

Bestämning av  
Körtider för tåg

utarbetad på uppdrag av

S. E. J. I. F.



KARLSHAMN 1933

A.-B. E. G. JOHANSSONS BOKTRYCKERI

Till

## Sveriges Enskilda Järnvägars Ingenjörsförbund.

För flera år sedan tillsatte Förbundet en kommitté för utredning av frågan om beräkning av körtiden för tåg. Kommittén bestod av förste byråingenjör K. E. Nordling, invald på grund av tidigare förtjänstfullt arbete rörande lokomotivs dragkraft och tågs rörelsemotstånd m. m., maskiningenjör A. Fernholm, invald på grund av tidigare egna, bemärkta uppslag i frågan samt undertecknad, invald såsom förslagsställare.

Miö Fernholm har på grund av mycket arbete i tjänsten tyvärr måst avsäga sig uppdraget och undertecknad har haft ringa tid och förmåga att ägna uppdraget. Hela arbetsbördan har således uteslutande kommit att vila på fbriö Nordling och det är helt och odelat hans förtjänst att resultat uppnåtts. Detta överlämnas härmed till Förbundet.

Det för beräkningen av gångtiderna rekommenderade förfaringssättet kan måhända vid första påseende synas invecklat, men skall vid ett mera ingående studium visa sig synnerligen tilltalande.

Såväl vid B. J. som G. D. J. och S. D. J. har metoden tillämpats med gott resultat, den ger en god inblick i tillhörande frågor och klarlägger begreppen utmärkt.

Måhända kan uträkningen av lokomotivets dragkraft förefalla mången besvärlig, men den behöver utföras endast en gång för varje lokomotivtyp och ju noggrannare dragkraften uträknats dess riktigare bli även gångtiderna.

Gäfle den 13 januari 1933.

*Fritz Nordström.*

*Nordling* ber få tillägga:

Med känd blygsamhet har maskindirektör Nordström härövan underlåtit att omnämna sin betydande insats i arbetet. Det är t. ex. uteslutande hans förtjänst, att kommittén bland de många bekanta förfarandena vid körtidsbestämningar kommit att framlägga Unreins, otvivelaktigt det klaraste och mest säkra av dem.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING:

	sid.
I. Inledning .....	4
II. Dragkrafts- och vagnviktskurvor.	
1. Ångalstring pr tidsenhet .....	9
2. Cylinderfyllningar och medeltryck .....	11
3. Dragkraft .....	13
4. Gångmotstånd och tågvikt .....	16
III. Den grafiska bestämningen av körtiderna.	
H j ä l p m e d l e n :	
1. s/V-diagrammet enligt Strahl .....	18
2. Motståndskurvan vid utrullning å horisontell bana .....	18
3. Retardationskurvan vid bromsning .....	19
4. Tidvinkeln .....	19
5. Kurva för acceleration å rak, horisontell bana .....	19
6. Banan .....	20
U n r e i n s f ö r f a r a n d e :	
7. Bevis för dess riktighet .....	21
IV. Exempel å	
1. Bestämning av lokomotivets dragkraftskurva .....	27
2.       »       » vagnviktskurvor .....	31
3. Iordninggörandet av hjälpmedlen för tillämpning av Unreins förfarande .....	33
4. Bestämning av körtiderna .....	36
V. Kompletterande upplysningar och motivering.	
Till II. 1—2 .....	42
» II. 3 .....	44
» II. 4 .....	47
» III. 3 .....	48
» III. 7 .....	50
» IV. Ex. 1 och 4 .....	52

Tabeller.

## I. INLEDNING.

1. I en svensk körtidstabell av år 1880 har programmet för beräkningen följande lydelse:

»Denna hastighetstabell är för *godståg* grundad på en medelhastighet af  $2\frac{1}{2}$  mil i timmen på horizontal eller mindre lutande bana, hvilken hastighet är minskad till 2 mil i brutna uppförstigningar, till  $1\frac{3}{4}$  mil i de långa oafbrutna stigningarna 1 : 100, samt ökad till 3 mil i öfvervägande utförs lutningar; för *persontågen* är medelhastigheten antagen till  $3\frac{1}{2}$  mil i timmen, minskad till 3 mil i brutna uppförstigningar och långa utförlutningar 1 : 100 samt till  $2\frac{1}{2}$  mil i de långa oafbrutna stigningarna 1 : 100.

*N. B.* Till de ofvan angifne tiderna bör för hvarje tågstandande tilläggas 1 minut, för hvarje tåg gångsättning 1 minut, och för varje tågsaktande, vid passerande av station, likaledes 1 minut.»

Så enkelt kunde uppgiften handläggas den tiden. Men det rådde ingen brådska då och här i landet handbromsades ännu de av små tvåaxliga vagnar sammansatta persontågen.

2. Utomlands hade man vid samma tid kommit något längre och betjänade sig redan av virtuella banlängder vid upprättandet av körtidstabeller, se t. ex. »Zur rationellen Construction der Fahrpläne der Bahn» av *Kluge* i Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1881, sid. 155, och »Ueber die Leistungsfähigkeit der Locomotiven und deren Beziehung zur Gestaltung der Fahrpläne» av *v. Borries* i »Organ» 1887, sid. 146. I ett föredrag, hållet vid förbundets möte i Karlstad den 11 juli 1904 och publicerat i S. E. J. I. F. meddelande n:r 19 av år 1908, har sedermera generaldirektör *Pegelow* redogjort för metoden.

Beräkningen av lokomotivets dragkraft är grundad på formler efter *Swoboda*, offentliggjorda år 1887 i en under de följande åren uppmärksamrad avhandling. Pegelow har med

ledning av egna försök höjt en faktor i pannkoefficienten från 3,0 till 4,5, i övrigt återgivas Swobodas formler oförändrade. Motståndet för tågvikten beräknas efter en tvåtermig genomsnittstormel från preussiska statsbanorna. Tilläggen för igångsättning och stopp angivas fortfarande i hela minuter.

3. Den ökade kännedomen om lokomotivets dragkraft ledde under tiden till en utveckling av det summariska förfarandet enligt 1. I ett otryckt föredrag vid Förbundets årsmöte i Eskilstuna den 8 juli 1912 har maskindirektör *Ahlberg* behandlat metoden.

Lokomotivets dragkraft bestämmes fortfarande enligt 2, med faktorn i pannkoefficienten höjd till 5,4 för överhettningsslokomotiv. I motståndsformlerna tages hänsyn till tågets art resp. vagnsslaget. Inom varje stationshåll av banan sammanföras längderna efter stigningsförhållandet i grupper, varje omfattande sammanlagda längden av t. ex. stigningarna 0—3, 4—7, 8—10 ‰, och vid beräkningen av körtiden tillämpas för varje sådan grupp den av stigningsförhållandet 0 resp. 7 och 10 betingade tåghastigheten. Tilläggen för igångsättningar, saktningar och stopp äro angivna med ledning av hastighetsdiagram från trafiktåg å B. J.

Metoderna enligt 2 och 3 leda till alldeles samma resultat, om dragkraft, tågvikt, indelning av stigningar samt tillägg ingå överensstämmande i beräkningen.

4. Vid S. J. har sedan länge tillämpats ett förfarande vid bestämning av körtider, som erinrar om 2, ehuru uppbyggt på mera utvecklade och pålitliga formler för dragkraft resp. motstånd. Till grund för beräkningen av lokomotivets dragkraft lades tidigare formler i en avhandling av *Max Unger*: »Ueber die Anfertigung von Lokomotiv-Belastungstafeln», *Glaser's Annalen* 1895, numera ersatta med de i S. J. lokomotivlära offentliggjorda beräkningsnormerna. För lokomotiv med tendrar och för vagnar upptagas särskilda motståndsformler, vilket har kunnat ske utan nämnvärt ökat räknearbete genom införandet av det väl funna begreppet reducerad dragkraft. Körtiderna beräknas till sist på virtuella banlängder.

5. De i 2, 3 och 4 omnämnda metoderna ha alla den förtjänsten, att de äro tillämpliga utan vidlyftigt räknearbete, men tillika den svagheten, att de icke alltid giva pålitliga resultat. I ingendera av dem inbegripes nämligen det inflytande, som tågets levande kraft utövar på körtiderna, i annan mån än genom tilläggen för igångsättning, saktning och stopp. Visserligen söker den förfarne tillämparen att taga hänsyn till detta inflytande även vid ingång i stigningar, men det sker mest omdömesvis. Skall det intagas genom räkning, se t. ex. »Noggrann tågtidsbestämning» i Tekn. Tidskr. 1909, V. o. V. sid. 52, blir arbetet icke enklare än vid användandet av senare utvecklade, mera överskådliga förfaranden, i vilka den levande kraftens inverkan på körtiderna omedelbart ingår. I det följande omnämnas några av dessa metoder.

6. I Stockert: »Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens» II, Springer 1908, har *Sanzin* behandlat uppgiften. Han beträder den regelrätta väg, som alltid leder till målet, men som samtidigt är synnerligen mödosam, i det att både hastighets/tidkurvor och väg/tidkurvor måste upprättas för såväl acceleration som retardation i förekommande stigningar och lutningar. Där tiderna ej bestämmas genom dessa kurvor, betjänar han sig av virtuella längder. Förfarandet i sin helhet erinrar om det i 5, »noggrann tidsbestämning», antydda.

7. Något senare, i Tekn. Tidskr. 1909, V. o. V. sid. 2, framlägger maskiningenjör *Fernholm* en metod, i vilken de ovan nämnda kurvorna ersatts med hastighets/vägkurvor för acceleration och för retardation i stigningar. Alla kurvorna äro genom punkter indelade i tidsintervaller av överallt lika längd och körtiden erhålles till sist genom summering av punktavstånd. Det kanske mest beaktansvärda i förfarandet är, att kurvorna användas som mallar direkt på den i viss skala angivna banprofilen, ett uppslag, som senare fullföljts och utvecklats utomlands. Bekantgörandet av metoden är otvivelaktigt det hittills mest betydande inlägget från svensk sida i det svårlösta spörsmålet.

8. En förtjänstfull avhandling av Oberregierungsbaurat *Strahl*, offentliggjord i Glasers Annalen 1913, band 73, sid. 86 o. f., kan i detta sammanhang icke förbigås. Dess största värde ligger i behandlingen av *underlaget* för körtidsberäkningen, icke så mycket i den slutliga tidsbestämningen, som egentligen icke innehåller något nytt. *Strahl* har efteråt givit sig in på den senare delen av uppgiften, vilket lett till en efter honom benämnd metod, upptagen bland de närmast följande.

9. I Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1924, sid. 117 o. f., redogör Geheime Oberbaurat *Dittmann* i en klart skriven avhandling för fem olika grafiska förfaranden vid bestämning av körtider, uppkallade efter sina upphovsmän,

1. Oberingenieur *Unrein*,
2. Dr. Ing. *Müller*,
3. Oberregierungsbaurat *Strahl*,
4. Regierungsbaurat Dr. *Velte*,
5. Oberregierungsbaurat *Caesar*,

och publicerade:

- 1 i Glasers Annalen 1913, band 73, och 1915, band 76,
- 2 » Verkehrstechnische Woche 1922,
- 4 » Glasers Annalen 1920, band 87, och  
» Verkehrstechnische Woche 1921,
- 5 » Glasers Annalen 1922, band 90.

*Strahls* metod 3 har icke offentliggjorts av honom själv, utan först efter hans frånfälle av *Dittmann*.

Samtliga dessa förfaranden äro godkända av och anbefallda till användning vid Deutsche Reichsbahn, med valfrihet emellan dem, se »Organ» 1924, sid. 346. De leda alla till praktiskt oangripliga resultat och skilja sig från varandra blott genom den större eller mindre enkelheten vid tillämpningen samt säkerheten mot förbiseenden och fel. Med hänsyn härtill ha de ställts i ordningsföljd, med *Unreins* metod på första plats och i övrigt efter sifferföljden härövan.

Då beskrivningen av ett vart av dessa förfaranden skulle taga för mycket utrymme i anspråk — tillämpningen är vida enklare — upptages här endast *Unreins*.

10. Av de mera betydande inläggen i frågan under senare tid må nämnas »Lokomotivbelastung und Fahrplanbildung» av Prof. Nordmann i Glasers Annalen 1927, band 101.

11. **Det gemensamma underlaget för alla körtidsbestämningar** utgöres av *lokomotivets dragkraftskurva* och av *vagnviktskurvor*, jfr. textdiagram, för ifrågakommande stigningar. Dessa kurvor äro i allmänhet oberoende av uppgiftens följande handläggning, de upprättas för den givna lokomotivtypen en gång för alla och beräknas därför lämpligen med den grad av noggrannhet, som är möjlig.

De formler, som i det följande läggas till grund härför, äro i allt väsentligt hämtade ur den i S. E. J. I. F. tryck utgivna skriften: »Lokomotiv med ångöverhettning och enkel expansion. Grunderna för beräkning av dragkraft och bränsleförbrukning», i fortsättningen åberopad under förkortningen »Dragkraft». Anledningar till avvikelser från förenämnda formler behandlas i avd. V.

12. I Unreins m. fl. förfaranden är ett stignings/hastighets- = *s/V-diagram* för den bestämda vagnvikten det förnämsta hjälpmedlet. Det uppritas med ledning av vagnviktskurvorna och användes enligt Unrein såsom rörlig mall på den schematiskt tecknade banprofilen. *s/V*-diagrammet är kompletterat med en *motståndskurva* vid utrullning på horisontell bana, avsedd att brukas på samma sätt som diagrammet. Dessutom tillkommer en *retardationskurva* vid bromsning. Över banprofilen erhålles på detta sätt ett hastighets/vägdigram, å vilket tiderna uppmätas med en *tidvinkel*.

Beviset för riktigheten av Unreins metod återfinnes i avd. III. 7.



## II. DRAGKRAFTS- OCH VAGNVIKTSKURVOR.

## 1. Ångalstring pr tidsenhet.

Beteckningar:

R	m <sup>2</sup>	total rostyta,
F <sub>1</sub>	»	inre eldyta av eldstaden,
F <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	»	» » » tuber och flamrör,
F <sub>4</sub>	»	värmeberörd överhettningssyta inom flamrören,
B	kg/m <sup>2</sup> tim.	rostansträngning,
h	WE/kg	bränslets värmevärde,
p	at	absolut ångtryck,
Hx	kg/tim.	genererad ångvikt, oberäknat dess vattenhalt,
u <sub>3</sub>	kbm/kg	den mättade ångans specifika volym,
u <sub>4</sub>	»	» överhettade » » » .

Av ett kg bränsle erhålles ångvikten

$$\frac{Hx}{BR} = \frac{7,6 h}{7500} \cdot \frac{1,04 + 0,001 B}{0,8 + 0,0016 B} \cdot a \dots \dots \dots \text{ Ekv. 1}$$

och den överhettade ångans specifika volym blir, med värde å u<sub>3</sub> enligt tab. I,

$$u_4 = u_3 \{ 1 + b (0,1 \sqrt{5,75^2 - (5,55 - 0,01 B)^2} - 0,18) \} \dots \dots \dots \text{ .. Ekv. 2.}$$

I dessa ekvationer äro

$$a = 0,28 \left( \frac{4,6 R}{F_1} \right)^{0,5} + 0,14 \left( \frac{F_1 + 3,4 R}{8 R} \right)^{0,5} + \\ + 0,58 \left( \frac{F_2 + F_3 + 36 R}{96 R} \right)^{0,5} - 0,046 \left( \frac{F_4}{16 R} \right)^{0,5} \dots \dots \dots \text{ .. Ekv. 3 a,}$$

$$b = \left[ \frac{F_4}{16 R} \cdot \frac{0,87}{\frac{0,28 \cdot 4,6 R}{F_1} + \frac{0,14 F_1}{4,6 R} + \frac{0,45 (F_2 + F_3)}{48 R}} \right]^{0,5} \dots \dots \dots \text{ .. Ekv. 3 b.}$$

Vid användandet av tab. I torde beaktas, att mot det absoluta trycket p at svarar manometertrycket (p — 1) at  $\frac{1}{100}$  kg/cm<sup>2</sup>.

Totala ångvikten med avdrag för innehållet vatten blir  $Hx$  kg och totala ångvolymen  $u_4 Hx$  kbm, allt pr timme.

Ekvationerna äro uppställda för luftöverskotten  $n - 1 = 0,7 - - 0,5$  vid  $B = 200 - - 600$  kg/m<sup>2</sup>tim. och förutsätta, att rökgaserna fördelas på tuber och flämrör i visst förhållande, sammanhörande med ytorna  $F_2$ ,  $F_3$  och  $F_4$ . Inflytandet av förändringar i detta förhållande, som i synnerhet berör ångvolymerna  $u_4$  och  $u_4 Hx$ , kunna icke bestämmas genom de jämförelsevis enkla ekv. 1 - - 3. Dessa kunna tillämpas på lokomotivpannor, i vilka överhettningssytan  $F_4$  är  $= 12 R$  upp till  $20 R$ .

Förefinnas särskilda bränslebesparande anordningar, t. ex. matarvattenförvärmare, injektor för avloppsånga eller spiraltuber, tages inflytandet av dem i räkning med förläggning väl på säkra sidan, då det i olika fall kan variera avsevärt.

Vid användande av	Ökning i % av	
	ångvikt	ångvolym
matarvattenförvärmare . . . . .	9--14	6--10
injektor för avloppsånga . . . . .	5-- 9	4-- 7
spiraltuber, beroende av formen . . . .	6-- 2	4-- 7

Av den genererade ångkvantiteten förbrukas en mindre del i lokomotivets hjälpapparater, bromsen, sotaren m. m., anslagen till i genomsnitt 3 % för persontåg och handbromsade godståg samt till 5 % för genomgångsbromsade godståg. Tåguppvärmning från lokomotiv beräknas taga intill 8 % eller i genomsnitt pr år 4 %.

Den för ångcylindrarna disponibla ångvolymen blir därmed i medeltal  $\approx u_4 Hx$  kbm/tim. eller pr minut

0,93  $u_4 Hx$  : 60 för snäll- och persontåg,

0,95  $u_4 Hx$  : 60 » genomgångsbromsade godståg,

0,97  $u_4 Hx$  : 60 » handbromsade godståg och växellokomotiv.

Vid beräkning av den största påräkneliga ångalstring under fortvarighetstillstånd, som i allmänhet blir bestämmande för

dragkraftskurvan, sättes lämpligen i överensstämmelse med vid S. J.

$$\begin{aligned} \text{rostansträngningen } B &= 500 \text{ kg/m}^2\text{tim.} \\ \text{bränslets värmevärde } h &= 7000 \text{ WE/kg.} \end{aligned}$$

## 2. Cylinderfyllningar och medeltryck.

Beteckningar:

$U_{\text{abs}}$	kbm	den till en cylinderfyllning disponibla ångvolymen,
$U_c$	»	cylindervolymen, efter avdrag av kolvstångsvoly- lymen med 2 % och oberäknat skadligt rum,
$U_1$	kbm/kbm	den till en cylinderfyllning disponibla relativa ångvolymen = $U_{\text{abs}} : U_c$ ,
$U_r$	»	= $U_1$ efter expansion från $p$ till $p_r$ ,
$n$	antal	hjulvarv pr minut,
$C$	»	ångcylindrar med lika $d$ och $L$ ,
$d$	m	cylinderdiameter,
$L$	»	kolvslagets längd,
$\varepsilon$	kbm/kbm	relativ cylinderfyllning (skalafyllning),
$\varepsilon_o$	»	skadligt rum,
$f_{\text{me}}$	rel.	medeltryckscoefficient, skillnaden mellan relativa medeltrycken å kolvsidorna,
$p_r$	at	det absoluta tryck till vilket ångvolymen $U_1$ ex- panderar, då den vid fulltrycket $p$ ej räcker till viss minsta fyllning,
$p_m$	kg/cm <sup>2</sup>	effektiva medeltrycket, skillnaden mellan medel- trycken å kolvsidorna.

Vid körhastigheten  $n$  hjulvarv pr minut blir antalet enkla kolvslag  $2 Cn$  på samma tid och den till varje cylinderfyllning disponibla absoluta volymen ånga från pannan.

$$U_{\text{abs}} = \frac{zu_1 Hx}{60 \cdot 2 Cn} \text{ kbm.}$$

Divideras denna med cylindervolymen

$$U_c = \frac{0,987\pi d^2 L}{4} \text{ kbm}$$

erhålles som kvot den relativa ångvolymen

$$U_1 = \frac{z_{U_1} H x}{60 \cdot 2 C_n U_c} = \frac{Q}{n} \text{ kbm/kbm} \dots\dots\dots \text{ Ekv. 4.}$$

Äro skadliga rummet  $\varepsilon_0$  och inflytandet från ångfördelningsorganet kända, kunna cylinderfyllningen  $\varepsilon$  och medeltrycks-koefficienten  $f_{me}$  approximativt bestämmas ur  $U_1$ , se »Dragkraft», sid. 5—8, där uppgiften behandlats och tabeller beräknats för relationen mellan  $U_1$ ,  $\varepsilon$  och  $f_m$  vid  $\varepsilon = 0,10$  och för kolvslider med bruklig rörelse. Motsvarande tabeller återgivas här i grafisk framställning under nr: II och III. Då risken för felavläsningar minskas, om tabellerna upprättas i större skala än de intagna förminskningarna, har även sifferunderlaget medtagits.

Räkneförloppet blir följande:

Sedan ekv. 4 bringats till sin enklaste form  $Q/n$ , beräknas  $U_1$  för  $n$  resp. 60, 90, 120 etc. hjulvarv pr minut upp till den för lokomotivet fastställda största hastigheten. I tab. II uppsökes ordinatan  $U_1$  på linjen  $n = 60$  och relativa fyllningen  $\varepsilon$  avläses omedelbart på abskissaxeln. Med övergång till tab. III sökes härefter den motsvarande abskissan  $\varepsilon$  på kurvan  $n = 60$  och avläses medeltrycks-koefficienten  $f_{me}$  på ordinataxeln. Avläsningarna upprepas för  $n = 90, 120$  etc. och resultaten sammanställas lämpligen i tabellform.

Den relativa ångvolymen  $U_1$  begränsas vid de lägre hastigheterna av största cylinderfyllningen  $\varepsilon$ , som för lokomotiv med enkel expansion lämpligen beräknas till 0,75, även om den skulle vara något större i verkligheten. Vid denna fyllning och ett skadligt rum  $\varepsilon_0 = 0,10$  måste  $U_1$  vara mindre än  $0,75 + 0,10$ , ty någon kompressionsånga bidrager alltid till fyllningen. För alla värden å  $n$ , vilka göra kvoten  $Q/n = U_1$  större än 0,84, sättes av denna anledning

$$U_1 = 0,840, \varepsilon = 0,750, n = \frac{Q}{0,840} \text{ och } f_{me} \text{ ett mot dessa}$$

$\varepsilon$  och  $n$  svarande värde, som med tillräcklig noggrannhet interpoleras från siffertab. III resp. IV.

Erhålles åter vid de högre hastigheterna värden å  $U_1$ , som enligt tab. II svara mot mindre fyllningar än den för lokomotiv-

typen lämpliga minsta  $\varepsilon$ , så anslutes räkningen till det i verkligheten tillämpade förfarandet, körning med strypt ångpådrag och ökad fyllning. Volymen  $U_1$  expanderar således till  $U_r$  vid fyllningen  $\varepsilon_r$  utan att arbetet härunder tillgodogöres och absoluta panntrycket reduceras därvid till

$$p_r = p (U_1 : U_r)^{1,3} \dots \dots \dots \text{ Ekv. 5.}$$

För värden å sistnämnda faktor, se tab. V.

Tabell II kan anses vara oberoende av trycket inom här förekommande gränser, tab. III är beräknad för  $p - 1 = 12$  kg/cm<sup>2</sup> och avsedd att användas inom tryckområdet 10 -- 14 kg/cm<sup>2</sup>; för högre tryck upp till 18 kg/cm<sup>2</sup> tillgripes tab. IV, jfr avd. V. II. 1—2.

*Effektiva medeltrycket* blir slutligen

$$p_m = f_{me} (p - 1) \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{ Ekv. 6,}$$

i vilken  $p$  utbytes mot  $p_r$  vid beräknad körning med strypt regulator.

### 3. Dragkraft.

Beteckningar:

- $Z_0$ ,  $Z_i$  kg resp. hkr indikerad dragkraft,  
 $Z$  kg dragkraft vid drivhjulspärfierien,  
 $V$  km/tim. körhastighet,  
 $D$  m drivhjulsdiameter,  
 $N$  antal kopplade lokomotivaxlar,  
 $G''$  ton adhesionsvikt,  
 $\mu_0$  kg/ton koefficient för friktionen mellan hjul och skenor,  
 $k$  » » » motståndet i maskineriet,  
 $\eta$  kg/kg maskineriets verkningsgrad.

Lokomotivets indikerade dragkraft är i kg

$$Z_0 = 10000 \cdot p_m \cdot \frac{C}{2} \cdot 0,98 \frac{d^2 L}{D} \dots \dots \dots \text{ Ekv. 7,}$$

resp. i hkr

$$Z_i = Z_0 \cdot \frac{V}{270}$$

Av denna kraft tages en mindre del i anspråk för övervin-  
 andet av motstånden i maskineriet,

$$kG'' = \left[ 0,1 (C-2) + (0,6 + 0,133 N) \left( 4 + \frac{200}{12+G''} \right) \right] G$$

.. Ekv. 8,

jämför avd. V. II. 3. Återstoden,

$$Z = Z_0 - kG'' \dots\dots\dots \text{Ekv. 9,}$$

blir den till koppeltapparna överförda och till drivhjulspärfierien  
 utreducerade dragkraft, som lägges till grund för dragkrafts-  
 kurvan.

För tanklokomotiv utbytes  $G''$  i ekv. 8 och 9 mot

$$\frac{G_a + G''}{2}, \text{ jfr nedan.}$$

Efter omräkning av hastigheterna för de erhållna  $Z$ -värdena  
 från hjulvarv pr minut till km pr timme enligt formeln

$$V = 0,06 \pi Dn$$

kan kurvan omedelbart uppdragas, jfr ex. 1.

Kurvan, som åskådliggör den *av pannan beroende drag-  
 kraften*, begränsas upptill av en rät, med abscissaxeln parallell  
 linje, vilken åter är ett uttryck för den *största maskinella drag-  
 kraften*. Pannans ångproduktionsförmåga kan ej till fullo ut-  
 nyttjas förr än vid hastigheten i brytpunkten mellan de båda  
 linjerna och i fortsättningen.

Är lokomotivets adhesionsvikt liten i förhållande till ma-  
 skinkraften, kan den senare ej tagas fullt i anspråk av hänsyn  
 till slirning. I sådant fall markeras i dragkraftsdiagrammet ännu  
 en begränsning genom inläggning av en linje för den *största av  
 adhesionsvikten beroende dragkraften*,

$$Z_a = \mu_0 G''.$$

Inom hastighetsområdet  $V = 0 - - 30$  km/tim. förutsättes  
 $\mu_0$  vara en med stigande  $V$  starkt avtagande, diskontinuerlig  
 kvantitet, jfr avd. V. II. 3, och  $Z_a$  blir då en från ordinataxeln  
 tämligen brant fallande, bruten linje. I allmänhet ersättes denna  
 med en rät linje, antingen parallell med  $V$ -axeln för något kon-

stant värde å  $\mu_0$  eller svagt lutande från Z-axeln. Behandlad som konstant har  $\mu_0$  under årens lopp successiva ökats från tidigare omkring 150 till senare 200 kg/ton och numera räknas ofta med högre värden, 220 kg/ton och däröver, vid underförstådd sandning. Begränsningen i dragkraft på grund av adhesionsvikten lämnas då merendels obeaktad.

Inlägges  $Z_a$  för  $\mu_0 = 210$  resp. 190 vid  $V = 10$  resp. 20 km/tim. i diagrammet, erhålles en rät linje, som i hastighetsområdet 15 - - 30 km blir ett någotsånär riktigt uttryck för en övre gräns av  $\mu_0$  vid sandning utan förstärkande hjälpmedel, men i området 0 - - 15 km/tim. underskattar friktionen utan att det nämnvärt inverkar på körtiderna.

Vid sandning med tryckluft e. d. framför  $N_s$  av de kopplade N hjulparen kunna de ovan angivna  $\mu_0$  -värdena höjas med omkring 10  $N_s : N$  %.

För trillinglokomotiv kan i båda fallen en ökning av ytterligare 6 % tillåtas.

Hos tanklokomotiven avlastas i allmänhet de kopplade hjulen vid avtagande förråd. Är

$G'$  ton lokomotivets totala vikt vid fulla förråd,

$G_a$  » » adhesionsvikt vid fulla förråd,

$G'''$  » sammanlagda vikten av förråden,

införes i räkningen ett reducerat värde å adhesionsvikten,

$$G'' \approx G_a - n \frac{G_a}{G'} G''',$$

vari  $n$  blir en av axelanordningen och förrådets placering beroende variabel, t. ex.

$n \approx 2/3$  för tanklokomotiv av typer O C O, 1 C 1 och liknande, om avlastningen berör samtliga axlar,

$n \approx 1/3$  för tanklokomotiv av typer O C 2, 1 C 2 etc., om avlastningen till minst hälften faller på de bakre löpaxlarna.

En icke sällan förekommande brytpunkt på dragkraftskurvan i området för de större hastigheterna inträffar vid hastigheten för den lämpliga minsta fulltrycksfyllningen, då lokomotivets *effekt* blir störst vid den förutsatta rostansträngningen.

Maskineriets verkningsgrad blir, härledd ur ekv. 9,

$$\eta = 1 - \frac{kG''}{Z_0}$$

Lokomotivets effektiva dragkraft behandlas i sammanhang med gångmotstånden.

#### 4. Gångmotstånd och tågvikt.

Beteckningar:

F	m <sup>2</sup>	ytan inom lokomotivets tvärprofil,
G <sub>1</sub>	ton	vikt av lokomotiv med tender, inberäknat 2/3 förråd,
G <sub>2</sub>	»	tågvagnarnas totala vikt,
Z <sub>1</sub>	kg	effektiv dragkraft i dragkroken,
Z <sub>r</sub>	»	reducerad » vid drivhjulspärfierien,
W <sub>1</sub>	kg/ton	specifika gångmotståndet för lok. och tender,
W <sub>2</sub>	»	» » » » vagnar,
W <sub>3</sub>	»	» stigningsmotståndet,
W <sub>4</sub>	»	» kurvotståndet,
R	m	kurvradie.

Specifika gångmotståndet för lokomotiv med eller utan tender är enligt »Dragkraft», sid. 18.

$$W_1 = \frac{330}{G_1 + 230} (2,8 + 0,016 V) + \frac{0,006 FV^2}{G_1} \dots \text{Ekv. 10,}$$

i vilken F för normalspåriga nutida lokomotiv har något värde mellan 9 och 11 m<sup>2</sup>.

Lokomotivets effektiva dragkraft i dragkroken blir därmed

$$Z_1 = Z - W_1 G_1.$$

Specifika gångmotståndet för vagnar beräknas enligt följande genomsnittsforniel

$$W_2 = 2,0 + 0,01 V + 0,0003 V^2 \dots \text{Ekv. 11,}$$

närmast giltig för personboggivagnar med öppna plattformar och lastade 2-axliga öppna godsvagnar, jfr avd. V. II. 4.

Specifika stignings- och lutningsmotstånden bliva alltid i stigningar

$$W_3 = s$$

och i lutningar



$$W_3 = -s.$$

Specifika kurvotståndet beräknas tillsvidare summariskt enligt *v. Röckl*, jfr avd. V. II. 4, för normalspår

$$W_4 = \frac{650}{R - 55} \dots\dots\dots \text{ Ekv. 12,}$$

och för spårvidd  $m$   $1,067$   $0,890$   $0,600$

$$W_4 = \frac{400}{R - 20} \quad \frac{375}{R - 15} \quad \frac{200}{R - 5}$$

Dragkraften  $Z$  och summan av tågfordonens gångmotstånd  $\Sigma WG$  bestämma hastighetstillståndet:

$Z > \Sigma WG$  angiver acceleration,

$Z = \Sigma WG$  » fortvarighetstillstånd,

$Z < \Sigma WG$  » retardation eller stillestånd.

Vid konstant hastighet blir således

$$Z = (W_1 \pm W_3 + W_4) G_1 + (W_2 \pm W_3 + W_4) G_2$$

och efter subtraktion av  $(W_1 - W_2) G_1$  från ekvationens båda membra,

$$Z - (W_1 - W_2) G_1 = Z_r = (W_2 \pm W_3 + W_4) (G_1 + G_2)$$

samt det direkta uttrycket för tågagnarnas vikt i för räkningen bekväm form

$$G_2 = \frac{Z_r}{W_2 \pm W_3 + W_4} - G_1 \dots\dots\dots \text{ Ekv. 13.}$$

$Z_r = Z - (W_1 - W_2) G_1$  är den tänkta dragkraft, som skulle erfordras för att med oförminskad hastighet framföra tåget, om specifika gångmotståndet för vagnarna vore tillämpligt för hela tågvikten.

Vagnviktskurvorna upprättas lämpligen för stigningarna  $s = W_3 = 0, 2, 4$  etc. ‰ och införs å samma blad som lokomotivets dragkraftskurva. Som hastigheter införs  $V = 10, 20, 30$  etc. km/tim.,  $Z$  avläses från dragkraftskurvan,  $W_1$  beräknas för lokomotivtypen,  $W_2$  erhålles ur tab. VI och  $W_4$  sättes = 0.

För tillämpningen av Unreins metod äro dock icke alla de nyss nämnda kurvorna behövlige; det är tillfyllest om de inläggas för t. ex.  $s = 0, 4, 8$  etc. ‰. Den i banan förekommande största stigningen blir icke alltid övre gränsen härför och beräkningen av kurvorna måste då fortsättas till dess att  $s/V$ -diagrammet blir fullt bestämbar, jfr exemplet.

### III. DEN GRAFISKA BESTÄMNINGEN AV KÖRTIDERNÄ.

#### Hjälpmöden.

##### 1. $s/V$ -diagrammet enligt Strahl.

Tågvagnarnas vikt  $G_2$  kan i vissa fall vara given, t. ex. då utrymmesbehovet i ett persontåg är avgörande, men i allmänhet blir den beroende av lokomotivets dragkraft resp. resehastigheten och bestämes då med hjälp av vagnviktsdiagrammet, under beaktande av, att vagnvikten skall kunna framföras med viss hastighet i största förekommande stigning och att tågets hastighet skall å horisontell bana kunna uppaccelereras till grundhastigheten på rimlig tid.

Från vagnviktskurvorna avläsas för den givna eller beräknade vagnvikten  $G_2$  de sammanhörande värdena å stigningarna  $s$  och hastigheterna  $V$ .  $V$ -värdena avsättas som abskissor i skalan 1 km/tim. = 1 mm,  $s$ -värdena som ordinator i skalan 1 ‰ = 6 mm och kurvan indrages. Diagrammet fortsättes nedåt ett stycke under  $V$ -axeln och i detsamma inlägges godtyckligt en *svängningsvinkel* med spetsen på  $V$ -axeln och båda benen i lutning omkring 1 : 10 mot axelns normal. Vinkelbenen utdragas nedåt till diagrammets underkant.

2. *Motståndskurvan* vid utrullning å horisontell bana skall uttrycka specifika motståndet för tågvikten i sin helhet och beräknas för  $V = 10, 20, 30$  etc. km/tim. enligt formeln

$$W = (W_1G_1 + W_2G_2 + kG'') : (G_1 + G_2) \dots \text{ Ekv. 14.}$$

Kurvan inlägges under  $V$ -axeln i  $s/V$ -diagrammet i skalan 1 kg = — 1 ‰ = — 6 mm.

### 3. Retardation vid bromsning.

Beteckningar:

- v m/sek. körhastighet,  
 g m/sek.<sup>2</sup> hastighetsretardation,  
 S km bromsväg.

För de till körtidsberäkningarna använda bromskurvorna ha vid Deutsche Reichsbahn utfärdats enhetliga bestämningsgrunder, vilka lämpligen kunna följas. Kurvorna bliva parabler med en föreskriven retardation g av

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| a) för snäll- och persontåg    | 0,3 m/sek. <sup>2</sup> |
| b) » tryckluftbromsade godståg | 0,2 »                   |
| c) » handbromsade godståg      | 0,15 »                  |

Bromsvägarna vid dessa likformigt föränderliga rörelser beräknas för  $v = V : 3,6$  enligt formeln

$$0,001 S = - \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots \text{ Ekv. 15}$$

och kurvorna bliva hastighets/väg = V/S-diagram med skala för abskissorna 1 km = — 20 mm och för ordinaterna 1 km/tim. = 1 mm.

### 4. Tidvinkeln.

För halva vinkeln  $\tau$  skall  $\text{tg } \frac{\tau}{2}$  vara 1 : 6. Hela vinkeln in-  
 mäter en minut å den hastighets/vägprofil, som erhålles över  
 banan enligt Unreins metod. Indelas kordan till någon vinkels  
 båge i 10 lika delar och dragas linjer från delpunkterna till  
 spetsen, kunna hundradelar av minuten tämligen säkert skattas.

5. Till de ovan beskrivna hjälpmedlen fogas lämpligen  
 ännu ett, en tidsindelad

kurva för *acceleration* å rak, horisontell bana.

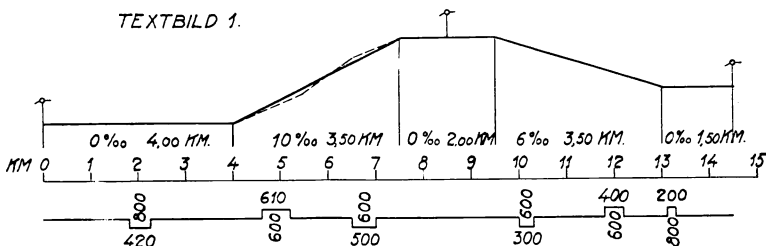
Kurvan erhålles utan särskilt räknearbete genom metoden  
 och den har endast till uppgift att vid ofta upprepade accelera-  
 tioner å planspår bringa fortgång i bestämningen av hastighets-  
 profilen över banan.

Även för vissa i banprofilen ofta förekommande stigningar eller lutningar torde tidsindelade hjälpkurvor med fördel kunna användas. De erhållas på samma sätt som den föregående och uppritas på kalkerväv. Förfarandet kompletteras då i riktning mot det av Fernholm angivna.

Hjälpmidlen böra, med undantag för den alltid oföränderliga tidvinkeln, utmärkas på något sätt, så att de kunna särskiljas från andra liknande. s/V-diagrammet och accelerationskurvan märkas t. ex. med lokomotivtypbeteckning och tågsvikt, bromskurvan med retardationskonstanten.

## 6. Banan.

Under vägen till det blivande V/S-diagrammet inlägges en antydan om banans profil. Förenklade justeringar, som ej nämnvärt inverka på körtiderna, kunna tillåtas, jfr textbild



1, där den av tre olika stigningar sammansatta delsträckan 4—7,5 km omlagts till en medelstigning. Kurvor förvandlas till stigningar och deras motstånd kunna, för att ej komplicera körtidsbestämningen, fördelas på längden av den delsträcka, där de äro belägna. Är t. ex. å en sträcka

$S$  km längden,

$S_1 S_2$  » längderna av tvenne förekommande kurvor,

$s$  kg/ton motståndet å sträckan, oberäknat

$s_1 s_2$  » kurvmotstånden, jfr ekv. 12 med varianter,

så blir summan av stignings- och kurvmotstånden å sträckan

$$s = s + \frac{s_1 S_1 + s_2 S_2}{S} \dots \dots \dots \text{Ekv. 16.}$$

Enligt vid Deutsche Reichsbahn utfärdade föreskrifter få kurvor med *mindre längd än 250 m* eller *större radie än 600 m* försummas. Bestämmelsen gäller för normalspår. Kurvor, som föranleda saktning, måste dock alltid beaktas.

7. **Unreins förfarande** enligt Dittmann, kompletterad bearbetning:

Beteckningar:

- $Z_0$  kg lokomotivets indikerade, till drivhjulspärfierien utreducerade dragkraft vid  $V$  km/tim. = 3,6 v m/sek.,  
 $W$  kg/ton det totala specifika medelmotståndet för lokomotiv och vagnar vid samma hastighet,  
 $G_1$  ton vikt av lokomotiv och tender med 2/3 förråd,  
 $G_2$  » tågagnarnas vikt,  
 $p$  kg den accelererande kraften pr ton tågvikt vid hastigheten  $V$ .

Kraften  $p$  blir  
 å horisontell bana

$$p_0 = \frac{Z_0 - W (G_1 + G_2)}{G_1 + G_2},$$

i en stigning  $s$  ‰

$$p_s = \frac{Z_0 - W (G_1 + G_2)}{G_1 + G_2} - s = p_0 - s$$

och i en lutning  $s$  ‰

$$p_{(-s)} = \frac{Z_0 - W (G_1 + G_2)}{G_1 + G_2} + s = p_0 + s.$$

Värdena å  $p$  angivas omedelbart av resp. ordinator i  $s/V$ -diagrammet, jfr ex. 3 med fig. 1 å textdiagr. 2. I detta enskilda fall är

$$p - s \approx 0 \quad \text{vid } V = 0 \text{ i } s = 20 \text{ ‰.}$$

Men stigningsmotståndet  $W_s = s$  är här just 20 kg/ton och dessa stå till förfogande som accelerationskraft å horisontell bana, således

$$p \approx 20 \quad \text{vid } V = 0 \text{ i } s = 0 \text{ ‰.}$$



Om OR, textbild 2, är ett stycke av hastighets/väglinjen och  $a'_5bd$  är  $s/V$ -diagrammets medelläge under svängningen kring  $c$  från  $a_5$  till  $a_6$ , så blir  $a'_5c$  normal till kurvan i punkten  $a'_5$  samt trianglarna  $a'_5ea_6$  och  $a'_5fc$  likformiga, således

$$\frac{[dV]}{[dS]} = \lim. \frac{[\Delta V]}{[\Delta S]} = \frac{[fc]}{[fa'5]} = \frac{[\sigma]}{[V]}$$

Tillika är

$$\begin{aligned} \frac{[dV]}{[dS]} &= \frac{dV}{dS} \cdot \frac{a}{\beta} = 3,6 \frac{dv}{dt} \cdot \frac{dt}{dS} \cdot \frac{a}{\beta} = \\ &= 3,6 \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \frac{1}{v} \cdot \frac{a}{\beta} = 3,6 \cdot \frac{b}{V:3,6} \cdot \frac{a}{\beta} = 3,6^2 \frac{b}{V} \cdot \frac{a}{\beta} \end{aligned}$$

Häri är  $b = \frac{dv}{dt}$  det allmänna uttrycket för en hastighetsacceleration, som även måste vara lika med en kraft genom en massa,  $b = p : M$ . Massan  $M_0$  för ett ton av tågvikten förstoras skenbart genom inflytandet från de roterande hjulmassorna med omkring 6 % till  $M = 1,06 \cdot 1000 : 9,81$  och ekvationen för accelerationen blir

$$b = \frac{p}{1,06 \cdot \frac{1000}{9,81}} = \frac{p}{108}$$

Efter insättning av detta uttryck i det föregående erhålles

$$\begin{aligned} \frac{[dV]}{[dS]} &= \lim. \frac{[\Delta V]}{[\Delta S]} = \frac{3,6^2 a}{108 \beta} \cdot \frac{p}{V} = \frac{3,6^2 a \frac{[p]}{\gamma}}{108 \beta \frac{[V]}{a}} = \\ &= \frac{3,6^2 a^2}{108 \beta \gamma} \cdot \frac{[p]}{[V]} = \frac{[\sigma]}{[V]} \end{aligned}$$

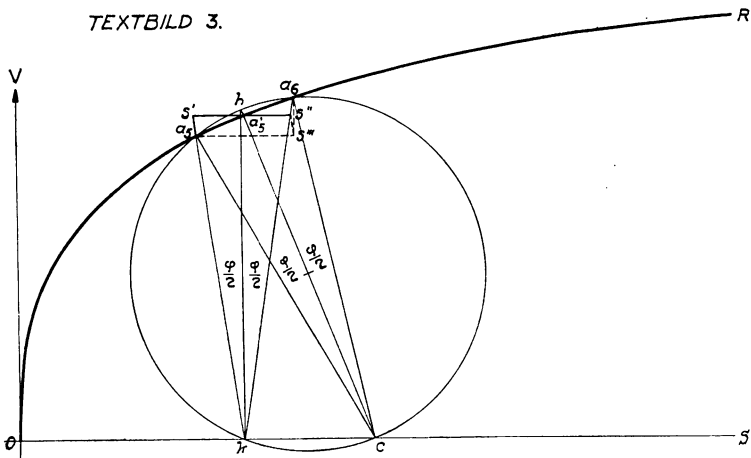
Väljes skalan  $\gamma$  så, att faktorn  $3,6^2 a^2 : (108 \beta \gamma)$  blir  $= 1$ , så kan den å  $s/V$ -diagrammet avläsbara accelererande kraften  $p$ , vilken där motsvarar hastigheten i punkten  $a'_5$ , omedelbart

användas som subnormal  $\sigma =$  normalens projektion på abscissaxeln i hastighets/vägdiagrammet. Skaian måste bli

$$\gamma = \frac{3,6^2 \alpha^2}{108 \beta} = \frac{0,12 \cdot 1 \cdot 1}{0,02} = 6 \text{ mm.}$$

Då detta faktiskt är den för  $p$  valda skalan, så bevisar det, att i  $s/V$ -diagrammets medellägen återgives det dynamiskt riktiga förhållandet mellan hastighet, hastighetstillväxt och accelererande kraft, om längden för den senare enligt  $s/V$ -diagrammet användes som subnormal.

Svänges  $s/V$ -diagrammet med  $c$  som vridpunkt vinkeln  $\frac{\eta}{2}$  från medelläget  $a'_5bd$  åt vänster till  $a_5$  resp. åt höger till  $a_6$ , textbild 2, och sammanbindas  $a_5$  resp.  $a_6$  med  $c$ , erhålles triangeln  $a_5ca_6$ , textbild 3.



Omskrives en cirkel genom  $a_5$ ,  $c$  och  $a_6$ , faller dess medelpunkt på  $a'_5c$  och  $ch$  blir således en diameter. Fälles där- efter från  $h$  en normal mot  $OS$ , träffar den skärningspunkten  $k$  mellan cirkeln och linjen  $OS$ , ty den räta vinkeln  $hkc$  står i halvcirkeln. Sammanbindas till sist  $a_5$  resp.  $a_6$  med  $k$ , erhålles vinkeln  $a_5ka_6 = a_5ca_6$ , ty båda stå på samma båge i samma cirkel. Av samma orsak blir även vinkeln  $a_5kh = a_5ch$  o. s. v.



## Beteckna

$\Delta S$  km vägens tillväxt,  
 $\Delta T$  min. tidens tillväxt,  
 $V_m$  km/tim. medelhastigheten i  $a's$ ,  
 $\beta_1$  mm/km skalan för vägen S,  
 så blir i den likbenta triangeln  $s'ks''$

$$1. \quad s's'' = a_s s''' = [\Delta S] = [V_m] \cdot 2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{V_m}{60} \text{ resp. } \Delta S = \frac{V_m \Delta T}{60}$$

$$\frac{[\Delta S]}{\beta_1} = \frac{[V_m]}{\alpha} \cdot \frac{\Delta T}{60} \text{ och}$$

$$2. \quad [\Delta S] = [V_m] \frac{\beta_1 \Delta T}{\alpha \cdot 60}.$$

Sättas högra membra i ekv. 1 och 2 lika, blir

$$[V_m] \cdot 2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = [V_m] \cdot \frac{\beta_1}{\alpha} \cdot \frac{\Delta T}{60}$$

$$\Delta T = 60 \cdot 2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{\alpha}{\beta_1}.$$

Efter insättning av de redan kända värdena

$$\alpha = 1 \text{ mm,}$$

$$\beta_1 = 1000\beta = 1000 \cdot 0,02 = 20 \text{ mm}$$

och en vinkel  $\frac{\varphi}{2}$ , vars tangent är t. ex.  $1/6$ , erhålles

$$\Delta T = 60 \cdot 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{20} = 1 \text{ minut.}$$

Varje utslagsvinkel  $\frac{\varphi}{2}$ , efter svängning av  $s/V$ -diagrammet åt vänster och höger kring vridpunkten  $c$ , motsvarar således en bestämd  $\Delta T$  och projektionen på vägen S av kurvstycket mellan ändpunkterna  $a_m$   $a_n$  är alltid  $\frac{V_m \Delta T}{60}$ . Beviset

styrker, att  $s/V$ -diagrammets svängning kring punkten  $c$  leder till ett riktigt återgivande av rörelsens förlopp i vägxaxelns riktning.

Toges svängningsvinkeln  $\varphi$  lika med tidvinkeln  $\tau$ , skulle kurvpunkterna  $a_1$   $a_2$   $a_3$  o. s. v. å textdiagram 3 omedelbart ange tidsavstånd i hela minuter från  $a_0$  och den särskilda uppmätningen av hastighets/vägprofilen med tidvinkeln bortfölla.

Förfarandets upphovsman rekommenderar dock användandet av en särskild svängningsvinkel och eftermätning med tidvinkel, emedan det enligt hans mening för raskare till målet.

Detta är emellertid omtvistligt. För en tidvinkel  $\varphi$  med  $\text{tg } \frac{\varphi}{2} = 1 : 12$  komma punktavstånden å hastighetsprofilen att ange halvminuter, mätningen inskränkes till profilstycken mellan resp. brytpunkter och närmaste halvminutpunkt och samtidigt vinner resultatet något i noggrannhet.

Vid all acceleration och vid retardation i stigningar bliva nu styckena  $a_5$   $a_6$  resp.  $a_m$   $a_n$  av hastighetsprofilen icke räta linjer utan verkliga bågar och förfarandet leder därför endast till approximativa resultat, se vidare avd. V. III. 7, däri även metodens giltighetsområde klarlägges.

Redogörelsen för den praktiska tillämpningen har till undvikande av upprepningar överförs till exemplet.

#### IV. EXEMPEL.

Beräkningarna tillämpas på ett snälltågslokomotiv 2 C med 4-axlig tender och grundas på följande uppgifter:

Rostyta	$R = 3,2 \text{ m}^2$
Värmeberörd eldyta i eldstaden	$F_1 = 14,5 \text{ »}$
» » » tuber och flamrör	$F_2 + F_3 = 145,6 \text{ »}$
Överhettningssyta inom flamrören	$F_4 = 52,5 \text{ »}$
Ångtryck abs.	$p = 13 \text{ at}$
Antal ångcylindrar	$C = 3 \text{ st.}$
Cylinderdiameter	$d = 0,50 \text{ m}$
Kolvslagets längd	$L = 0,66 \text{ »}$
Drivhjulsdiameter	$D = 1,89 \text{ »}$

Adhensionsvikt	$G'' = 53$ ton
Tjänstevikt med 2/3 förråd i tendern	$G_1 = 120$ »
Tillåten körhastighet i pr timme	$V = 100$ km
Ytan inom lokomotivets tvärprofil	$F = 10,5$ m <sup>2</sup>

Pannan är försedd med spiraltuber.

Ex. 1. Bestäm lokomotivets dragkraftskurva.

*Ångproduktionen.*

B skall vara 500 kg/m<sup>2</sup>tim. och h 7000 WE, jfr II. 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Ekv. 3 a. } a &= 0,28 \left( \frac{4,6 \cdot 3,2}{14,5} \right)^{0,5} + 0,14 \left( \frac{14,5 + 3,4 \cdot 3,2}{8 \cdot 3,2} \right)^{0,5} + \\
 &+ 0,58 \left( \frac{145,6 + 36 \cdot 3,2}{96 \cdot 3,2} \right)^{0,5} - 0,046 \left( \frac{52,5}{16 \cdot 3,2} \right)^{0,5} = \\
 &= 0,282 + 0,139 + 0,534 - 0,047 = 0,908
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ekv. 1. } \frac{Hx}{BR} &= \frac{7,6 \cdot 7000}{7500} \cdot \frac{1,04 + 0,001 \cdot 500}{0,8 + 0,0016 \cdot 500} \cdot 0,908 = \\
 &= 7,1 \cdot 0,963 \cdot 0,908 = 6,21 \text{ kg/kg.}
 \end{aligned}$$

Ekv. 3 b.

$$\begin{aligned}
 b &= \left( \frac{52,5}{16 \cdot 3,2} \cdot \frac{0,87}{\frac{0,28 \cdot 4,6 \cdot 3,2}{14,5} + \frac{0,14 \cdot 14,5}{4,6 \cdot 3,2} + \frac{0,45 \cdot 145,6}{48 \cdot 3,2}} \right)^{0,5} = \\
 &= (1,025 \cdot 1,025)^{0,5} = 1,025
 \end{aligned}$$

Ekv. 2.

$$\begin{aligned}
 u_4 &= 0,154 [1 + 1,025 (0,1 \sqrt{5,75^2 - (5,55 - 0,01 \cdot 500)^2} - 0,18)] = \\
 &= 0,154 (1 + 1,025 \cdot 0,392) = 0,216 \text{ kbm/kg.}
 \end{aligned}$$

De erhållna värdena avse panna med släta tuber. Vid användning av lämpliga spiraltuber blir ökningen i  $Hx/BR$  runt 2 % resp. i  $u_4$  omkring 5,5 — 2 = 3,5 %. Ångvikt och ångvolym, oberäknat innehållet vatten, bliva således pr timme

$$\begin{aligned}
 Hx &= 500 \cdot 3,2 \cdot 1,02 \cdot 6,21 = 1600 \cdot 6,33 = 10128 \text{ kg} \\
 u_4 Hx &= 1,035 \cdot 0,216 \cdot 10128 = 0,224 \cdot 10128 = 2268 \text{ kbm.}
 \end{aligned}$$

Efter avdrag för ånga till hjälpapparater och tågvärmning blir den till cylindrarna disponibla ångvolymen pr timme

$$0,93 u_4 Hx = 0,93 \cdot 2268 = 2109 \text{ km.}$$

### Dragkraften.

Räkneresultaten, sammanställda i texttabell 1, erhållas och införs i följande ordning:

Rad 1 — hastigheterna  $n = 60, 90, 120$  etc. hjulvarv/min.

Rad 2 — de motsvarande hastigheterna i km/tim.  $= V = 0,06 \cdot 1,89 \pi n = 0,356 n$ .

Rad 3 — den till en cylinderfyllning disponibla relativa ångvolymen,

$$\text{Ekv. 4. } U_1 = \frac{2109}{60 \cdot 0,98 \cdot 0,196 \cdot 0,66 \cdot 2 \cdot 3 n} = \frac{46,2}{n}.$$

Rad 5 — de från tab. II avlästa, med  $U_1$  sammanhörande cylinderfyllningarna  $\varepsilon$ . Dessa ökas i

Rad 6 för  $n = 270$  och  $300$  till den för lokomotivtypen minsta lämpliga fyllningen  $\varepsilon_r = 0,15$  och i

Rad 4 införs värdena å  $U_r$  avlästa i tab. II för  $\varepsilon = 0,15$  och  $n = 270$  resp.  $300$ .

Rad 7 — ångtrycken  $p_r$  efter expansionen från  $U_1$  till  $U_r$ , enl.

$$\text{Ekv. 5 } p_r = 13 (0,171 : 0,179)^{1,3} \text{ resp. } 13 (0,154 : 0,175)^{1,3} \\ = 13 \cdot 0,955^{1,3} \quad \gg 13 \cdot 0,880^{1,3} \text{ samt enl.}$$

$$\text{Tab. V } = 13 \cdot 0,942 = 12,2 \quad \gg 13 \cdot 0,847 = 11,0.$$

Rad 8 — de från tab. III avlästa, mot fyllningarna  $\varepsilon_r$  svarande medeltryckskoefficienterna  $f_{me}$ , jfr avd. V. IV. ex. 1.

Rad 9 — de effektiva medeltrycken, jfr

$$\text{Ekv. 6, } p_m = f_{me} \cdot (p_r - 1).$$

Rad 10 — lokomotivets indikerade dragkraft, enligt

$$\text{Ekv. 7. } Z_0 = 10000 p_m \cdot \frac{3}{2} \cdot 0,98 \cdot \frac{0,25 \cdot 0,66}{1,89} = 1283 p_m \text{ kg.}$$

Rad 11 — motstånden i maskineriet, se ekv. 8.

$$\begin{aligned} kG'' &= \left[ 0,1 (3 - 2) + (0,6 + 0,133 \cdot 3) \left( 4 + \frac{200}{12 + 53} \right) \right] \cdot 53 = \\ &= 7,18 \cdot 53 = 381 \text{ kg.} \end{aligned}$$

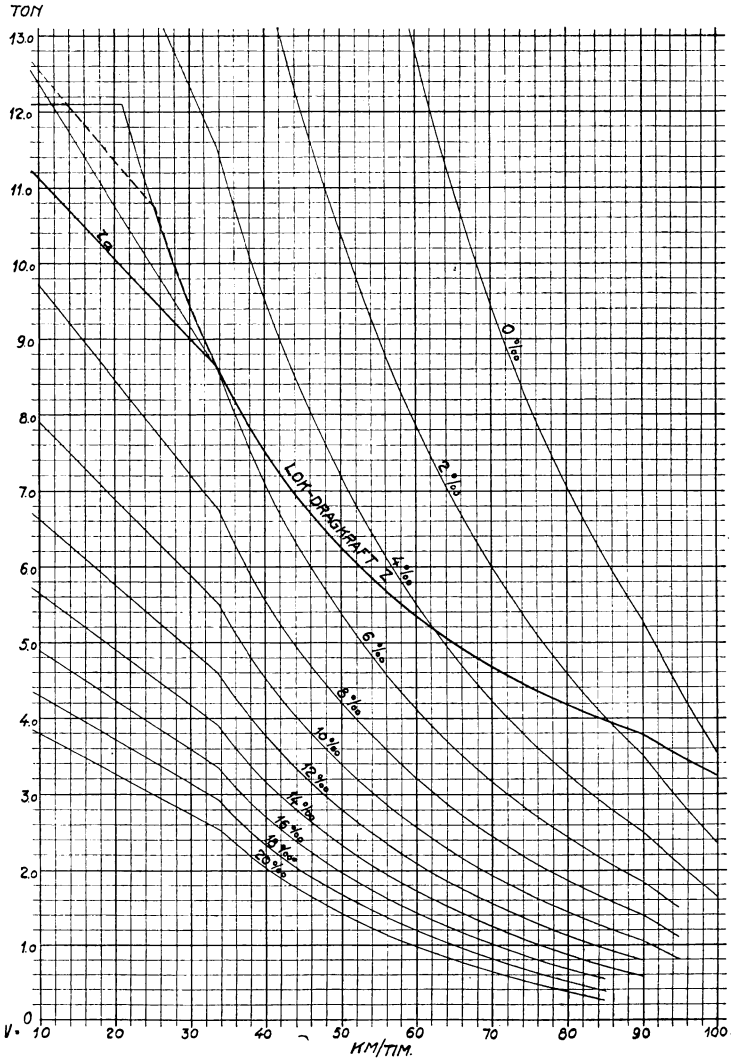
Rad 12 — den på koppeltapparna verkande, till drivhjulspärfierien utreducerade dragkraften,

$$\text{Ekv. 9, } Z = Z_0 - kG'' = Z_0 - 381 \text{ kg.}$$

**Texttabell 1.**

1	n	60	90	120	150	180	210	240	270	300
2	V	21,4	32,0	42,7	53,4	64,1	74,8	85,4	96,1	106,8
3	U <sub>1</sub>	0,770	0,513	0,385	0,308	0,257	0,220	0,193	0,171	0,154
4	U <sub>r</sub>	»	»	»	»	»	»	»	0,179	0,175
5	ε	0,682	0,444	0,326	0,257	0,213	0,181	0,160	0,142	0,129
6	ε <sub>r</sub>	»	»	»	»	»	»	»	0,150	0,150
7	p <sub>r</sub>	13	13	13	13	13	13	13	12,2	11,0
8	f <sub>me</sub>	0,800	0,608	0,487	0,408	0,353	0,312	0,283	0,266	0,258
9	p <sub>m</sub>	9,60	7,29	5,84	4,90	4,23	3,74	3,39	2,98	2,58
10	Z <sub>0</sub>	12817	9853	7493	6287	5427	4798	4349	3823	3310
11	kG''	381	381	381	381	381	381	381	381	381
12	Z	11936	8972	7112	5906	5046	4417	3968	3442	2929

I tabellen intages även beräkningen av största maskinella dragkraften, ovan utesluten av hänsyn till utrymmet. För 46,2 : : n ≥ 0,840 bliva i ordning: U<sub>1</sub> = 0,840, ε = 0,750, n = 46,2 : 0,840 = 55,0, f<sub>me</sub> = 0,801 + 5 (0,857 - 0,801) : : 30 = 0,810, p<sub>r</sub> - 1 = 12, p<sub>m</sub> = 9,72, Z<sub>0</sub> = 12470, kG'' = 381 och Z = 12089.

LOKOMOTIVDRAGKRAFT  $Z$  I TON OCH VAGNVIKTER  $G_2$  I 100 TON.

Dragkraftskurvan är inlagd å textdiagram 1. Den däri indragna linjen

$$Z_a = \begin{cases} 210 \cdot 53 = 11130 \text{ kg för } V = 10 \text{ km/tim.} \\ 190 \cdot 53 = 10070 \text{ » » » } = 20 \text{ »} \end{cases}$$

avser sandning medelst regel och tar icke hänsyn till trecylindernanordningens inflytande. Om det senare beaktas och lokomotivet antages ha tryckluftsandning framför två hjulpar, kan begränsningen enligt II. 3 höjas till

$$Z_a = \left( 1 + \frac{2 \cdot 10}{3 \cdot 100} + \frac{6}{100} \right) (210 \text{ resp. } 190) \cdot 53 \overline{\infty}$$

$\overline{\infty}$  12540 resp. 11350 kg vid de angivna hastigheterna, antytt i diagrammet genom en streckad linje.

Ex. 2. Beräkna och upprätta vagnviktskurvor för  $s = 0, 2, 4$  etc. t. o. m.  $20 \text{ ‰}$ .

Räkneförloppet tydliggöres av texttabell 2. Lokomotivets specifika gångmotstånd beräknas enligt ekv. 10,

$$W_1 = \frac{330}{120 + 230} (2,8 + 0,016 V) + \frac{0,006 \cdot 10,5 V^2}{120} \overline{\infty}$$

$$\overline{\infty} 2,6 + 0,015 V + 0,00052 V^2.$$

Vagnarnas specifika gångmotstånd  $W_2$  införes från tab. V och lokomotivets dragkraft  $Z$  avläses från dragkraftskurvan å textdiagram 1. I produkterna  $G_1 (W_1 - W_2) = 120 (W_1 - W_2)$  avrundas enheterna till närmaste tiotal, då  $Z$  ej kan bestämmas med större grad av noggrannhet. Härefter erhålles  $Z_r = Z - 120 (W_1 - W_2)$ .

De enskilda vagnviktskurvorna beräknas sedan för resp.  $s$  ur formeln

$$G_2 = \frac{Z_r}{W_2 + s} - 120.$$

I texttabell 2 ha endast ett par stickprov medtagits å beräkningarna av  $G_2$ . Alla för kurvornas bestämning erforderliga  $G_2$ -värden ha i stället sammanförts i tabellens sista avdelning.

Texttabell 2.

V	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$W_1$	2,80	3,11	3,52	4,03	4,65	5,37	6,20	7,13	8,16	9,30
$W_2$	2,13	2,32	2,57	2,88	3,25	3,68	4,17	4,72	5,33	6,00
$W_1 - W_2$	0,67	0,79	0,95	1,15	1,40	1,69	2,03	2,41	2,83	3,30
Z	11130	10070	9010	7500	6250	5350	4670	4180	3800	3240
$120 \cdot (W_1 - W_2)$	80	90	110	140	170	200	240	290	340	400
$Z_r$	11050	9980	8900	7360	6080	5150	4430	3890	3460	2840

$s = 0 \text{ ‰}$ .

$Z_r : (W_2 + 0) = G_1 + G_2$	1399	1062	824	649	473
$G_1$	120	120	120	120	120
$G_2$	1279	942	704	529	353

$s = 10 \text{ ‰}$ .

$G_1 + G_2$	911	810	708	571	459	376	313	264	226	178
$G_1$	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
$G_2$	791	690	588	451	339	256	193	144	106	58

$G_2$  för  $s = 0 \text{ -- } 20 \text{ ‰}$ .

0 ‰	—	—	—	—	—	1279	942	704	529	353
2 "	—	—	—	1388	1038	787	598	459	352	235
4 "	—	1459	1235	950	719	551	422	326	251	164
6 "	1239	1080	919	709	537	412	316	243	185	117
8 "	971	847	722	556	420	321	244	186	140	83
10 "	791	690	588	451	339	256	193	144	106	58
12 "	662	577	491	375	279	208	154	113	80	—
14 "	565	492	417	316	232	171	124	88	59	—
16 "	489	425	359	270	196	142	100	68	—	—
18 "	429	371	313	232	166	118	80	51	—	—
20 "	379	327	274	202	142	97	63	37	—	—
V	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100



Ex. 3. Iordninggör hjälpmedlen för tillämpning av Unreins förfarande. Tågvagnarnas vikt är 420 ton och största hastigheten 90 km/tim.

*s/V-diagrammet.*

Från vagnviktskurvorna å textdiagram 1 avläsas för  $G_2 = 420$  ton de samhöriga värdena

$s = 0 \quad 2 \quad 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 12 \quad 14 \quad 16 \quad 18 \quad \text{‰}$   
 $V = 96,0 \quad 83,3 \quad 70,1 \quad 59,2 \quad 50,0 \quad 42,5 \quad 36,4 \quad 29,7 \quad 20,7 \quad 11,7 \text{ km/tim.}$

Kurvan återgives av fig. 1 å textdiagram 2. Koordinat-systemet har fullföljts nedåt till  $s = -8 \text{ ‰}$  och svängningsvinkeln,  $\text{tg } \frac{\varphi}{2} = 1 : 10$ , inlagts med spetsen på  $V = 20$  och  $s = \pm 0$ .

Diagrammet uppritas i tusch på starkt, genomskinligt papper eller på kalkérväv. Den streckade, yttre begränsningslinjen antyder huru figuren lämpligen klippes.

*Motståndskurvan.*

Enligt ekv. 14 och texttabell 1 erhålles

$$W = (120 W_1 + 420 W_2 + 381) : 540$$

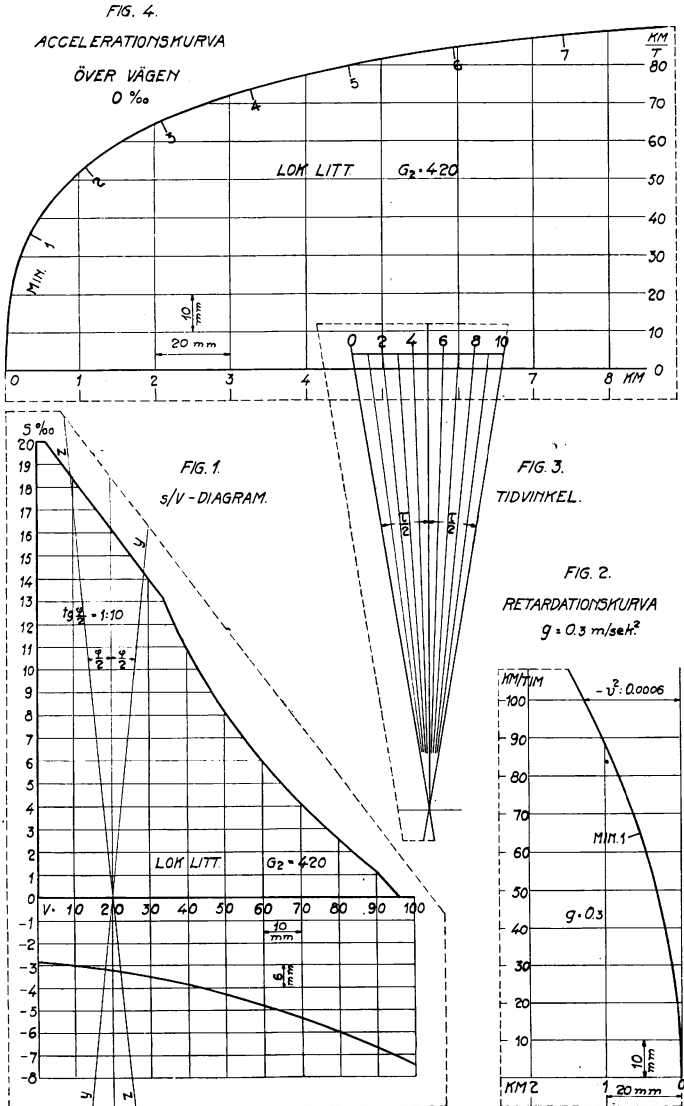
samt med användande av  $W_1$ - och  $W_2$ -värdena i texttabell 2 följande sammanställning:

V	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$W_1$	2,80	3,11	3,52	4,03	4,65	5,37	6,20	7,13	8,16	9,30
$W_2$	2,13	2,32	2,57	2,88	3,25	3,68	4,17	4,72	5,33	6,00
$120 W_1$	336	373	422	484	558	644	744	856	979	1116
$420 W_2$	895	974	1079	1210	1365	1546	1751	1982	2239	2520
$kG''$	381	381	381	381	381	381	381	381	381	381
$540 W$	1612	1728	1882	2075	2304	2571	2876	3219	3599	4017
$W$	2,99	3,20	3,49	3,84	4,27	4,76	5,33	5,96	6,66	7,44

Kurvan är indragen i fig. 1 å textdiagram 2.

*Bromskurvan.*

För  $V = 100, 90, 80$  etc. km/tim. beräknas  $v = V : 3,6$  och därefter enl. ekv. 15, men med  $S$  uttryckt i meter,



$$S = - \frac{v^2}{2g}.$$

I sammanställningen ha värdena för alla tre kurvorna upp- tagits.

V	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
v	27,78	25,00	22,22	19,44	16,67	13,89	11,11	8,33	5,55	2,78
v <sup>2</sup>	772	625	494	378	278	193	123	69	31	8
v <sup>2</sup> : 0,6	1287	1042	823	630	463	322	205	115	52	13
v <sup>2</sup> : 0,4	—	—	—	—	695	483	308	173	78	20
v <sup>2</sup> : 0,3	—	—	—	—	927	643	410	230	103	27

Efter reduktion av bromsvägarna till km har den för exemplet fullföljande behövlige kurvan med  $g = 0,3$  m/sek.<sup>2</sup> indragits å textdiagram 2, där den betecknas med fig. 2.

Kurvan användes med minsta tidsförlust som mall och utskäres därför i passande material, t. ex. genomskinlig celluloid. I fig. 2 är hastigheten på en minuts avstånd från 0 an- given med ett streck, efter beräkning enligt formeln

$$v = 60 \text{ g här} = 60 \cdot 0,3 = 18 \text{ m/sek. och}$$

$$V = 3,6 \cdot 18 = 64,8 \text{ km/tim.}$$

#### *Tidvinkeln.*

Dess utseende framgår av fig. 3 å textdiagram 2. Varje ben skall ha lutningen 1 : 6 mot vinkelns bisektris. Kordan 0 - - 10 delas i 10 lika delar och vinkelspetsen markeras genom en tvärlinje.

Lämpligen utföras tvenne sådana vinklar. Den ena, av genomskinlig celluloid, renskäres efter högra benet och an- vändes för avsättning av hela minuter. Inställningen under- lättas, om dess vänstra kant lägges mot en passande, helst likbent vinkelhake, som kan förskjutas utefter en med S-axeln parallell linjal. Den andra skall kunna genomstickas vid ut- märkandet av delar av minuten och göres av kalkérväv eller dylikt.

*Accelerationskurvan* över vägen, bana 0 ‰, visas av fig. 4 å textdiagram 2. Den är tagen från textdiagram 3 och medelst tidvinkeln indelad i hela tidsminuter från 0. Mallen utföres av genomskinlig celluloid med renskuren kurva.

Ex. 4. Bestäm körtiderna fram och åter å en sträcka med profil enligt textbild 1. Hastigheten 90 km/tim. får ej överkridas. Mellanstationen passeras utan saktning.

*Kurvornas inverkan*, jfr avd. III. Banan.

Km 0 — 4,00.                      Radie över 600 m.                      Försummas.

$$\text{» } 4,00 - 7,50 \quad s_1 = \frac{650}{600 - 55} \cdot \frac{610 + 500}{3500} = 0,38 \text{ ‰. »}$$

$$\text{» } 9,50 - 13,00 \quad s_1 = \frac{650}{600 - 55} \cdot \frac{300 + 400}{3500} = 0,24 \text{ ‰. »}$$

$$\text{» } 13,00 - 14,50 \quad \text{Längd under 250 m.} \quad \text{»}$$

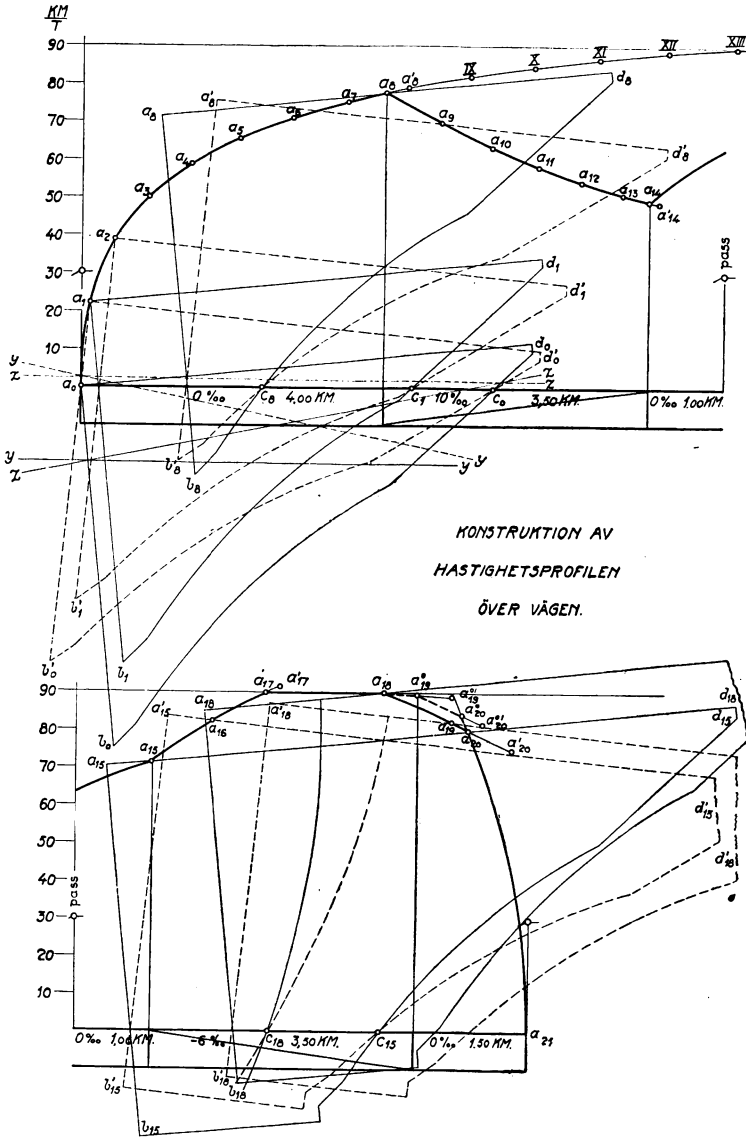
De å banprofilen utsatta stigningarna och lutningarna införas i detta fall oförändrade under vägaxeln.

*Hastighets/vägprofilen*, jfr textdiagram 3.

För tågets igångsättning och acceleration å horisontell bana lägges kopian av s/V-diagrammet med sin nollpunkt på vägens nollpunkt och svängningsvinkelns ben y y parallellt med S-axeln. I detta läge, betecknat med  $a_0$   $b_0$   $d_0$  skär s/V-linjen S-axeln i  $c_0$ . Med  $c_0$  som vridpunkt svänges diagrammet till läget  $a_1$   $b'_0$   $d'_0$ , då vinkelbenet z z skall vara parallellt med S-axeln. Genom ny svängning kring  $a_1$  till läget  $a_1$   $b_1$   $d_1$  blir y y ånyo parallellt med S-axeln och s/V-linjen skär nu denna axel i  $c_1$ , som i sin ordning blir vridpunkt för en svängning till läget  $a_2$   $b'_1$   $d'_1$  o. s. v. Förfarandet upprepas till dess närmaste brytpunkt på banan passerats, här till  $a'_8$ .

I brytpunkten, där stigningen 10 ‰ vidtager, lägges s/V-diagrammet med punkt  $V = 0$ ,  $s = 10$  på  $a_8$  och y y parallellt med S-axeln. Diagrammet intager nu läget  $a_8$   $b_8$   $d_8$  och s/V-linjen skär S-axeln i  $c_8$ , som blir vridpunkt för svängning

Textdiagram 3.



gen till diagramläget  $a_9, a'_9, b'_9, d'_9$ , då  $z$  skall vara parallellt med S-axeln. Härefter blir  $a_9$  vridpunkt för en svängning till ett ej visat läge  $a_{10}, b_{10}, d_{10}$  o. s. v. med fortsättning förbi nästa brytpunkt  $a_{14}$ .

Sträckan  $a_{14} - a_{15}$  av banan är horisontell. Hastighets/vägarcurvan blir exakt lika med ett stycke av den nyss uppkonstruerade accelerationskurvan och erhålles på samma sätt med början i  $a_{14}$  eller uppdrages efter kurvmallen, fig. 4 å textdiagram 2.

I  $a_{15}$  börjar en lutning  $6 \text{ } \text{‰}$ . s/V-diagrammet inlägges här med punkt  $V = 0$ ,  $s = -6$  på  $a_{15}$  och vinkelbenet  $y$  parallellt med S-axeln. Från detta läge  $a_{15}, b_{15}, c_{15}, d_{15}$  svänges diagrammet kring skärningspunkten  $c_{15}$  mellan s/V-linjen och S-axeln till läget  $a_{16}, a'_{16}, b'_{16}, c_{16}, d'_{16}$ , där  $z$  är parallellt med S-axeln. En ny svängning kring  $a_{16}$  leder till ett i bilden ej upptaget nytt läge  $a_{16}, b_{16}, c_{16}, d_{16}$  o. s. v. till dess att brytpunkten  $a_{17}$  passerats.

I  $a_{17}$  har största tillåtna hastigheten 90 km/tim. uppnåtts och av banprofilen är det tydligt, att denna kan hållas ända till inledningen av stopp för slutstationen. Kurvmallen fig. 2 å textdiagram 2 inlägges med sin nollpunkt på slutpunkten  $a_{21}$  och S-axlarna sammanfallande, varefter kurvan indrages. Den skär 90 km-abskissan i en punkt, där bromsningen tänkes börja. Ångan förutsättes vara avstängd dessförinnan och det markeras genom avsättning åt vänster från skärningspunkten av en viss tid, i exemplet anslagen till 0,6 min. Tiden avmättes med tidvinkeln, som inställes med spetsen på S-axeln, delstreck 5 vinkelrätt mot samma axel och för den angivna tiden med delstreck 8 på skärningspunkten, då 0,6 min. angives av delstreck 2 i punkt 18.

Om banan vore horisontell, skulle s/V-diagrammet inläggas med sin 0-punkt på  $a_{18}$  och  $y$  parallellt med S-axeln i det visade läget  $a_{18}, a'_{18}, b'_{18}, d'_{18}$ , skärningspunkten mellan *motståndskurvan vid utrullning* och S-axeln skulle bli  $c_{18}$  och efter en vinkelsvängning  $\varphi$  kring denna skulle det nya läget bli  $a_{19}, a'_{19}, b'_{19}, d'_{19}$ , även antytt å bilden. En upprepning av

förfarandet med  $a_{19}$  som nästa vridpunkt o. s. v. skulle leda till  $a'_{20}$ , och de sökta punkterna på hastighets/vägprofilen bleve  $a_{18}$   $a_{20}$ .

Enligt textdiagram 3 ligger emellertid punkt  $a_{18}$  i lutning  $6 \text{ ‰}$ . s/V-diagrammet skall i sådant fall inläggas med punkt  $V = 0$ ,  $s = -6$  på punkt  $a_{18}$ , skärningspunkten  $c_{18}$  kommer då längre åt höger än nyss och efter svängningen förflyttas diagrammets punkt  $V = 0$ ,  $s = -6$  till punkt  $a^{01}_{19}$ . I brytpunkten  $a^{01}_{19}$  övergår banan till horisontell och s/V-diagrammet skall nu inläggas med punkten  $V = 0$ ,  $s = 0$  på  $a^{01}_{19}$ . Efter en svängning kring skärningspunkten mellan motståndskurvan och S-axeln erhålles punkt  $a^{01}_{20}$ , de sökta punkterna bliva  $a_{18}$   $a^{01}_{19}$   $a^{01}_{20}$  och härmed är V/S-profilen över banan bestämd i sin helhet.

Vid återvägen förfäres på analogt sätt. Båda profilerna äro återgivna utan konstruktionspunkter å textdiagram 4.

Textdiagram 3 visar accelerationskurvan fortsatt upp till övre hastighetsgränsen 90 km/tim. Efter den är kurvmallen fig. 4 å textdiagram 2 indragen.

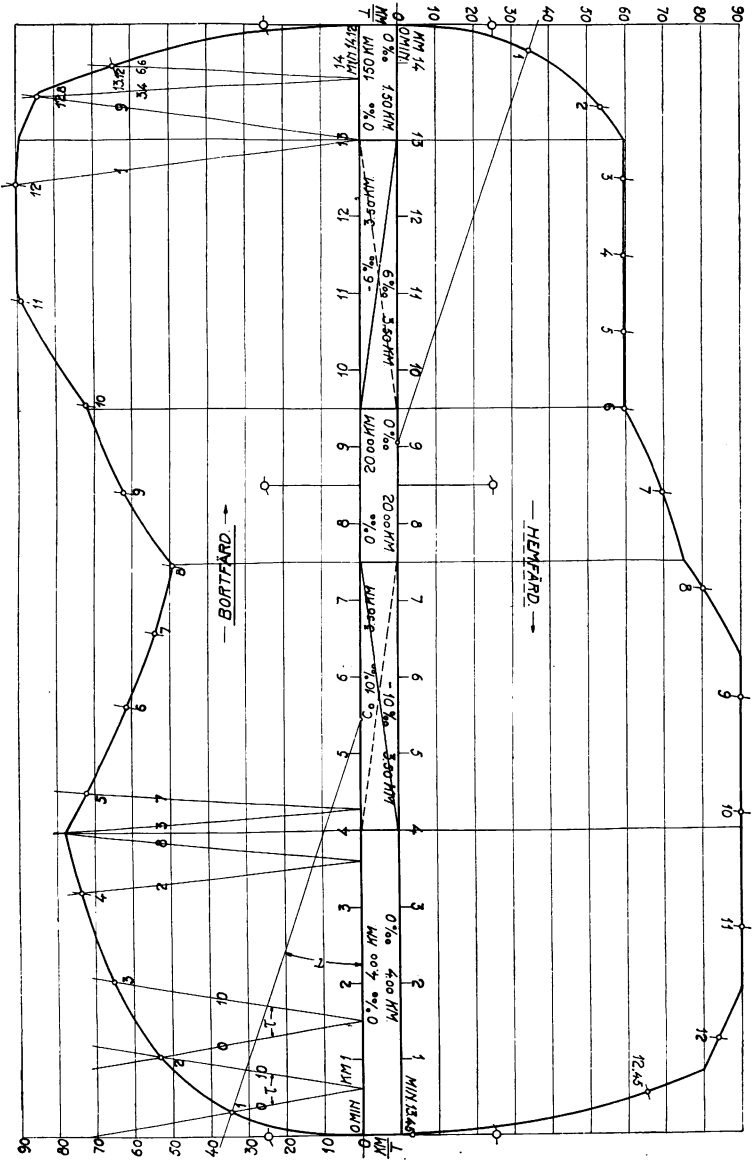
Det torde beaktas, att vid acceleration å lutande bana tages hela maskinkraften ej alltid i anspråk. Någon allmängiltig gräns härför kan svårligen uppställas, men om s/V-diagrammets punkt  $V = 0$ ,  $s = -6$  vid ifrågakommande acceleration användes för t. ex. en sträcka med lutning  $10 \text{ ‰}$ , blir tidsför-längningen härigenom knappt märkbar i körtiden.

### *Uppmätningen av tiden.*

Enär halva tidvinkeln bestämmes av lutningen  $1 : 6$  mot bisektrisen, följer omedelbart, att vid konstanta hastigheter av t. ex. resp. 30, 60 och 90 km/tim. måste tidsminuten över vägen bliva resp. 10, 20 och 30 mm, om V/S-profilen är upp-rättad i skalorna  $1 \text{ km} = 20 \text{ mm}$  och  $1 \text{ km/tim.} = 1 \text{ mm}$ . Likaså är det tydligt, att om dessa vinkelns kordor, resp. 10, 20 och 30 mm, vardera indelas i tio lika delar, måste varje sådan angeva en tiondels minut på sin hastighetsabskissa.

Vid mätning av sådana V/S-profilens delar, som utgöra

Textdiagram 4.





räta och med S-axeln parallella linjer, måste tidvinkeln inställas med spetsen på S-axeln och bisektrisen = delstreck 5 vinkelrätt mot samma axel. Ställes vinkeln lutande med spetsen på axeln, kommer den att inmäta för lång väg på tidsenheten. Vid mätning åter av kontinuerliga kurvor kan vinkeln få intaga tvenne olika lägen, det ena överensstämmande med det nyss nämnda, spetsen på S-axeln och delstreck 5 vinkelrätt däremot, det andra med spetsen fortfarande på S-axeln och delstreck 5 sammanfallande med kurvans normal, jfr textbild 3, som visserligen avser en annan vinkel, men eljest ett fullt analogt fall.

Inmätningen av tiden å den utkonstruerade V/S-profilen tydliggöres av textdiagram 4, där tidsminuterna äro markerade med punkter och siffror.

Vid mätningen från 0 under bortfärden inlägges tidvinkeln med spetsen i  $c_0$  och ena benet sammanfallande med S-axeln. Den ej synliga normalen till bågstycket 0 — 1 delar vinkeln  $\tau$  i två lika delar och sammanfaller således med tidvinkelns delstreck 5. Från min. 1 ställes vinkeln och de följande minuterna t. o. m. 4 avsättas i ordning. Siffrorna i vinkelbenen angiva här liksom i fortsättningen tidvinkelns delstreck. Efter 4 brytes kurvans kontinuitet. Tiden från min. 4 till brytpunkten utrönes genom inpassning av tvenne tidvinkelns delstreck däremellan, symmetriskt till den mot S-axeln vinkelräta bisektrisen. Delstrecken bliva 2 och 8, tiden 0,6 min. Återstående 0,4 min. till hel erhålles, efter inpassning av delstreck 3 i brytpunkten, på delstreck 7. Från den sålunda funna min. 5 kan inmätningen fortgå i hela minuter t. o. m. 12. Visserligen förekomma på vägen tre brytpunkter, men de hela minuterna inträffa överallt så nära dessa, att avvikelserna kunna försummas. Brytpunkten efter min. 12 är relativt svag och tillåter förbimätning. Tidvinkeln inpassas med delstreck 1 på 12, då delstreck 9 angiver 0,8 min. Tiden mellan min. 12,8 och den från bromskurvan markerade hela minuten till stopp erhålles till sist, efter inställning av tidvinkelns skattade delstreck 3,4 på 12,8, genom avläsning av 6,6 på minutpunkten och blir 0,32

min. Punkterna min. 13,12 resp. 14,12 äro härmed givna och tidsinmätningen slutförd för bortfärden.

Genomgås V/S-profilen för hemfärden på analogt sätt, erhållas de å denna utsatta minutpunkterna och tiden blir 13,45 min.

Förbise ej, att decimalerna uttrycka hundraedels minuter, icke sekunder.

Siffrorna föregiva i båda fallen en större noggrannhetsgrad än den i verkligheten påräkneliga, ty anledningar till små fel äro icke uteslutna. Dels blir hålet i s/V-diagrammets nollpunkt rätt snart glappt kring nålspetsen, vilket kan inverka menligt på s/V-profilens tillförlitlighet, och dels är det vid inmätningen av tiden icke alltid möjligt att inlägga den önskvärda skärpan.

Trots detta måste Unreins geniala förfarande anses vara synnerligen pålitligt.

## V. KOMPLETTERANDE UPPLYSNINGAR OCH MOTIVERING.

Till II. Dragkrafts- och vagnviktskurvor.

1--2. Principiellt förlöper beräkningen överensstämmande med gängse förfaranden, särlagd i bestämningar av ångkvantitet pr tidsenhet, cylinderfyllningar, medeltryck och till sist dragkraft vid olika körhastigheter, men i dessa enskilda räkneavsnitt förekomma avvikelser, vilka få tillskrivas utvecklingen under tiden.

Den under de senare åren allt mer vidgade kännedomen om värmeöverföringen och draget i lokomotivångpannan medger numera en verklig, om ock tillsvidare approximativ, beräkning av ångproduktionen. Ur några serier av sådana för ändamålet genomförda beräkningar ha de sammandragna formler uppställt, vilka framlagts i "Dragkraft" I, sid. 1—5. De möjliggöra bestämning av ångans vikt och volym pr tidsenhet samt temperatur, om pannans rostyta, värmeupptagande ytor, bränslot och rostansträngningen äro kända.

Införandet av kolvslider i samband med ångöverhettningen har lett till en i regel oundviklig förstoring av det skadliga rummet, vilket därför anslagits till 10 % i formlerna för cylinderfyllningar och medeltryck. Eljes är 6 % ett normalt medelvärde för planslider. Den huvudsakliga källan för denna del av beräkningen angives i "Dragkraft" å sid. 6.

Vid beräkningar av tryckförändring hos ångan på grund av volymändring och tvärtom skall alltid det absoluta trycket  $p$  användas, icke övertrycket  $p - 1$ . Sådana beräkningar förekomma i "Dragkraft" och för att utesluta all villsamhet i framställningen ha även koefficienterna för det effektiva medeltrycket där angivits i förhållande till absolut tryck, närmare bestämt 13 at. I detta enskilda fall blir  $p_m = f_m \cdot 13$ , för andra värden å  $p$  blir inom tillämpningsområdet

$$p_m = f_m \cdot \frac{13(p-1)}{12} = f_m \cdot 1,083(p-1)$$

eller till sist, som sig bör, en funktion av ångövertrycket i pannan.

Resultatet blir naturligtvis detsamma, om faktorn 1,083 intages i medeltryckskoefficienterna, vilka då komma att uttryckas i bråkdelar av övertrycket,  $p_m = f_{me}(p-1)$ , på samma gång som en serie av räkneoperationer bortfaller. Koefficienterna förekomma vanligen i denna form och då framställningen i »Dragkraft» synes ha lett till missförstånd i ett par fall, upptagas de här i tab. III och IV, beräknade på följande sätt:

$$f_e = \left(f - \frac{1}{p}\right) : \left(1 - \frac{1}{p}\right)$$

$$f_{me} = f_e \cdot \frac{0,66 + 0,001 n}{0,68 + 0,003 n}$$

I dessa uttryck beteckna:

f at medeltryckskoefficienten vid förlustfri expansion, uttryckt i absolut tryck, jfr »Dragkraft», ekv. 4;

$f_e$  kg/cm<sup>2</sup> samma koefficient, uttryckt i övertryck;  
 $n$  antal hjulvarv pr minut.

$f$  resp.  $f_e$  äro alltid övre gränsvärden, till vilka  $f_m$  resp.  $f_{me}$  närma sig vid mot 0 avtagande hastighet, utan att nå dem.

Enligt förestående ekvationer bliva  $f_e$  och den därur härledda  $f_{me}$  beroende av  $p$ . En tabell med ett enda  $f_{me}$ -värde för varje förekommande cylinderfyllning och varvantal blir därför strängt taget giltig endast för ett bestämt ångtryck, men kan samtidigt användas inom ett begränsat tryckområde, om gränsvärdena tillåtas avvika med en viss bråkdel från de rätta. För att innesluta ett tillräckligt stort tillämpningsområde ha tvenne sådana tabeller upprättats med  $p - 1 = 12 \pm 2$  och  $16 \pm 2$  kg/cm<sup>2</sup>. Felen i  $f_{me}$  variera inom dessa tryckgränser från 0 till omkring 1,5 %. För det ofta förekommande trycket 14 kg/cm<sup>2</sup> interpoleras lämpligen mellan värdena i de två tabellerna.

Ett uttryck för beroendet av hastigheten  $n$  blir alltid empiriskt och i viss mån osäkert. Olika slidanordningar och -regleringar kunna giva skiljaktiga medeltryck vid samma nominella ångfyllning och osäkerheten ökas av, att expansionsskalorna ej sällan angiva större ångfyllningar än de verkliga. Under sådana förhållanden är det förståeligt, att olika medeltryckstabeller kunna uppvisa anmärkningsvärda skiljaktigheter, utan att någondera därför får anses såsom oriktig. De här framlagda tabellerna avse lokomotiv med kolvslider, ej för knappt dimensionerade, Walschaerts slidreglering, och värdena vid de större hastigheterna sammanhöra med dubbel ånginströmning.

Vid bearbetningen av dragkraftsformlerna har eftersträfvats icke blott att bringa dem i överensstämmelse med den vidgade erfarenhet på området, som vunnits under de senare årtiondena, utan även att fullständiga dem därhän, att de skola kunna läggas till grund för relativt pålitliga jämförelser av olika lokomotivtyper utan allt för komplicerat räknearbete, t. ex. vid anskaffning av nya typer, vid ombyggnad av lokomotiv eller vid ändring av deras pannor. Formlerna ha av hänsyn härtill utvecklats något mera än om de avsetts enbart för körtidsbestämningar.

3. Sedan »Dragkraft» skrevs år 1928 har professor

Nordmann i »Organ» 1930, sid. 225—270, offentliggjort resultatet från omfattande undersökningar av ånglokomotiv vid Deutsche Reichsbahn under titel »Theori der Dampflokomotive auf versuchsmässiger Grundlage». Av de många diagrammen i denna värdefulla avhandling framgår det otvetydigt, att värmeutbytet i det fulländade nutidslokomotivet kan vara åtskilligt större än det blir enligt formlerna i »Dragkraft». Dessa formler få dock icke anses leda till underkantvärden i allmänhet, ty det bör beaktas, att de skola förlägga beräkningen på säkra sidan även där tillgodogörandet av värmets icke kan uppdrivas till samma höjd som i de stora, moderna lokomotiven.

I de senare är verkningsgraden, som prof. Nordmann anger i förhållandet mellan effektiv dragkraft i dragkroken och indikerad dragkraft, anmärkningsvärt stor, vilket tyder på att maskineriets verkningsgrad  $\eta$  måste ligga mycket högt. Det framhålles å sid. 9 i »Dragkraft», att  $\eta$  är svårbestämbar, icke minst därför att den är starkt varierande för olika lokomotivtyper. Efterhand ha dock användbara genomsnittsvärden kunnat framläggas. Dessa förete en oavbruten stegring, mest beroende av maskinkraftens relativa ökning under tiden. Som exempel förelägges följande sammanställning:

Cylinderfyllning, enkel expansion,		0,15	0,45	0,75
Enligt Unger 1895, jfr 1.4	$\eta =$	0,68	0,78	0,81
» S. J. lokomotivlära 1921, s. 568	» =	0,81	0,89	0,90
» »Dragkraft» 1928, tabell V	» =	0,86	0,94	0,95

I Strahls formel för lokomotivets resp. tenderens gångmotstånd, jfr »Dragkraft», sid. 19 innefattas maskineriets motstånd i andra termen  $kG''$ . Men i denna term ingå även axellagerfriktionen resp. rullningsmotståndet för de kopplade hjulen och motståndet i maskineriet  $Z_0 (1 - \eta)$  måste således vara mindre än  $kG''$ . Samtidigt blir hela  $kG''$  i allmänhet avsevärt mindre än  $Z_0 (1 - \eta)$ , även om samma motstånd bestämmes genom den formel, som enligt tabellen leder till de största  $\eta$ -värdena.

Om Strahl således får anses ha underskattat friktionsför-

lusterna i maskineriet, kan det däremot väl försvaras, att han satt dem i beroende av adhesionsvikten i stället för av den indikerade dragkraften. Relationen mellan dessa båda har visserligen, såsom ovan antydes, under årens lopp förändrats och tenderar fortfarande nedåt, men i samma mån som den maskinella dragkraften ökas i förhållande till adhesionsvikten bör ju  $Z_o (1 - \eta)$  avtaga, vilket också inträffar då förlusterna uttryckas under formen  $kG''$ .

Då räkneförfarandet dessutom förenklas vid användandet av  $kG''$  i stället för  $Z_o (1 - \eta)$ , har det förra uttrycket upptagits, men här fått en annan betydelse än hos Strahl, i det att det endast betecknar motståndet i maskineriet. Hållpunkterna för en närmare bestämning av koefficienten  $k$  äro ännu osäkra. I allmänhet skall den avtaga vid stigande adhesionsvikt från lika antal kopplade axlar och stiga vid ökning i antalet sådana axlar. I någon mån är den också beroende av antalet maskiner (ångcylindrar) och dess genomsnittliga storlek kan ungefärligen bedömas. På detta underlag, och med någon ledning av det inbördes förhållandet mellan Strahls  $k$ -värden, har den i II. 3 införda ekvationen 8 uppställts.

Koefficienten  $\mu_o$  för friktionen mellan hjul och skenor, ännu ofullständigt känd, kan sannolikt utan större fel sättas i visst förhållande till koefficienten  $\mu$  för friktionen mellan bromsblock och hjul. I S. J. Lokomotivlära, sammanställning XXXV å sid 613, återgivas medelvärden å  $\mu_o$  inom olika hastighetsområden upp till 120 km/tim., dock under uttryckligt framhållande av, att  $\mu_o$ -värdena för de högre hastigheterna äro för låga. Koefficienten  $\mu$  är efter omfattande försök senast bestämd av Metzko, se Glasers Annalen 1926, sid. 149 o. f. i band 99, och ur försöksresultaten ha de approximativa formelnå å sid. 30 i »Dragkraft» härletts, vilka uttrycka beroendet av hastigheten:

$$\mu = \begin{cases} 406 - 11,3 V & \text{för } V = 0 - - 15 \text{ km/tim.} \\ 200 & \text{» » = 20 »} \\ 800 : (V+20)^{0,333} - 40 & \text{» » = 25 - - 125 »} \end{cases}$$

En sammanställning av *medelvärdena* vid acceleration från 0 till  $V$  eller *retardation* från  $V$  till 0 av  $\mu$  enligt Metzkwow,  $\mu_0$  enligt S. J. Lokomotivlära och  $\mu_0 = 0,85 \mu$  får följande utseende:

Övre hastighetsgräns $V$ km/t		20	40	60	80	100	120
$\mu$ enl. Metzkwow	kg/ton	297	242	215	196	183	172
$\mu_0$ » Lok.-läran	»	250	210	170	150	140	130
$\mu_0 = 0,85 \mu$	»	252	206	183	167	156	146

Om de båda sista raderna häri ses mot det nyss berörda uttalandet, är det påtagligt, att  $\mu_0$  icke kan vara mycket mindre än  $0,85 \mu$ . Erfarenheterna efter tryckluftbromsens införande bekräfta detta och tyda tillika på, att  $\mu_0$  icke kan vara nämnvärt större än  $0,85 \mu$ . Ty vid en utbromsning med 85 % av hjultrycket fastbromsas hjulen merendels icke, vilket däremot lätt inträffar vid bromsning med större relativt tryck, om förhållandena äro mindre gynnsamma än de normala.

Deutsche Reichsbahn har i stor skala låtit anställa försök över lokomotivets dragförmåga i branta stigningar och utrömandet av sandningens inverkan har därvid ingått som ett viktigt led. Resultaten, offentliggjorda av prof. Nordmann i »Organ» 1924, sid. 70 o. f., ha i II. 3 lagts till grund för bestämningen av den största påräkneliga dragkraften, i vad den beror av adhesionen.

4. En genomsnittsformel för vagnarnas gångmotstånd  $W_2$  blir alltid i viss mån godtycklig, icke minst på grund av att resultaten av de många motståndsförsöken utfallit så olika. Av de många förekommande ha isynnerhet tvenne formler kommit till användning inom landet, en av *v. Borries*,

$$W_2 = 1,6 + 0,015 V + 0,0003 V^2,$$

och en av *Frank*,

$$W_2 = 2,5 + \frac{V^2}{3000},$$

den senare tillämplig på vanliga lastade godsvagnar. Båda

formlerna äro nu av anseelig ålder och leda vid låga hastigheter till något för små resp. för stora moståndsvärden. De ha i avd. II. 4 ersatts med formeln

$$W_2 = 2,0 + 0,01 V + 0,0003 V^2,$$

som giver värden ungefär mitt emellan de båda föregående och närmast avser boggivagnar med öppna plattformar av omkring 30 tons vikt samt lastade öppna godsvagnar av ungefär samma vikt.

För tunga personvagnar med bälgar utfaller motståndet mindre och kan enligt *Nadal* sättas till

$$W_2 = 1,4 + 0,016 V + 0,0002 V^2.$$

Senare undersökningar av gångmotståndet för person- och snälltågsvagnar äro sammanförda i en avhandling av Dipl.-Ing. *Nocon*: »Neue Versuche über den Fahrwiderstand von Personen- und D-Zugwagen», *Glasers Annalen* 1931, sid. 99 o. f. i band 108.

I den av v. Röckl uppställda formeln för kurvmotståndet finnes intet uttryck för axelavståndets inflytande och den har därför länge ansetts otidsenlig. Då den alltjämt är i bruk, kanske mest på grund av sin enkelhet, och t. o. m. så sent som år 1924 anbefalles till användning vid Deutsche Reichsbahn, har den även här godtagits.

Till III. Den grafiska bestämningen av körtiderna.

3. I anslutning till de i III. 3 omnämnda tyska föreskrifterna för fastställandet av bromsvägarna vid körtidstabellernas upprättande erinras om, att bestämmelserna i gällande svenska tjänstgöringsreglemente alltid skola iakttagas. Beteckna  $P$  ton/ton förhållandet mellan bromstryck och tågvikt,  $\mu$  kg/ton koefficienten för friktion mellan bromsblock och hjul, så får  $P$  ej vara mindre än att en total bromsväg av 700 m kan innehållas i största förekommande lutning. Vid uträknan det av de härpå grundade bromstalen för handbromsade och vakuumbromsade tåg ha lokomotiv och tender utesluts,  $P$  satts  $= 0,7 \cdot 0,01 n$ , om  $n$  är procentalet bromsade lastaxlar i tåget, och  $\mu$  införts med det nedrundade värdet 100 kg/ton. I beräk-



ningssättet ingår en icke obetydlig marginal mot överskridandet av den största tillåtna bromsvägen.

Vägen  $S$  i meter vid nedbromsning från hastigheten  $V$  km/tim. till stopp kan ungefärligen beräknas medelst en formel, som upptages å sid. 615 i S. J. Lokomotivlära 1921 och här återgives något förenklad:

$$S = \frac{4,25 V^2}{P_{\mu} + W_{2m} \pm W_3 + W_4} + L.$$

I högra ledet beteckna:

- $W_{2m}$  kg/ton medelvärdet av  $W_2$  mellan  $V$  och  $0$ ,  
 $W_3$  » stignings- resp.  $-W_3$  lutningsmotståndet,  
 $W_4$  » kurvotståndet,  
 $L$  m den vid handbromsning tillryggalagda vägen från signalgivningen till bromsens ansättning.

Genom medeltalsintegrering av ekv. 11 erhålles

$$W_{2m} = 2,0 + 0,005 V + 0,0001 V^2.$$

För ett vakuumbromsat tåg med alla axlar bromsade blir t. ex. vid nedbromsning från 90 km/tim. till stopp i lutning 10 ‰ och med försummande av eventuella kurvor den på detta sätt beräknade bromsvägen

$$S = \frac{4,25 \cdot 90 \cdot 90}{0,7 \cdot 0,01 \cdot 100 \cdot 100 + 3 - 10 \pm 0} = 546 \text{ m.}$$

Enligt tabellen i ex. 3 giver bromskurvan för utgångshastigheten  $V = 90$  km/tim.  $S = 1042$  m. Säkerhetsmarginalen i sin helhet blir i detta och liknande fall anmärkningsvärt riklig.

Vid handbromsning anslås tiden mellan signalgivningen och ansättandet av bromsen till i genomsnitt 10 sek. För t. ex.  $V = 40$  km/t. blir tilläggsvägen

$$L = \frac{40 \cdot 1000}{3600} \cdot 10 = 111 \text{ m.}$$

För tryckluftbromsade tåg blir utbromsningen av lastaxlarna procentuellt mindre än den ovan förutsatta och deras antal måste därför ökas motsvarande. Hittills utfärdade föreskrifter få ännu ej anses såsom slutgiltiga.

7. Metodfelen vid tillämpning av Unreins förfarande bero dels av svängningsvinkelns storlek och dels av att tidvinkeln på krökta stycken av hastighetsprofilen inmäter tiden på kordan, ej på bågen.

Är svängningsvinkeln  $\varphi$  och den exakta hastigheten  $V$  km/tim., erhålles enligt förfarandet

$$V' = V \cdot \cos \frac{\varphi}{2},$$

$$\begin{aligned} \text{t. ex. för } V = 100 \text{ och } \frac{\varphi}{2} = 1:10 \quad V' &= 100 \cdot \frac{10}{\sqrt{100 + 1}} = \\ &= 99,50 \text{ km/tim.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{resp. för } V = 100 \text{ och } \frac{\varphi}{2} = 0,5:10 \quad V' &= 100 \cdot \frac{10}{\sqrt{100 + 0,25}} = \\ &= 99,87 \text{ km/tim.} \end{aligned}$$

och de motsvarande felen bliva 0,5 resp. 0,13 %.

Felet i inmätningen av tiden blir störst, där hastighetsprofilen har minsta krökningsradien.

Är denna radie  $r$ , vinkeln mellan kurvans normal och vägaxeln  $\alpha$  samt halva tidvinkeln  $\frac{\tau}{2}$ , så blir den medelhastighet på kordan  $a_5$ ,  $a_6$ , som erhålles ur inmätningen medelst tidvinkeln, jfr. textbild 3,

$$V_1 = r \cdot \cos \frac{\tau}{2} \cdot \sin \alpha \quad \text{och för } \operatorname{tg} \frac{\tau}{2} = \frac{1}{6}$$

$$V_1 = 0,9864 r \cdot \sin \alpha.$$

Vidare bliva kordans längd  $l = 0,9864 r : 3 = 0,3288 r$ , kordans projektion på vägaxeln  $V_1 : 3$ , bågens längd  $b = 2 \cdot 9,46 \cdot 2 \pi r : 360 = 0,3302 r$  och segmentets båghöjd  $h = (1 - 0,9864) r = 0,0136 r$ .

Efter division av segmentets area med kordans projektion på vägaxeln erhålles medelhastigheten i bågen

$$V = V_1 + \frac{r(b-1) + lh}{2} : \frac{V_1}{3}$$

I exemplet blir vid acceleration å horisontell bana  $r_{\min.} = 69$  och  $\sin \alpha = 0,7971$ ,  $V_1 = 0,9864 \cdot 69 \cdot 0,7971 = 54,25$  km,  $l = 22,69$ ,  $b = 22,78$ ,  $h = 0,94$ ,  $V_1 : 3 = 18,08$  och

$$\begin{aligned} V &= 54,25 + \frac{69(22,78 - 22,69) + 22,69 \cdot 0,94}{2 \cdot 18,08} = \\ &= 54,25 + 0,76 = 55,01 \text{ km.} \end{aligned}$$

Mätningselet blir i detta fall högst  $100 \cdot 0,76 : 55,01 = 1,38$  % och varierar från detta värde nedåt till 0 vid konstant hastighet.

Minskas tidvinkeln till ungefär hälften,  $\text{tg } \frac{\tau}{2} = \frac{0,5}{6}$ ,

då den kommer att inmäta en halv minut på hastighetsprofilen, reduceras felet till max. 0,4 %.

Båda felen underskatta medelhastigheten, d. v. s. öka säkerhetsmarginalen.

Unreins förfarande är med säkerhet tillämpligt om s/V-diagrammet liksom i exemplet är så beskaffat, att mot varje förekommande hastighet svarar en bestämd stigning resp. accelerationskraft. Diagrammen för ånglokomotiv, elektriska lokomotiv och motorfordon med elektrisk kraftöverföring uppfylla i regel denna betingelse.

För motorfordon med mekanisk kraftöverföring utfaller s/V-diagrammet merendels som en bruten linje, däri de lutande trappsteg, I, II, III, etc., vilka svara mot respektive växlar, ävenledes uppfylla villkoret. De vertikala förbindelselinjerna mellan dessa trappsteg,  $a_1 - a_2$ ,  $b_1 - b_2$ ,  $c_1 - c_2$  etc., vilka var för sig representera en enda hastighet och ett mot denna svarande stigningsområde, falla däremot utanför betingelsen.

Enligt en uppsats i "Organ" 1933 av Reichsbahnrat Rüter: "Ueber die Ermittlung der Fahrzeiten von diesel-mechanischen Triebwagen nach zeichnerischen Verfahren", leder metoden i sådana fall till otillfredsställande resultat. Detta omdöme synes

vara väl strängt och får i alla händelser icke tillmätas generell giltighet. Ty om alla de på vägaxeln S fallande svängningspunkterna tillika inträffa på s/V-diagrammets kurvdelar, I, II, III etc., då vertikalerne  $a_1 - a_2$ ,  $b_1 - b_2$ ,  $c_1 - c_2$  etc. således ej tagas i anspråk härför, är Unreins förfarande under iakttagande av följande fullt tillämpligt.

Är växel I avsedd för hastighetsområdet 0 — a km, II för a — b km och III för b — c km etc., allt pr timme, indrages i hastighets/väg = V/S-diagrammet linjer för hastigheterna a, b, c etc. och vid svängningen av s/V-diagrammet tillses, att svängningspunkterna på vägaxeln S inträffa på kurvstycket I för hastigheter mellan 0 och a, på kurvstycket II för hastigheter mellan a och b o. s. v. Hastighetsprofilen över vägen blir därvid ej en kontinuerlig kurva ens på horisontell bana, utan brytpunkter visa sig i hastighetslinjerna a, b, c etc., mindre märkbara vid den lägre hastigheten a, tydligare vid den större c.

För att svängningspunkterna på vägaxeln skola komma att inträffa så som ovan sagts på s/V-diagrammets kurvdelar I, II, III etc., erfordras i övrigt ingen annan modifikation i förfarandet än att den godtyckliga svängningsvinkeln  $\varphi$  minskas tillräckligt, huru mycket utrönes bäst genom försök, t. ex. från

$$\text{normalt } \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 1 : 10 \text{ till } \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \approx 1 : 20.$$

Motorfordon, avsedda att taga sig upp för branta stigningar, få s/V-diagram med en för tillämpningen av förfarandet obekvämlig höjd. Hjälpmedlen och V/S-profilen uppritas då lämpligen i reducerad skala, varvid bör ihågkommas, att tidvinkeln alltid är oföränderlig.

#### Till IV. Exempel.

Ex. 1. Vid beräkningen av dragkraftskurvan, verkställd före upprättandet av den här intagna tab. III, har motsvarande tabell i »Dragkraft» använts. De i texttabell 1, rad 8, införda

medeltryckskoefficienterna stämma av denna anledning ej fullt överens med värdena  $f_{me}$  i hithörande tabell, vilket för den följande framställningen är utan betydelse.

Ex. 4. Vägen  $S$  km är förutbekant och sedan  $V/S$ -profilen uppkonstruerats kan även produkten  $SV_{ms} = \text{ytan}$  under profilen uppmätas, t. ex. genom planimetrering. Det bör uppmärksammas, att om ytan  $SV_{ms}$  divideras med vägen  $S$ , erhålles icke som kvot den verkliga medelhastighet  $V_m$ , av vilken körtiden  $t$  för den givna vägen  $S$  bestämmes.

Tab. I.

Specifik volym  $u_3$  resp.  $u_4$  kbm/kg av mättad resp. överhettad vattenånga.

p at abs	Mättad ånga		Överhettad ånga. Volym $u_4$ vid $t_4 =$							
	$t_3$	$u_3$	260 °	280 °	300 °	320 °	340 °	360 °	380 °	400 °
10	179,0	0,199	0,243	0,254	0,264	0,274	0,284	0,294	0,304	0,314
11	183,2	0,181	0,220	0,230	0,239	0,249	0,258	0,267	0,276	0,285
12	187,1	0,167	0,201	0,210	0,219	0,228	0,236	0,244	0,253	0,261
13	190,7	0,154	0,185	0,194	0,202	0,210	0,217	0,225	0,233	0,240
14	194,1	0,144	0,172	0,179	0,187	0,194	0,202	0,209	0,216	0,223
15	197,4	0,135	0,160	0,167	0,174	0,181	0,188	0,195	0,201	0,208
16	200,4	0,126	0,149	0,156	0,163	0,169	0,176	0,182	0,188	0,195

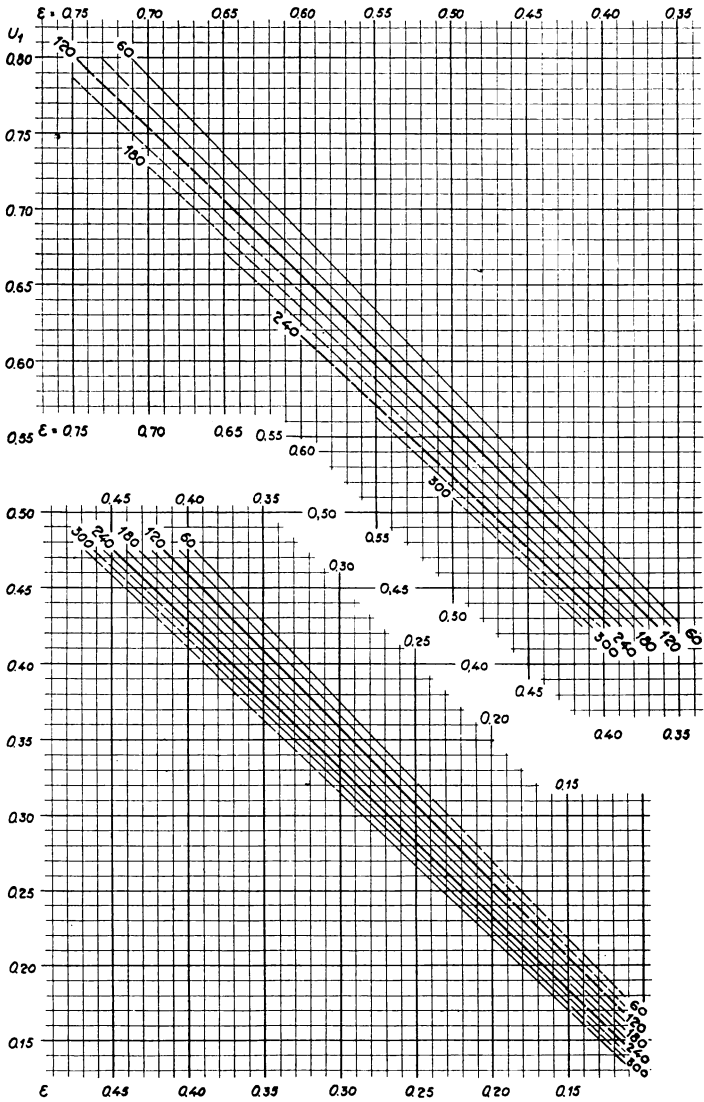
Tab. II.

Relativ cylinderfyllning

$\varepsilon$  vid  $\varepsilon_0 = 0,10$ .

$\varepsilon$	$U_1$ för $n =$									
	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0,80	0,892	0,868	0,849	—	—	—	—	—	—	—
0,75	0,840	0,819	0,802	0,787	—	—	—	—	—	—
0,70	0,788	0,769	0,754	0,740	0,728	—	—	—	—	—
0,65	0,737	0,720	0,706	0,693	0,682	0,672	—	—	—	—
0,60	0,685	0,670	0,657	0,646	0,635	0,626	0,617	—	—	—
0,55	0,634	0,620	0,608	0,598	0,588	0,579	0,571	0,563	—	—
0,50	0,582	0,570	0,559	0,549	0,540	0,532	0,524	0,517	0,510	—
0,45	0,531	0,520	0,510	0,501	0,492	0,484	0,477	0,470	0,464	0,458
0,40	0,480	0,469	0,460	0,451	0,444	0,436	0,429	0,423	0,417	0,411
0,35	0,428	0,419	0,410	0,402	0,395	0,388	0,381	0,375	0,369	0,363
0,30	0,376	0,367	0,359	0,352	0,345	0,339	0,333	0,327	0,321	0,316
0,25	0,324	0,316	0,309	0,302	0,295	0,289	0,283	0,278	0,273	0,267
0,20	0,272	0,264	0,258	0,251	0,245	0,239	0,234	0,229	0,224	0,219
0,15	0,219	0,212	0,206	0,200	0,195	0,189	0,184	0,179	0,174	0,169

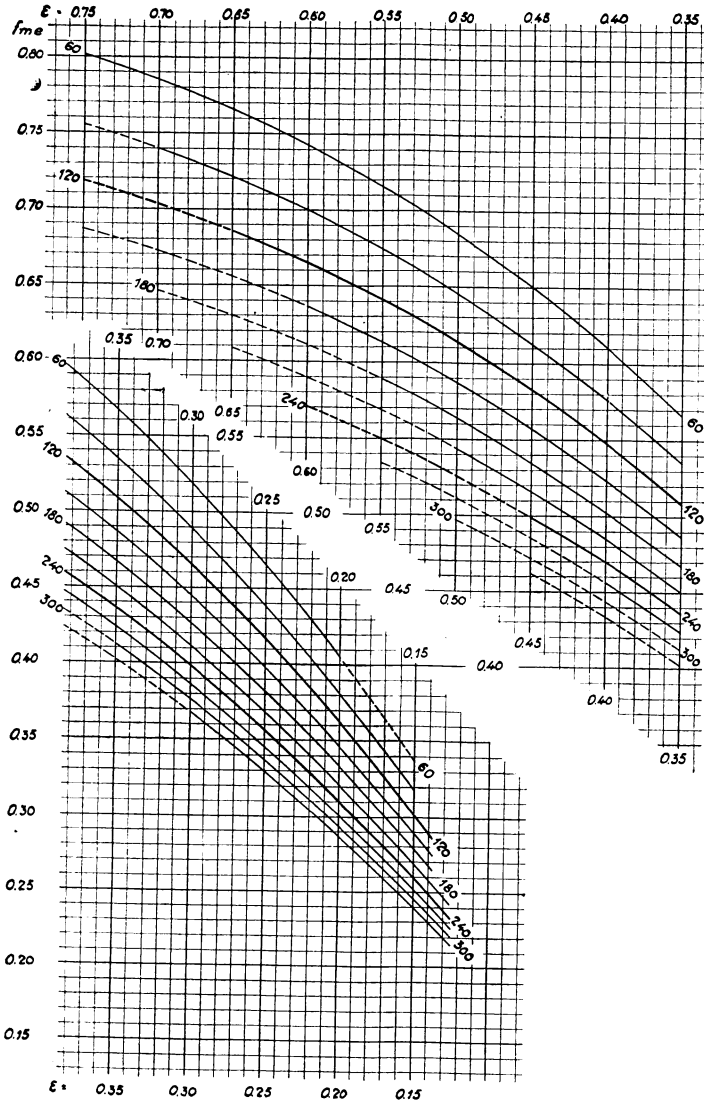
REL. CYLINDERFYLLNING  $\epsilon$



Tab. III.

### MEDELTRYCKSKOEFFICIENT $f_{me}$

för  $p = 1 - 12 \pm 2 \text{ kg/cm}^2$





Tab. III.

Medeltryckskoefficient  $f_{me}$ vid  $\varepsilon_0 = 0,10$  och  $p - 1 = 12 \text{ kg/cm}^2$  pannövertryck.

$\varepsilon$	$f_e$	$f_{me}$ vid $n =$										
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0,80	0,9733	0,872	0,815	0,768	0,730	—	—	—	—	—	—	—
0,75	0,9567	0,857	0,801	0,755	0,718	0,686	—	—	—	—	—	—
0,70	0,9376	0,840	0,785	0,740	0,703	0,672	0,646	—	—	—	—	—
0,65	0,9149	0,820	0,766	0,722	0,686	0,656	0,630	0,608	—	—	—	—
0,60	0,8870	0,795	0,743	0,700	0,665	0,636	0,611	0,589	0,570	—	—	—
0,55	0,8553	0,766	0,716	0,675	0,641	0,613	0,589	0,568	0,550	0,534	—	—
0,50	0,8181	0,733	0,685	0,646	0,614	0,586	0,563	0,543	0,526	0,511	0,497	—
0,45	0,7769	0,696	0,650	0,613	0,583	0,557	0,535	0,516	0,499	0,485	0,472	0,461
0,40	0,7304	0,655	0,611	0,577	0,548	0,523	0,503	0,485	0,470	0,456	0,444	0,433
0,35	0,6777	0,607	0,567	0,535	0,508	0,486	0,467	0,450	0,436	0,423	0,412	0,402
0,30	0,6200	0,556	0,519	0,489	0,465	0,444	0,427	0,412	0,399	0,387	0,377	0,368
0,25	0,5551	0,497	0,465	0,438	0,416	0,398	0,382	0,369	0,357	0,346	0,337	0,329
0,20	0,4831	0,433	0,404	0,381	0,362	0,346	0,333	0,321	0,311	0,302	0,294	0,286
0,15	0,4031	0,361	0,337	0,318	0,302	0,289	0,278	0,268	0,259	0,252	0,245	0,239

Tabellens användningsområde  $p - 1 = 12 \pm 2 \text{ kg/cm}^2$ .

Tab. V.

Faktor  $(U_1 : U_r)^{1,3}$  till  $p$ .

$U_1 : U_r$	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,6	—	0,526	0,537	0,548	0,560	0,571	0,583	0,594	0,606	0,617
0,7	0,629	0,641	0,652	0,664	0,676	0,688	0,700	0,712	0,724	0,736
0,8	0,748	0,760	0,773	0,785	0,797	0,810	0,822	0,834	0,847	0,859
0,9	0,872	0,885	0,897	0,910	0,923	0,936	0,948	0,961	0,974	0,987

Tab. IV.

Medeltryckskoefficient  $f_{me}$ 

vid  $\varepsilon_0 = 0,10$  och  $p - 1 = 16 \text{ kg/cm}^2$  pannövertryck.

$\varepsilon$	$f_e$	$f_{me}$ vid $n =$										
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0,80	0,9738	0,873	0,815	0,769	0,730	—	—	—	—	—	—	—
0,75	0,9575	0,858	0,802	0,756	0,718	0,686	—	—	—	—	—	—
0,70	0,9387	0,841	0,786	0,741	0,704	0,673	0,646	—	—	—	—	—
0,65	0,9165	0,821	0,767	0,724	0,687	0,657	0,631	0,609	—	—	—	—
0,60	0,8891	0,797	0,744	0,702	0,667	0,637	0,612	0,590	0,572	—	—	—
0,55	0,8581	0,769	0,718	0,677	0,644	0,615	0,591	0,570	0,552	0,536	—	—
0,50	0,8216	0,736	0,688	0,649	0,616	0,589	0,566	0,546	0,528	0,513	0,499	—
0,45	0,7815	0,700	0,654	0,617	0,586	0,560	0,538	0,519	0,502	0,488	0,475	0,463
0,40	0,7356	0,659	0,616	0,581	0,552	0,527	0,506	0,489	0,473	0,459	0,447	0,436
0,35	0,6839	0,613	0,573	0,540	0,513	0,490	0,471	0,454	0,440	0,427	0,416	0,405
0,30	0,6273	0,562	0,525	0,495	0,470	0,450	0,432	0,417	0,403	0,392	0,381	0,372
0,25	0,5637	0,505	0,472	0,445	0,423	0,404	0,388	0,374	0,362	0,352	0,343	0,334
0,20	0,4931	0,442	0,413	0,389	0,370	0,353	0,339	0,327	0,317	0,308	0,300	0,292
0,15	0,4147	0,372	0,347	0,327	0,311	0,297	0,286	0,275	0,267	0,259	0,252	0,246

Tabellens användningsområde  $p - 1 = 16 \pm 2 \text{ kg/cm}^2$ .

Tab. VI.

## Gångmotstånd för vagnar,

$$W_2 = 2,0 + 0,01 V + 0,0003 V^2.$$

V km/tim.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$W_2$ kg/ton	2,13	2,32	2,57	2,88	3,25	3,68	4,17	4,72	5,33	6,00