

SKIFTER OG KRYDSNINGER. KONSTRUKTION OG FREMSTILLING.

Føredrag af Afdelingsingeniør *G. R. Christophersen*,
Københavns Sporveje.

Københavns Sporveje har pr. $\frac{1}{8}$ 1934 ialt 640 Stk. Skifter med tilhørende Hjertestykker indgaaende i sit Spornet. Af disse 640 Stk. ligger 120 i Remisepladser, 520 i Gaderne, hvoraf 500 Stk. befares af den daglige Drift.

Disse Skifter og Krydsninger er den Del af Sporet, som er udsat for størst Slid, og repræsenterer saavel i Anlæg som i Vedligeholdelse en betydelig Kapital. Valget af den rigtige Konstruktion og det rigtige Materiale er en Sag af saa stor økonomisk Betydning, at der ikke bør spares paa Overvejelser og Forsøg for at træffe det for vore Forhold rigtige.

Hvis et Skiftes eller en Krydsnings Levetid var bestemt af Sliddet alene, og hvis Driften var nogenlunde ensartet fordelt over hele Nettet, vilde det lette Sagen ganske betydeligt, men som bekendt er et Spornet, naar man gaar tilbunds i Sagen, underkastet betydelige Ændringer; saavel af sporvejsmæssige som af Sporvejene uvedkommende Grunde sker der store Forskydninger i ethvert Spornet, hvilket ofte faar Indflydelse paa Sporkestruktionernes Levetid. Hvor forskellig Driften kan fordele sig fremgaar af følgende Tabel over Antallet af i Aaret 1933 passerede Motorvogne over de 500 i Københavns Gader liggende Skifter:

| | Antal Motorvogne. | | Antal Skifter. | % |
|----|-------------------|-------|----------------|------|
| 1. | 0— 50 000 | | 23 | 4,6 |
| 2. | 50 000— 80 000 | | 181 | 36,6 |
| 3. | 110 000—150 000 | | 172 | 34,8 |
| 4. | 170 000—200 000 | | 75 | 15,2 |
| 5. | 230 000—280 000 | | 25 | 5,1 |
| 6. | 300 000—330 000 | | 20 | 4,1 |
| 7. | 360 000—400 000 | | 4 | 0,8 |

Den samme Variation i Trafikintensitet gælder for Krydsningernes Vedkommende. Det ses, at det kun er faa Skifter, der er meget stærkt paavirket, Københavns Sporveje har tidligere haft enkelte Skifter, der blev passeret af henimod det dobbelte Antal Vogne, saaledes at man nærmede sig de Max-Tal, som er kendt i Storstæder og Industribyer,

Som Hovedtype for fremtidige Skifter har vi da efter indgaaende Forsøg valgt et 5 m langt Fjedertungeskifte i N.P. 4; Skiftet er enkeltkrumt med Radius 50 m maalt paa indvendig Skinnes Kørekant. Ved de oprindeligt anvendte Skifter med en forholdsvis kort Tunge, der ved Omlægning drejede sig om en Aksel i den bageste Ende, en Tap eller Skaal, var dette Omdrejningspunkt Skiftets svageste Sted og derfor i høj Grad bestemmende for Levetiden. Ved Fjedertungeskiftet er Tungeskinnen som bekendt en gennemgaaende fjedrende Skinne, og Skiftet har ikke et til Tap- og Skaaltunger svarende decideret svagt Punkt.

Det første Fjedertungeskifte til Københavns Sporveje blev indkøbt 1924, og de Forsøg, som er udført med denne Skiftetype, er alle faldet heldigt ud; allerede efter et Par Aars Forløb kunde man konstatere væsentlige Fordele og har i stedse stigende Grad anvendt disse. Siden 1929 har K.S. selv fremstillet sine Fjedertungeskifter og har nu over 200 Stk. liggende i Gaderne — henimod 50 % af det samlede Antal Skifter.

Tungestykkets Køreskinne udføres af et specielt tysk Profil, Fig. 1, den saakaldte Enhedsskinne, Enhedsvægt 74,5 kg, Kroptykkelsen 25 mm, sammenholdt af Underlagsplader, der svejses langs Skinnefoden. I de frie Ender er udfræset Laskekamre svarende til Profil 4. Tungen udarbejdes af et Valseprofil, Fig. 2, en Variant af N.P. 4.A, saaledes formet, at man ved Bortfræsning af overflødig Materiale kan opnaa, at den 180 mm høje Rodende passer til N.P. 4.A, medens Forenden danner den 75 mm høje, svære, fjedrende Tunge. Tunge- og Enheds- skinne er S-M Staal med ca. 80 kg Brudstyrke.

Tungen glider paa en Underlagsplade af S-M Staal med ca. 65 kg Trækstyrke, der er tappet ind i Huller i Kroppen paa Skiftets Enheds- skinner og svejst til Kroppen. I Enhedsskinnen er udfræset Nicher, hvori Tungespidsen kan ligge dækket. Tungen er paa sædvanlig Maade forsynet med en Lap, hvortil Forbindelsesstangen til den anden Tunge befæstes. Tungen ligger i sin Hvilestilling midt i Tungestykket. Tungestykket er i Rodenden forsynet med Brostensklodser sammensvejst af Jernplade.

De 2 Tungestykker i et Skifte er sammenholdt med 3 Traverser, boltet til Tungestykkerne. Tungen kan ikke udveksles under Drift.

Fjedertungeskiftet har kun en Fejl, nemlig at det ikke kan anvendes alle Steder, saaledes ikke ved modgaaende Skiftetunger, som skal skiftes fra Vognene, idet Skiftning med Haanden kun kan finde Sted, naar man er placeret paa Gaden, ikke oppe fra Forperronen. Det drejer sig om 40 Skifter, altsaa knap 10 % af alle de i Gaderne liggende Skifter, medens Fjedertungeskifter altsaa kan anvendes i over 90 % af de forekommende Tilfælde, nemlig som medgaaende, som modgaaende ved elektrisk Skiftning, eller hvor Tungen fungerer baade som medgaaende og modgaaende og derfor ligger som Smæktunger.

Medens man i disse Tilfælde ikke var i Tvivl om Valget af Skiftekonstruktion, gav Valget med Hensyn til de nævnte modgaaende Skiftetunger, ca. 10 % af Skifterne, Anledning til Overvejelser, forinden den paa Grund af Overgang til Skinneprofil N.P. 4 nødvendige endelige Beslutning blev truffet.

Københavns Sporveje har selv fra Aarhundredets Begyndelse fremstillet største Parten af sine Skifter paa eget Værksted. Konstruktionen har i den første Snes Aar ikke været underkastet større Ændringer, det var et 4,5 m langt Taptungeskifte $R = 50$ m, sammenskaaret af almindelige Skinner, boltet og nittet. Tungen var forsynet med en 50 mm tyk Tap, hvorom den drejede sig, og som havde Leje i en Støbestaalsklods, ligesom Tungen gled paa afrettede Støbejernsklodser. Skiftet gjorde ret god Fyldest i Profil 25 B og med den til dette Profil svarende Driftsintensitet og Hastighed. Ved Overgangen gennem Profil N.P. 102 til Profil N.P. 4 var det ret nærliggende at tage denne Konstruktion med, og i de nævnte Profiler er fremstillet henholdsvis 375 Stk. og 120 Stk. Skifter; men da en stor Del af de nævnte modgaaende Skiftetunger, hvor Fjedertungeskifter ikke kan anvendes, netop er stærkt trafikeret, og denne forældede Konstruktion derfor ikke var hensigtsmæssig paa disse Steder, har Sporvejene maattet træffe andre Foranstaltninger, og bl. a. paa disse Steder er der derfor i stor Udstrækning anvendt Manganstaalsskifter, hvoraf der i Aarene 1922—28 er indkøbt 80 Stk. hos Firmaerne Edgar Allen, Titan Trackwork og Bofors.

I denne Forbindelse maa ganske kort omtales Manganstaalets Egenskaber.

Manganstaal, eller rigtigere, højprocentig Manganstaal, har følgende Sammensætning:

| | | | |
|----|-------|-------|---------|
| C | | 0,90— | 1,30 % |
| Mn | | 10,0 | —14,0 % |

Staalet benyttes til Spordele kun i støbt Tilstand efter en Varmebehandling, pludselig Afkøling (Afgysning) fra ca. $1\ 000^{\circ}$ C i Olie eller Vand. Ved denne hastige Afkøling faar Staalet ikke Tid til at omkrystallisere, men beholder uforandret den Struktur, det har ved $1\ 000^{\circ}$, saakaldt »austenitisk Struktur», med ganske andre Egenskaber end det almindelige Kulstofstaal.

I denne Tilstand er Staalet strækkeligt i kold Tilstand og kan her ved opnaa stor Haardhed og tilsvarende stor Slidfasthed; en Skinne med $H_b = 207$ viste saaledes efter 3 Maaneders Sporvejstrafik $H_b = 321$.

Den samme store Haardhed faar Staalet ved Bearbejdning med skærende Værktøj, endda saa hurtigt, at Bearbejdningen bliver praktisk umulig, Fil, Bor og Høvlestaal taber Skæret paa faa Øjeblikke. Der er i de sidste Aar kommet Hurtigdrejestaal frem, som skal kunne staa i Mn-staal; de er dog meget kostbare og kræver svære, stationære Maski-

ner, saa at Slibeskive og autogen Skæreapparat for Sporvejsforhold er de eneste Muligheder for Bearbejdning.

Man bemærker, at det støbte og afgyste Mn-staal er relativt blødt. Ved Anløbning bliver det haardere og taber samtidig i Brudforlængelse:

| Anløbningstemp. Gr. | Trækstyrke. | Forlængelse. | Hb. |
|---------------------|-------------|--------------|-----|
| 260° | 117 | 57,6 | 320 |
| 372° | 82 | 1,5 | 396 |

Ved autogen Skæring og elektrisk Paasvejsning kommer man let til at varme Materialet nær Snittet og Svejestedet til henad 400°, saa at det bliver haardt og skørt.

I Sammenligning med de af K.S. tidligere fremstillede Taptungeskifter frembød Manganstaalsskifterne den Fordel, at den svære Tunge og Skaalen i Stedet for Tappen gav et sikrere Leje, og man har i denne Henseende været ret godt tilfreds med Manganstaalsskifterne i de første Leveaar, men Erfaringen har vist, at der følger forskellige Ulemper med Anvendelsen af Manganstaalsskifter.

Den første Ulempe var Tilslutningerne til de normale Skinneprofiler. Manganstaal lader sig ikke direkte thermitsvejses, og Skinnesamlingerne udføres sædvanligvis ved Hjælp af Lasker. Fodlasker kan ikke anvendes, kun Fladlasker; disse kan svejses ved elektrisk Svejsning, men en Sammensvejsning af Manganstaal og Kulstofstaal er ikke helt paalidelig. Det er vanskeligt at skaffe en kontinuerlig Køreflade, og der kommer let Slaghuller i Skinnen bagved Manganstaalsskiftet og Nedkørsel af Skinnen foran Skiftet. Endvidere bevirkede den forholdsvis lille Bæreflade (ringe Bredde af Skinnefoden), at man ofte havde store Vanskeligheder med at faa Manganstaalsskifter til at ligge fast, hvad der medførte Justeringsarbejder og Reparationer af Gadebefæstelse i stort Omfang.

Manganstaalsskifter fremstilles ved Støbning; saa vidt vides er kun fremstillet Skaaltungeskifter. Tunge og Tungestykke støbes af samme Materiale; sidstnævnte støbes i eet Stykke, og Støbefejl er ikke sjældne. Tungeleje, Tungeskaal og Tunge tilslibes, og det er ved Slibning muligt at fremstille en god Pasning, saaledes at Tungen ved ny Skifter ligger godt til. Som anført beror Manganstaals store Slidstyrke paa den ved Hjulenes Koldvalsning opnaaede større Haardhed i Kørefladerne. Men Tungens svageste Punkt, Tungeskaalen, er kun udsat for Tryk og Slag; Brudgrænsen for denne Paavirkning forøges ikke ved Brugen, hvorfor Skiftet ved Slid kommer til at lide af samme Fejl som andre Tap- og Skaaltungeskifter, Tungen slører i Skaalen og vipper under Hjultrykket, en Fejl som man staar ret magtesløs overfor; den eneste Reparationsmulighed for Mn-staal, elektrisk Paasvejsning, har i Kørefladerne givet ret gode Resultater, men kan kun med stor Vanskelighed anvendes paa dette Sted, og kan i hvert Fald ikke udføres paa Gaden.

Efter Udveksling er Skiftet kun gammelt Jern, ingen Del kan repareres, i Modsætning til sammenskaarne Skifter, der ofte kan faa ny Brugsværdi efter Reparation paa Værkstedet og i hvert Fald altid indeholder brugelige Dele. Der er hyppigt Brug for Skifter, af hvilke der kun kræves f. Eks. den halve Levetid af et nyt Skifte, til Udveksling, hvor den tilstødende Krydsning endnu kun har en kortere Levetid, til Remisepladser, til sjældent benyttede Vigespor, Interimsarbejder o. s. v., i hvert Fald her i København har det ofte været af stor Betydning at have billige brugbare Skifter til Raadighed.

Endelig har Manganstaal en Ulempe, som i de senere Aar har vist sig ikke at være helt uden Betydning, Kørslen bliver mere støjende end Kørsel paa normalt Skinnestaal, hvilket har givet Anledning til Klager.

I de senere Aar er Københavns Sporveje derfor til Brug for modgaaende Skiftetunger gaaet over til at fremstille et *Skaaltungeskifte* af samme Længde, 5 m, og samme teoretiske Form som Fjedertungeskiftet og iøvrigt konstrueret saadan, at Størsteparten af de til et Skifte medgaaende Dele kan anvendes saavel til Skaaltunge- som Fjedertungeskifter, for en enkelt Dels Vedkommende saavel til venstre som til højre Skifte med ubetydelige Ændringer. Køreskinnerne er som ved Fjedertungeskiftet udført af Enhedsskinnen, men Mellemskinnen er udført af almindelig Profil 4 a. Tungeunderlagspladen er ens for begge Typer, dog er den her i Rodenden forsynet med et Hul, der danner Lejet for Tungens Tap. For at give et godt Styr af Tappen, er der paa Undersiden af Underlagspladen paasvejsset en Plade af Haardstaal.

Tungen, der er udført af S-M-Staal med ca. 80 kg Brudstyrke, har for at gøre Lejet ved Tappen saa stabilt som muligt en ret stor Lejeflade. Tappen er presset ned i Tungen.

Tungen er i Rodenden sikret mod Optrækning ved en Forankringsklods, der griber ind over et Fremspring paa Tungen og fastholdes til Tungestykket af 2 Messingskruer. Ved Løsning af nævnte Messingskruer og Forskydning af Forankringsklodsen i Tungestykkets Niche, kan Tungen frigøres, saaledes at den kan udveksles uden Opbrydning af Gadebefæstelsen.

Skaaltungeskiftet er forsynet med Forbindelsesstang, Traverser og Brostensklodder i Lighed med Fjedertungeskiftet.

Der er endnu ikke indhøstet stor Erfaring med Skaaltungeskiftet, men rent principielt er Konstruktionen den samme, som anvendes af en af de ældste og største Skiftefabriker i Tyskland, og der er ingen Grund til at antage, at det ikke fuldt ud vil svare til Forventningerne.

Som alle Skaal- og Taptungestykker i Sporvejsdrift har vort Skaaltungestykke et svagt Punkt, nemlig Partiet omkring Tungens Omdrejningspunkt, men vor Konstruktion har i Sammenligning med Manganstaalsskifter den Fordel, at vi har bedre Reparationsmuligheder saavel paa Gaden som i Værkstedet.

Paa Steder, hvor der er saa stor Trafik, at Sliddet paa Kørefladerne

kan blive afgørende for Levetiden, kan saavel for Fjeder- som Skaaltungeskifter til Enhedsskinnen anvendes Dobbeltstaal (Verbundstahl).

I ethvert Fjeder tungeskifte, hvor der kan forekomme modgaaende Kørsel, maa anvendes en særlig Anordning for at holde »Tungen» paa Plads i en af sine Yderstillinger, en saakaldt Tungesikring. Vi anvender til disse Skifter en tysk Sikring efter Opfinderen kaldet »Schmidts Sikring», hvor en stærk Fjeder trykker paa den ene Ende af en Vægtstang.

Ved Tap- og Skaaltungeskifter er en Sikring i og for sig ikke nødvendig, saalænge Skifterne er ganske nye; men saa snart de bliver lidt slidte i Tungeroden, er der Mulighed for, at et Vognhjul under Passagen kan vippe Tungespidsen i Vejret og Tungen »slaa fra». Modgaaende Skifter af denne Art, som skiftes af det kørende Personale, samt visse vigtige Rangerskifter er derfor sikret med en af Københavns Sporveje selv fremstillet Spiralfjedersikring af noget lettere Konstruktion end den Schmidtske (Fig. 3).

I Manganstaalsskifter findes for Tiden ingen Tungesikringer, idet de af de paagældende Firmaer leverede har vist sig mindre godt egnede. Iøvrigt anvendes Gummiklodser til Fastholdelse af Tungerne i Kørselsretningen.

Krydsninger.

Svarende til Profil 25 B fremstillede Københavns Sporveje tidligere et sammenskaaret, boltet og nittet Hjertestykke med støbte Samlingsklodser, et Hjertestykke, som vel kunde tilfredsstille tidligere Tidens Trafik, men som ikke var hensigtsmæssigt, efterhaanden som Vognvægt og Hastighed steg. Selv om man bygger Hjertestykker med fyldt Rille, saaledes at Vogne med nye Bandager passerer gennem Krydsninger kørende paa Hjulkransen, altsaa teoretisk uden Slag eller Stød, saa slides efterhaanden Rillen dybere, og da tillige den tilladelige Hjulkranshøjde kan variere fra 12 til 20 mm, kan det ikke undgaas, at en Del af Hjulene i en Del af Krydsningerne passerer Hjertestykkerne, kørende paa Bandagernes Køreflader, altsaa afgivende et Stød.

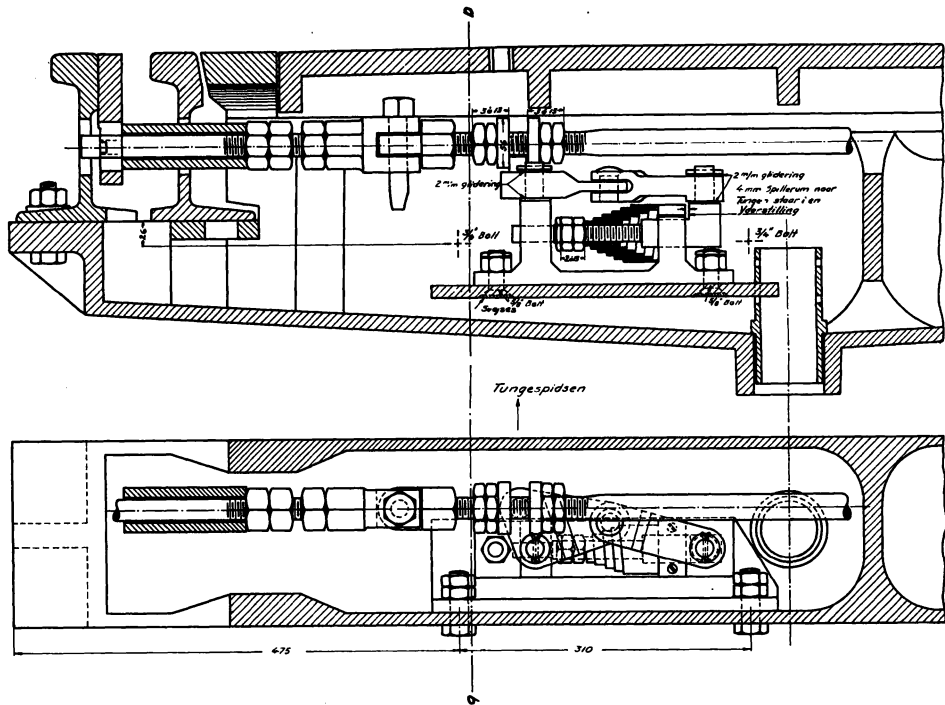
Ligesom for Skifternes Vedkommende har Københavns Sporveje paa særlig stærkt trafikerede Steder anvendt Manganstaal til Erstatning for Hjertestykker af egen Konstruktion.

Selv om man for Krydsningernes og navnlig Mellemskinnernes Vedkommende har haft noget bedre Resultater med Manganstaal end for Skifter, saa har det dog ikke helt svaret til Forventningerne. Levetiden har været kortere end forventet, om ikke altid paa Grund af direkte Slid saa af andre Grunde, Revner o. lign., og de uheldige Egenskaber, der er forbundet med Manganstaalet, mindre gode Samlinger, haard Kørsel, noget ringere Reparationsmulighed end almindeligt Skinnestaal, bevirkede, at man søgte at konstruere et Hjertestykke svarende til Profil N.P. 4, som kunde fremstilles paa eget Værksted. Konstruktionen

Tungesikring

Dobbelthungekasse til N.P. 102.

1:2.



Snit a-b.

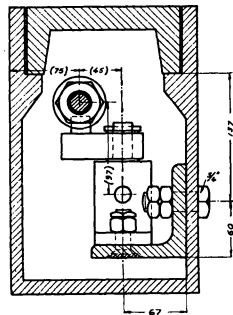


Fig. 3.

er afhængig af Samlingsmaaden, og vi har ved Krydsninger af nyere Konstruktioner anvendt baade elektrisk Svejsning og Thermitsvejsning. Den førstnævnte Konstruktion er den hyppigst anvendte, idet den finder Anvendelse ved de almindelige Krydsninger og ved Rudekryds, hvor Vinklen mellem Sporflugterne er $< \text{ca. } 75^\circ$. Ved Rudekrydsninger med Vinkel $> \text{ca. } 75^\circ$ har været anvendt Thermitsvejsning, men Tendensen gaar i Retning af Anvendelse af elektrisk Svejsning ogsaa for disse Krydsningers Vedkommende.

Krydsninger udføres normalt med Opløb i Rillen, saaledes at Hjulene ved Passage hen over den tværgaaende Rille kører paa Styrekransen i Rillebunden. Rilledybden er minimalt 10—12 mm, Højden af Styrekrans paa nye Hjul 20 mm. Rillebredderne varierer fra 24 mm til 31 mm alt efter Kurveradius fra $R = \infty$ til $R = 18$ m.

Elektrisk svejste Krydsninger.

Skinneprofilerne, der anvendes, er K. IV, T-Skinne, T-Skinne Dobbelstaal og 4c Dobbeltstaal. En Skinnekrydsning udføres enten af et enkelt Profil eller af to, alt afhængigt af Driftsintensiteten paa de krydsende Spor, under Hensyntagen til Gadebefæstelsen.

Skinnerne sammenskæres, idet der i den gennemgaaende Skinne udskæres ca. 10 mm i Køre- og Tvangsskinne og i Skinnefoden, saaledes at den afbrudte Skinne ikke underskæres. Skinnerne svejses til en Underlagsplade og forsynes med 25 mm tykke Laskeplader, hølvede til Profil og svejsede til Skinnen i Hoved og Fod i de stumpe Vinkler; i de spidse Vinkler indsvejses Riffelplade mellem Skinnehovederne. Rillerne i Skinnerne fræses, Tværrillen i den gennemgaaende Skinne udslibes med Slibeskive.

T-Skinne-Konstruktionen med den 45 mm svære Krop giver en god Understøttelse for Rillebunden og et godt Underlag ved Reparation med elektrisk Svejsning. Ved Anvendelse af T-Skinne fræses Laskekamre svarende til Profil 4.

Thermitsvejste Krydsninger.

Skinneprofilerne, der har været anvendt, er K. IV og 4 c. T-Skinne har ikke været anvendt, da en Thermitsvejsning af en Skinne med tyk Krop hidtil ikke har kunnet udføres.

Specielle Krydsninger.

Herunder kan nævnes Krydsninger med Jernbanespor.

Jernbanekrydsninger udføres som elektrisk svejste Krydsninger af K. IV. Jernbanesporets Skinner gøres gennemgaaende og Rille udfræses svarende til Jernbanehjulbandager.

Ikke mindst under de nuværende Forhold er det for Københavns Sporveje en stor Fordel at kunne fremstille sit Spormateriel paa eget Værksted, og vi har været saa heldige at anskaffe de hertil nødvendige svære Maskiner, før Restriktionerne for nogle Aar siden traadte i Kraft. Foruden den Arbejdsstyrke, Haandværkere og Arbejdsmand, som beskæftiges hermed, er det efter vor Formening af stor økonomisk Betydning, at man med stor Elasticitet kan levere Spormateriel, som tilfredsstillende netop de Krav, som stilles paa det paagældende Sted; ikke alene er der som paavist stor Variation i Trafiken for de forskellige Viger og Krydsninger, men ogsaa inden for en bestemt Spor konstruktion kan der være stor Forskel paa den Paavirkning, de forskellige Dele er udsat for, og man bør jo saa vidt muligt tilstræbe den samme Levetid for hele Spor konstruktionen. Den kortere Leveringstid ved egen Fremstilling er ogsaa af stor Betydning; som bekendt skal man ofte udføre ret store Omlægninger med ret kort Varsel, og de nødvendige Oplysninger, f. Eks. om Vejbefæstelse, faas ofte i sidste Øjeblik. Endelig høster man ved Selvfremstilling en ikke ringe Erfaring med Hensyn til mange Detailler, og man kan udnytte baade disse og det til Fremstillingen nødvendige Maskineri til at gøre fra Gaden hjemkomne Skifter mere eller mindre brugbare igen.

Som Forholdene har udviklet sig, er der næppe Tvivl om, at den Vej, som vi har fulgt med Hensyn til Skifter og Kryds, er den rigtige; jeg tror ikke, at vi paa nogen anden Maade kan komme igennem hverken med mindre *direkte Anskaffelsespris* eller mindre *samlet Driftsudgift*, end vi gør for Øjeblikket.

At der i de sidste Aar er fremkommet nye Staalsorter med Manganstaalets gode Egenskaber, men i ringere Grad de daarligere, Cromnikkelstaal, K.B.-Staal o. s. v., vil næppe ændre vore Synspukter væsentligt. Anskaffelsesprisen er i hvert Tilfælde høj og for at gaa til en Ændring, maa vi i alt Fald have Erfaring for en større Levetid af disse end af vore egne Konstruktioner udført i Kvalitetsmateriale.