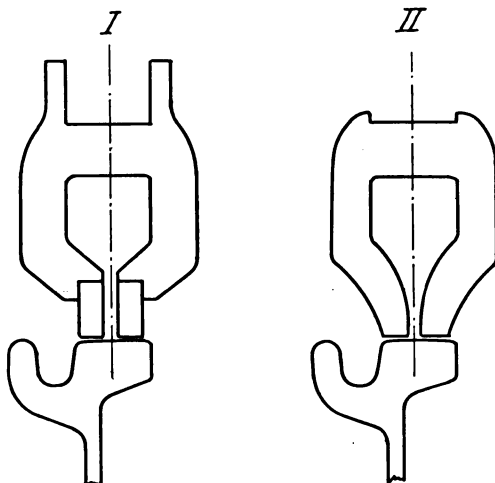
førelse af Kraften til Bremsbakkerne, idet Bremsstængerne herved helt falder bort. Vi har fornylig paabegyndt Forsøg med en saadan Olietryksbremse, men der kan endnu intet siges om Resultaterne.

*Skinnebremsen.* Vi benytter, som tidligere nævnt, Skinnebremsen som en Nødbremse, som Vognstyremænd, saasomt han anser det for formaalstjenligt, kan sætte i Virksomhed som Tillæg til Kortslutningsbremsen. Tillige danner Skinnebremsen en af de andre Bremses uafhængige *Reservebremse*. Paa Grund af dette Arrangement fødes Skinne-

Fig. 9

### *Skinnebremse profiler.*

I Oprindelig Profil  
II Forbedret --



bremsen kun med Friskstrøm, og den betjenes ikke igennem Strømfordeleren, men ved Hjælp af en særlig Kontakt. Denne Kontakt er anbragt i Forbindelse med Grusningshaandtaget paa en saadan Maade, at den først træder i Funktion, naar Vognstyremænd slaar Grusningshaandtaget helt op paa sidste Stilling.

Den magnetiske Kraft, hvormed Skinnebremsen suges til Skinnen, er proportional med Kvadratet paa den magnetiske Induktion i Berøringsfladen mellem Bremse og Skinne. En Forbedring af Induktionen er saaledes af stor Betydning, og vort elektriske Laboratorium har derfor anstillet en Række Forsøg for at finde Midler til en saadan Forbedring.

Profilen af den Skinnebremse, vi begyndte med, ses paa Fig. 9 (Profil I). Induktionen i dette Profil blev maalt forskellige Steder, idet der blev boret Huller i Jernet, igennem hvilke der blev lagt Maalespoler. Det viste sig nu, at Profilet, der var et originalt tysk Profil, havde forskellige Mangler, der medførte, at Feltet i Berøringsfladen med Skinnen blev forringet og Anlægskraften derved nedsat.

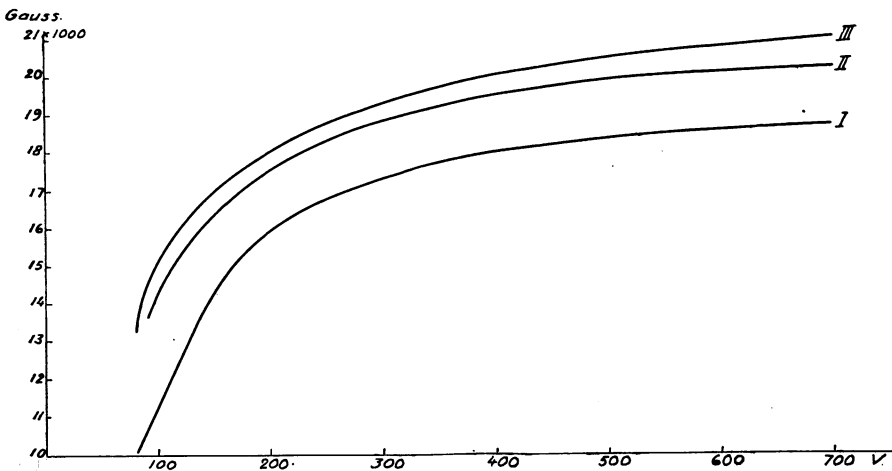
For det første havde de over Kærnen liggende Sideflader en skadelig Virkning, idet de gav Anledning til Spredning, hvorved Kærnen blev

Fig. 10  
Induktionskurver for Skinnebremser

I - Oprindelig Profil Staalstøbeegods.

II - Forbedret " " "

III - " " " Flussjern.



mættet til ingen Nytte. Endvidere optraadte der for stor Mætning i Berøringsfladen mellem de løse Slidsko og selve Skinnebremsen, hvorved Induktionen i Slidskoen blev formindsket. Endelig gav Formen af Slidskoene Anledning til, at en Del Induktionslinier gik over imellem Skoene i Stedet for at gaa igennem disse og Skinnehovedet.

Paa Grundlag af Forsøgene blev der fremstillet et nyt Profil (II), ved hvilket det overflødige lodrette Jern i Siderne er faldet bort, Slidskoene er støbt i eet med Bremseløbet, og Formen af den nederste Del af Bremsen er ændret. At opgave de udskiftelige Slidsko kan lade sig gøre under vore Forhold, hvor Skinnebremsen, der er Nød- og Re-

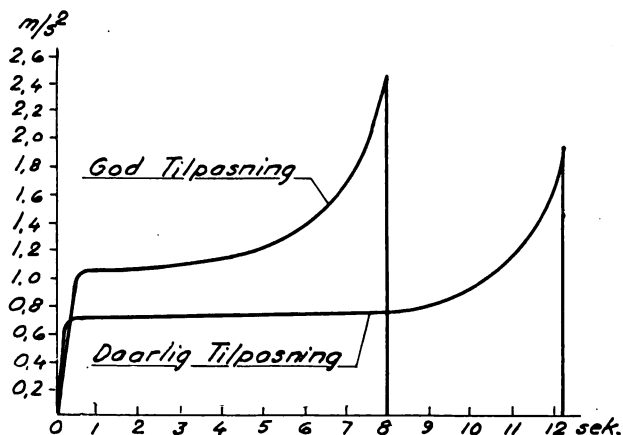
servebremse, kommer saa sjældent i Funktion, at der ikke fremkommer nævneværdigt Slid.

Disse Ændringer medførte alle en Forbedring af Induktionen, som det fremgaar af Fig. 10, hvor Kurverne I og II fremstiller Induktionskurverne for henholdsvis det gamle og det nye Profil. Det ses, at Induktionen i det nye Profil er ret væsentlig, nemlig ca. 17 %, bedre end i det gamle.

Den tredie Kurve (III) viser Induktionen i en Bremse af det nye Profil, men udført af Flusjern, d. v. s. valset Jern, i Stedet for Staal-

*Fig. 11*

*Retardationskurver for Skinnebremse.*



støbegods. Virkningen er herved forbedret med endnu 5 % til 22 %. Der er ogsaa gjort praktiske Bremsforsøg for at bestemme Flusjernsbremsernes Effektivitet i Forhold til den staalstøbte Bremser. Resultaterne har bekræftet, at Flusjernsbremserne er bedre. Imidlertid har Anvendelsen af Flusjern den Ulempe, at der i første Omgang medgaar et stort Beløb til Fremstilling af Valser, saaledes at det kan medføre store Omkostninger, saafremt man ønsker at ændre Profilet. Vi har derfor i hvert Fald foreløbig besluttet os til at blive staaende ved de staalstøbte Bremsere.

Endnu skal kun omtales Spørgsmaalet om Skinnebremsernes Tilpasning til Skinne. Skinnebremserne er sædvanlig fast forbundne to og to. Det kan derfor ske, at deres Slidflader paa nogle Strækninger passer godt til Skinnehovedet, medens de paa andre Strækninger passer

mindre godt. Det Luftmelletrum, der paa denne Maade kan fremkomme mellem Skinne og Bremse, er naturligvis meget skadeligt, idet det nedsætter Induktionen og dermed Bremsevirkningen betydeligt.

Dette fremgaar af Fig. 11, der viser Retardationskurven for to Bremsninger med samme Vogn. Den ene Bremsning er sket paa et Sted, hvor Skinnebremsens Profil passede godt til Skinnen, og den anden paa en Strækning, hvor Skinnernes Profil har været noget anderledes, saaledes at Tilpasningen har været mindre god. Det ses, hvor betydeligt den mindre gode Tilpasning har forlænget Bremsningen.

Dette maa der kunne raades Bod paa ved, at man undlader at forbinde Bremserne stift, men i Stedet gør hver Bremse for sig bevægelig, saaledes at den kan indstille sig efter Skinneprofilet. Denne Opgave arbejder vi for Tiden paa. Der er opnaaet gode Bremsresultater ved Forsøgene, men vi har dog endnu ikke fundet den rette praktiske Løsning. Vi haaber dog paa inden længe at komme til et godt Resultat.

---