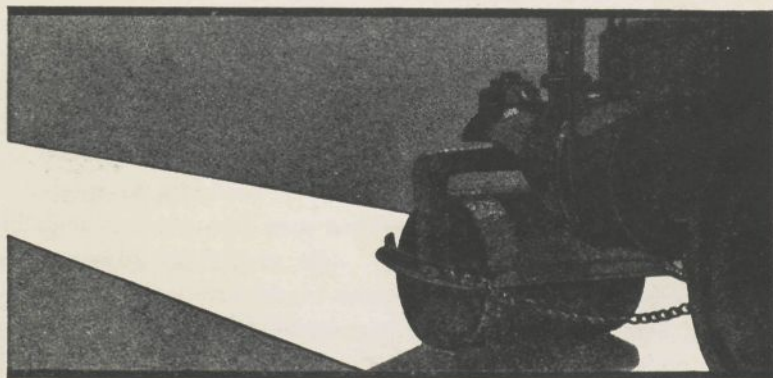


No. 135

21 - 8 - '34

PUBLICATIE
VAN DE
NEDERLANDSCH-INDISCHE
WEGENVEREENIGING
CENTRAAL PROEFSTATION EN STUDIE-
BUREAU OP WEGENGEBIED.



VERKEERSVEILIGHEID
EN SLIPGEVAAR.

door

Ir. J. J. Jonker

Hoofd van den Provincialen Waterstaatsdienst van West-Java.

Voorgedragen ter 10de Alg. Vergadering
v/d N. I. W. V. op 9 April 1934.

A.C. NIX & CO. BANDOENG

VERKEERSVEILIGHEID EN SLIPGEVAAR.

door

Ir. J. J. Jonker

Hoofd van den Provincialen Waterstaatsdienst
van West-Java.

Toen mij van de zijde van het dagelijksch bestuur van deze vereeniging het verzoek bereikte om het vraagstuk van de verkeersveiligheid heden voor U in te leiden, heb ik die uitnoodiging met genoegen aangenomen. Het genoemde vraagstuk toch is thans over de geheele wereld bijzonder actueel en het is daarom van belang te trachten U een idee te geven van den huidige stand daarvan, speciaal voor zoover de wegbeheerder en de wegebouwer daarbij betrokken zijn.

De groote verscheidenheid van factoren, die het probleem van de verkeersveiligheid beheerschen en de omstandigheid, dat feitelijk iedereen, groot en klein, er bij betrokken is, maken het tot een der moeilijkste en omvangrijkste van het geheele verkeersvraagstuk.

Ik zal dan ook geen poging doen het onderwerp volledig te behandelen, maar zal mij moeten beperken tot een enkel onderdeel, dat tegenwoordig meer in het bijzonder in het brandpunt van de belangstelling staat, n.l. de kwestie van het slipgevaar en de middelen, waarover men tegenwoordig beschikt om het te verminderen.

Wat met het slipgevaar bedoeld wordt, is van voldoende bekendheid en wie wel eens met gladde banden op een gladden

weg gereden heeft op een oogenblik, dat het noodig was plotseling krachtig te remmen, zal van dat gevaar waarschijnlijk kunnen meespreken. Het slipgevaar is algemeen gevreesd, maar — en dat is eigenaardig — als we een indruk willen krijgen van den omvang daarvan en met dat doel de ongevallenstatistieken raadplegen, lijkt het wel of het daarmee toch niet zoo ernstig gesteld is. Toch worden in vele landen die statistieken met groote nauwgezetheid bewerkt en wordt alles aangeteekend betreffende de omstandigheden, waaronder de ongelukken voorkwamen en de factoren die daarbij een rol speelden.

Wat de oorzaken aangaat, wijzen de meeste statistieken uit, dat meer dan de helft van het aantal ongevallen te wijten moet zijn aan persoonlijke fouten van de bestuurders, zooals onoplettendheid, onvoorzichtigheid of zelfs misdadige zorgeloosheid. De toestand van den weg komt als oorzaak in den regel eerst in de tweede plaats in aanmerking en daarbij worden behalve slippen ook andere oorzaken ingedeeld, zooals onvoldoend uitzicht, boomen te dicht langs den weg, plaatselijke vernauwingen, scherpe bochten enz. Dit zou kunnen leiden tot de conclusie, dat de zoo gevreesde gladheid slechts voor enkele percenten betrokken is bij de oorzaken der verkeersongelukken.

Hierbij valt echter op te merken, dat de juiste oorzaak van een ongeval niet altijd met zekerheid is vast te stellen en dat het op zijn minst waarschijnlijk is, dat onder de ongelukken, die aan persoonlijke fouten worden toegeschreven er vele zijn, waarbij ook de toestand van den weg indirect betrokken was. Overigens kan elk ongeval wel aan persoonlijke fouten worden toegeschreven, want er zal altijd wel een fout gemaakt zijn in dien zin, dat de toestand door den bestuurder verkeerd beoordeeld is, dat hij sneller heeft gereden dan de omstandigheden toelieten, dat hij te krachtig of te plotseling heeft geremd en dat het ongeluk voorkomen had kunnen worden als hij op het kritieke oogenblik maar op de juiste wijze had gehandeld. Op deze wijze redeneerende zou men er toe kunnen komen vele ongelukken toe te schrijven

aan onoplettendheid van de zijde van den bestuurder, terwijl inderdaad de omstandigheden wellicht zoozeer in zijn nadeel waren, dat zij elken normalen chauffeur te machtig zouden zijn gebleken.

Om aan te toonen hoe moeilijk het is op een gegeven oogenblik zich een juist oordeel te vormen over hetgeen men als een bestuurder van een auto zou moeten doen om een ongeluk te voorkomen, moge het voorbeeld dienen van iemand, die zich met zijn auto bevindt op een hellenden en gladden weg en bemerkt, dat hij zonder gas te geven nog te snel gaat dalen en dus voor de zekerheid op een lagere versnelling wil overgaan. Heeft hij een modernen auto met gesynchroniseerde versnelling of is hij bedreven in de kunst van double-declutch dan gaat het goed, maar moet hij eerst afremmen om te kunnen overschakelen dan heeft hij kans, dat de wielen worden geblokkeerd en dat de wagen slipt, waardoor hij de contrôle over den auto feitelijk verliest. Om nu een ongeluk te voorkomen zal de bestuurder op dit oogenblik moeten overdenken, dat zijn wielen en dus ook het geheele drijfwerk van zijn wagen stilstaan, dat hij dus zonder moeite op een lagere versnelling kan overgaan, maar dat het slagen van zijn manoeuvre nu niet meer aankomt op snelheid van handelen, zooals bij double-declutch, maar op het voorzichtig laten opkomen van zijn koppeling, omdat de geringe wrijving, die er nog bestaat tusschen den gladden weg en zijn wielbanden, den motor moet gaan aandrijven. Heeft hij bij het remmen direct gedebrailleerd en is de motor dus niet afgeslagen toen de wielen werden geblokkeerd, dan zou hij bij het opkomen van de koppeling den motor wat kunnen opjagen, maar hij zal dit niet, zooals bij double-declutch mogen doen vóór het inschakelen van de lagere versnelling, gevolgd door snel opkomen van de koppeling, maar hij zal juist gas moeten geven na het overschakelen, met voorzichtig laten opkomen van de koppeling daarna.

Ook in deze gevaarlijke situatie — snel rijden op een hellenden gladden weg — is er dus nog altijd wel een middel om het dreig-

gende gevaar te ontgaan, maar het is wel niet aan twijfel onderhevig, dat de man in die situatie is gebracht door de gladheid van den weg en dat een eventueel ongeluk niet in de eerste plaats aan verkeerd inzicht van den bestuurder, maar aan den toestand van den weg zou moeten worden toegeschreven.

Men behoeft zich echter niet bepaald op een hellenden weg te bevinden om in moeilijkheden te geraken. Men leze bijvoorbeeld het verhaal van een tien-voudige botsing op 20 December van het vorige jaar op den nieuwen autoweg den Haag - Rotterdam, waarbij alle bestuurders die erbij betrokken waren, door zoo hard mogelijk te remmen gepoogd hebben een botsing te voorkomen en waarschijnlijk juist daardoor het ongeluk in de hand gewerkt hebben. Echter is het wel niet aan twijfel onderhevig of ook hier was het de gladheid van den weg, die de primaire oorzaak van de botsing was.

Gaat men nu de officieele rapporten na van de verkeersongelukken, dan kan men zich niet aan den indruk onttrekken, dat er bij de wegbeheerders een zekere neiging bestaat om de oorzaken daarvan te zoeken bij de weggebruikers en de groote snelheden, waartoe deze hun auto's tegenwoordig opvoeren. Zoo leest men in het verslag van de verkeersongevallen op de Nederlandsche rijkswegen in 1931 o.a. het volgende:

„Door de onbepaalde snelheden, waarmede op de rijks-
„wegen buiten de bebouwde kommen mag worden gereden
„en de effen oppervlakte der cement- en asphalt betondekken,
„die het bereiken van hooge snelheden zeer vergemakkelijkt,
„worden aan de stroefheid van deze dekken veel hoogere
„eischen gesteld, dan in stedelijke bebouwingen het geval is.
„Dat bij plotseling voorkomende situaties gedurende snel
„rijden een te snel of te krachtig aanzetten der remmen, vooral
„wanneer deze niet volkomen in orde zijn, slip tengevolge
„kan hebben, spreekt van zelf. De schuld wordt dan vaak ten
„onrechte op het wegdek geworpen”.

De weggebruiker stelt daartegenover, dat de nieuw weegen toch zijn aangelegd in het belang van het snel-verkeer; maar als men dan niet krachtig remmen mag, zonder kans te hebben op een ongeluk, dan blijkt er toch iets aan den toestand te mankeeren. Er schijnt een wanverhouding te bestaan tusschen het alignement, de breedte en de effenheid van den weg eenerzijds — die alle erop gericht zijn een groote snelheid mogelijk te maken — en de geringe stroefheid van het wegdek anderzijds, die zulk een snelheid weer niet toelaat.

Naar mijn meening mag aan een weg de eisch gesteld worden, dat de krachten, die tusschen wiel en weg kunnen worden overgebracht, onder normale omstandigheden in redelijke verhouding staan tot het acceleratievermogen en vooral ook tot het remvermogen van een modernen auto.

Wat het vertikaal alignement betreft, heeft men reeds het voordeel van de krachtiger motoren weten te benutten. Waar vroeger 5 % helling als een maximum gold, ziet men tegenwoordig niet meer op tegen 6 à 7 % helling. Zelfs laat men op secundaire wegen, waar weinig of geen dierlijke tractie wordt verwacht, plaatselijk wel 10 % helling toe. Is het dan werkelijk teveel gevraagd als men wenscht, dat de constructie van het wegdek zoodanig is, dat ook bij het verzekeren van de veiligheid van het snelverkeer, ten volle profijt getrokken wordt van de goede eigenschappen van de tegenwoordige auto's?

De vraag is nu op welke wijze aan deze wenschen kan worden tegemoet gekomen, zonder in abnormaal hooge kosten te vervallen. En dan zijn er drie voornamen eischen waaraan de weg voldoen moet en die ik noemen zal in de volgorde waarin zij in de praktijk naar voren zijn gekomen en waarin zij ook langzamerhand meer algemeene toepassing zijn gaan vinden. De drie bedoelde eischen zijn:

1. een zoo klein mogelijke dwarshelling van den weg;
2. een juiste vormgeving van de bogen;

3. het verhoogen van de wrijving tusschen band en wegdek.

Ik zal deze drie punten nu achtereenvolgens aan een korte bespreking onderwerpen.

De eerste eisch wordt tegenwoordig vrijwel overal nageleefd. De oude tonrondte van de wegen, die noodig was om bij grind- of steenslagwegen de afwatering zooveel mogelijk te bevorderen en die bij de eerste asphalteeringen nog bijna geheel werd aangehouden, begint nu langzamerhand wel tot de zeldzaamheden te behooren. Telkens als het noodig is de asphalteering van een wegstrekking te vernieuwen, wordt van de gelegenheid gebruik gemaakt om het dwarsprofiel te corrigeeren. Voor zoover daartoe middelen beschikbaar zijn wordt dan de verhardingsbreedte eenigszins vergroot en tegelijk de groote tonrondte weggenomen. Hoe ver men daarmee gaan kan, hangt af van de eischen van de afwatering. Voor oppervlakte asphalteeringen, die ook bij de beste uitvoering van het walswerk, zelden geheel vlak te krijgen zijn, neemt men in den regel een kleinste dwarshelling aan van $2\frac{1}{2}\%$; voor meer permanente wegconstructies speciaal bij gebruik van cement-beton gaat men wel tot een dwarshelling van 1% , maar dit is een constructie, die voorloopig voor dit land wel tot de vrome wenschen zal blijven behooren.

De tweede eisch, die van de juiste vormgeving van de bogen, heeft lang de aandacht der wegentechnici gehad. Op het eerste internationale wegencongres te Parijs in 1908 werd het denkbeeld reeds bepleit om over de geheele breedte van den weg aan het wegdek een helling te geven naar de binnenzijde van den boog, waardoor de voertuigen minder hinder zouden hebben van de middelpuntvliedende kracht. Toch is het eerst in de laatste jaren, nu de wegen met steeds grooter snelheid worden bereden, dat dit systeem meer algemeene toepassing is gaan vinden.

Bij het bepalen van de grootte van de dwarshelling komt men voor de moeilijkheid, dat men heeft te voldoen aan tegenstrijdige

eischen. Vaste regels zijn hier feitelijk niet te geven. Men is afhankelijk van verschillende factoren, zooals: de straal van den boog, de langshelling en breedte van den weg, de aard van de verharding, de verhouding van het aantal voertuigen met dierlijke tractie tot het aantal auto's, de aanwezigheid van bebouwing, de overzichtelijkheid van de bocht, de lengte van de rechte strekking vóór de bocht, enz. In algemeenen zin kan men echter aannemen, dat de dwarshelling zich over de geheele lengte van den boog moet uitstrekken en dat de overgang naar het normale wegprofiel eerst mag plaats hebben in de aansluitende rechte weggedeelten vóór en na de bocht. Verder moet de dwarshelling over de geheele breedte in de zelfde richting loopen en er mag geen contrahelling zijn aan de buitenzijde van den weg, ook niet in den wegberm. De verkanting kan worden uitgevoerd hetzij door verhooging van de buitenbocht, hetzij door verlaging van de binnenbocht en ook door combinatie van beide methoden, waarbij dus de wegas op haar plaats blijft.

Het is ondoenlijk al de genoemde factoren, die invloed hebben op de mate van verkanting, in een enkele formule te vereenigen. Dit is ook niet noodig voor het bereiken van het doel. De vraag is n.l. niet of een auto met een gegeven snelheid zonder gevaar voor slippen een bepaalde bocht kan nemen, maar of een autobestuurder, die de buitenbocht behoort te volgen, dit aandurft en of hij niet geneigd zal zijn de bocht te snijden.

In het afsnijden van de bocht ziet hij drie voordeelen n.l.:

1e. de boog, waarin hij rijdt, heeft een grooter straal dan zijn baan zou hebben als hij de linkerhelft van den weg volgde, hetgeen vooral bij scherpe bochten van belang is;

2e. als de wagen slipt, heeft de bestuurder gelegenheid om iets mee te sturen; hij kan iets uitwijken in de richting van de slip om zodoende de contrôle over den wagen te herwinnen; en

3e. de weg helt aan de binnenzijde van den boog steeds in de goede richting, ook als de buitenzijde niet is opgehoogd.

Bij het afsnijden van den boog begeeft men zich echter op de verkeerde rijbaan en neemt daarbij het risico op zich, dat een tegenligger wordt ontmoet, in welk geval een ongeluk waarschijnlijk wordt. Men tracht daaraan tegemoet te komen door het overzichtelijk maken van de bocht. Hiermede is echter betrekkelijk weinig te bereiken. Bij een snelheid van 36 km/h (10 m/sec) en een vrij uitzicht van 36 m ontmoet men zijn tegenligger 2 seconden nadat men zich van zijn bestaan bewust geworden is. Onmiddellijk krachtig remmen en plotseling omgooien van het stuur

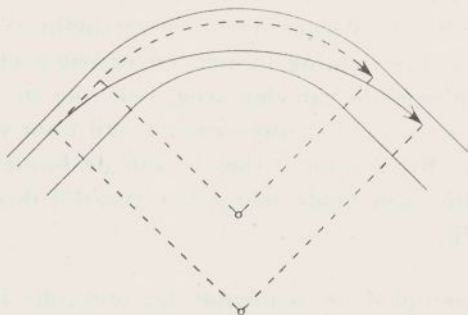


Fig. 1

zijn noodig om een botsing te vermijden. Bevindt men zich daarbij echter op een glad wegdek bij een onverkant dwarsprofiel dan mag men er verder het beste maar van hopen. Ligt de weg echter op één oor, dan is in de eerste plaats de neiging om de binnenbocht te nemen minder groot en in de tweede plaats heeft men gelegenheid tot veilig uitwijken als dit noodig is.

Beter dan het verruimen van het uitzicht is het dus, het open afgaande verkeer te scheiden door middel van wegspijkers en verfstrepen in de as van den weg. Hierdoor worden ook roekeloze en onnadenkende rijders er aan herinnerd, dat men in een bocht stipt links moet houden en dat inhalen in een bocht verboden is. Men ondergaat den invloed van die aslijnen vaak onbewust en de praktijk wijst uit, dat het veilig

rijden in de bocht er zeer door wordt bevorderd. Men dwingt dan dus een der beide verkeersrichtingen om de buitenbocht te nemen, maar dan moet de vorm van de bocht ook zoodanig zijn, dat dit zonder gevaar geschieden kan.

Wegverkanting is dus geen concessie aan den snelheidsmaniak, die den weg liefst als een racebaan zou gebruiken, zooals men nog wel eens hoort beweren, maar een beveiliging van bonafide weggebruikers tegen anderen, die door snel rijden en het afsnijden van de bocht het verkeer in gevaar zouden kunnen brengen.

De veilige snelheid bij een bepaalden hellingshoek laat zich gemakkelijk afleiden uit het evenwicht van een wagen, die in een cirkel loopt. De daaruit afgeleide formule vindt men in alle handboeken. De eenvoudigste vorm is :

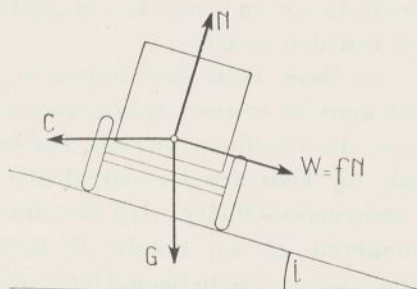


Fig. 2

$$i + f = \frac{V^2}{gR}$$

of met toepassing van gebruikelijke eenheden :

$$i + f = 0,00787 \frac{v^2}{r} \text{ waarin :}$$

i = de verkanting in verhouding tot de breedte van den weg ;

f = de wrijvingscoëfficiënt tusschen wiel en weg ;

v = de snelheid in km/h ;

r = de boogstraal in m.

Deze formule is zeker geen wonder van nauwkeurigheid. Dit is een gevolg van het feit, dat bij de afleiding een auto als vormvast lichaam wordt beschouwd, hetgeen uiteraard allerm minst het geval is. Van die onnauwkeurigheid wordt straks nog een voorbeeld gegeven.

Voor het bepalen van de veilige snelheid in bogen is de formule praktisch voldoende bruikbaar.

Wat het meest er in opvalt is, dat de dwarshelling en de wrijvingscoëfficiënt termen zijn van één som, zoodat de verkanting geen grooteren invloed heeft op de veilige rijnsnelheid dan de stroefheid van den weg. Een verbetering van den wrijvingscoëfficiënt van bijvoorbeeld 0.25 op 0.35 heeft dus een even groote verhooging van de veiligheid ten gevolge als een vermeerdering van de verkanting met 10 %. Zouden we dan de verkanting maar niet beter achterwege kunnen laten en onze kracht zoeken in verhooging van de stroefheid van den weg?

Inderdaad zou op deze wijze het slippen in de bocht bij niet te groote snelheid kunnen worden voorkomen, maar de normale chauffeur vertrouwt daar wellicht niet op. Hij heeft onze formule niet bij de hand, hij kent den boogstraal niet en is niet op de hoogte van den wrijvingscoëfficiënt. Hij ziet alleen, dat zijn rijcondities gaan veranderen en hij houdt de binnenbocht om de dwarshelling in zijn voordeel te hebben. Het is daarom aangewezen om aan zijn gevoel voor evenwicht tegemoet te komen en bij kleine stralen verkanting altijd toe te passen, ook al is het wegdek behoorlijk stroef. Uiteraard zal de dwarshelling minder kunnen zijn naarmate de stroefheid bij nat oppervlak grooter is. In den regel neemt men de minimum verkanting even groot als de dwarshelling van den weg in de rechte strekking, dus 2 %, en de maximum verkanting 10 %. Voor zeer gevaarlijke punten, b. v. als de boog gelegen is aan het einde van een lang recht stuk of als op een hellenden weg het dalende verkeer de buitenbocht moet houden, neemt men wel 2 % extra, echter met behoud van het maximum van 10 %. De maximum straal, waarvoor verkanting nog

moet worden toegepast wordt veelal aangenomen op 1000 m. In Europa, waar men ook op sneeuw en ijzel heeft te rekenen, gaat men daarmee echter wel tot 2000 m.

Een enkel woord moet nog gezegd worden over de overgangsbogen. Hierover wordt in buitenlandsche tijdschriften dikwijls veel en uitvoerig geschreven, waarbij men dan veelal te werk gaat naar analogie met de spoorwegtechniek. Een auto heeft echter niet zooals een spoortrein een gedwongen loop. Bij een auto ontstaat de overgangsboog vanzelf, omdat het omzetten van het stuur steeds eenigen tijd vordert, waardoor de kromme, die de auto in werkelijkheid volgt, een geleidelijken overgang vormt van de rechte lijn naar den cirkelboog. Daarbij wijkt de wagen echter iets af van de theoretische wegas. Men heeft er dus slechts voor te zorgen, dat de verbreeding van de verharding, die bij een boog in elk geval noodig is om de voertuigen gelegenheid te geven elkander te passeeren, steeds plaats heeft aan de binnenzijde van den boog en verder, dat de dwarshelling over eenige lengte geleidelijk overgaat van het normale dwarsprofiel in het verkante profiel. Voor bochtige bergwegen, waar in den regel niet voldoende gelegenheid is voor het maken van overgangsbogen, ziet men af van het normale dakprofiel van de wegen en voert den weg uit als een regeloppervlak. De afwatering is in zulke gevallen meestal toch wel voldoende door het verval in lengterichting.

Ik kom nu aan het derde en voornaamste punt: het verhoogen van den wrijvingsweerstand tusschen wiel en weg en dit zal ons iets langer bezig houden. Ten aanzien van dit vraagstuk bestaat — en dit in tegenstelling met de beide vorige punten — nog geen volledige overeenstemming van inzicht omtrent den weg, die bewandeld moet worden om tot een oplossing te geraken. Bij dit vraagstuk zijn de beide partijen, wegbeheerder en weggebruiker ten nauwste betrokken en beide hebben de oplossing langen tijd aan den ander overgelaten. De weggebruiker verlangt met eenig recht een veiligen, dus een stroeven weg. De wegbeheerder zit echter

nu eenmaal met een wegnnet, waarin dikwijls belangrijke kapitalen vastgelegd zijn, waardoor vernieuwing binnen afzienbaren tijd praktisch uitgesloten is. Hij wijst erop, dat de tijd, waarin een stel banden opgesleten raakt, heel wat korter is, dan de levensduur van zijn wegen en meent dus, dat de oplossing gezocht moet worden in verbetering van de banden. In dezen gedachtengang is in sommige steden, waar veel wegen aangelegd zijn met stamp-asphalt, dat zooals bekend is bij regen bijzonder glad kan worden, wel bepaald, dat de wielen of althans twee der wielen voorzien moesten zijn van banden met een goed werkend middel tegen slippen. Aan dergelijke bepalingen dankten de spijkerbanden hun ontstaan; een soort banden, die ongetwijfeld aan haar doel beantwoord heeft, doch het nadeel opleverde van een geringen levensduur. Dit heeft er toe geleid, dat de spijkerbanden weder in onbruik zijn geraakt, waardoor de oplossing van het vraagstuk weer even ver was als te voren.

In den laatsten tijd komt hierin echter een kentering. Men heeft het vraagstuk van beide zijden aangevat en zoowel de banden als de wegdekken ondergaan langzaam maar zeker een wijziging in de goede richting, welke hoop geeft op gunstige resultaten in een nabije toekomst.

Zooeven heb ik reeds opgemerkt, dat als minimum-eisch aan den wrijvingsweerstand tusschen band en wegdek mag worden gesteld, dat daardoor het remvermogen van een modernen auto ten volle kan worden benut. In de nieuwe verkeerswetgeving is ten aanzien van het remvermogen bepaald, dat daardoor aan een motorrijtuig een vertraging van ten minste 2.5 m per sec^2 kan worden medegedeeld. Hierbij is gedacht aan remmen op twee wielen. Bij remmen op vier wielen, die behoorlijk afgesteld zijn, zal een vertraging van 4.5 m per sec^2 wel te halen zijn. Hieruit kunnen we gemakkelijk de vereischte minimumwaarde van den wrijvingscoëfficiënt afleiden, want de wrijvingskracht, die aangrijpt aan den omtrek van de wielen, is:

$$W = M.a \text{ (massa} \times \text{vertraging)}$$

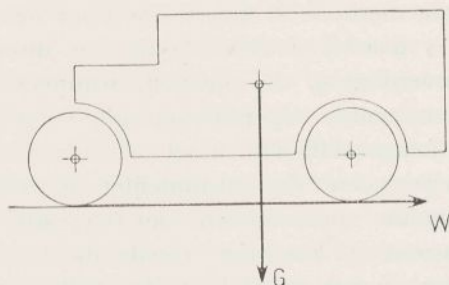


Fig. 3

dus als de wielen geblokkeerd zijn en de banden slepen over den weg:

$$f G = \frac{G}{g} a$$

$$f = \frac{a}{g} \quad \text{waarin:}$$

f = wrijvingscoëfficiënt;

a = remvertraging;

g = versnelling van de zwaartekracht.

Stellen we de versnelling van de zwaartekracht op rond 10 m per sec^2 dan is bij een te ontwikkelen remvertraging van 4.5 m per sec^2 de minimumwaarde van den wrijvingscoëfficiënt, waarmee genoeg kan worden genomen, $f = 0.45$.

Inderdaad worden wegdekken, die onder alle omstandigheden (sneeuw en ijzel buitengesloten) een wrijvingscoëfficiënt tusschen weg en band opleveren van 0.45 en hooger, tot de stroeve wegdekken gerekend.

De formule, zooals hij hier gegeven is, kan uiteraard ook gebruikt worden voor het meten van den wrijvingscoëfficiënt. De daarop gebaseerde methode is uitgewerkt door het bureau van de N.I.W.V. Het is daarbij slechts noodig een directe meting te doen op de remvertraging, die ontstaat, wanneer een auto met vastgezette wielen eenige oogenblikken glijdt over het wegdek, waarvan de wrijvingscoëfficiënt moet worden vastgesteld. Men krijgt op deze wijze geen laboratoriumcijfers betreffende de wrijving tusschen gladde oppervlakken van twee stoffen, maar men krijgt cijfers omtrent de krachten, zooals die werkelijk worden overgebracht tusschen het wegdek en de wielbanden, dus cijfers die voor de praktijk van het motorverkeer kunnen gelden en zooals die voor den wegebouwer van belang zijn. In tegenstelling met den onder laboratorium-omstandigheden gevonden wrijvingscoëfficiënt noemt men het hier bedoelde praktijkcijfer wel de schijnbare wrijvingscoëfficiënt en neemt dan aan, dat daarin alle invloeden zijn verwerkt, die door den toestand van den weg en door dien van den auto op den wrijvingsweerstand worden uitgeoefend. De voornaamste dier invloeden zijn de mate en de aard van oneffenheid van het wegdek, de vochtigheid en de verontreiniging daarvan, de toestand van de banden, de snelheid van den auto, de veering van den wagen en zoo meer.

De meting van de remvertraging geschiedt met een verdragingsmeter. Een dergelijk instrument in de uitvoering van Siemens-Schuckert is beschreven in „Het Motorverkeer” van 1933 No. 47. Een uittreksel daaruit is opgenomen in K.O.V. 246. De werking van het instrument mag ik dus bekend veronderstellen. Het is stevig gebouwd en behoorlijk stabiel; het is ook tot op zekere hoogte „foolproof” want het mag zonder schade een tijdje onderste boven worden gehouden en als het op een eenigszins hellende vloer is opgesteld heeft men het maar even met rust te laten; het niveau van de aanwijsvloeistof zakt dan weer van zelf weer op den nulstand terug; het instrument is dan in dien stand zonder meer te gebruiken.

Zoo eenvoudig als ik het hier stel, verloopt de meting van den wrijvingscoëfficiënt in de praktijk echter niet. Bij de series metingen, die door het bureau van de Wegenvereeniging verricht zijn, was het om onderscheidene redenen gewenscht, dat het remmen niet geschiedde op alle vier wielen, maar alleen op de achterwielen. De berekening wordt daardoor ineens een heel stuk ingewikkelder. Het wordt dan noodig het zwaartepunt te bepalen van den auto met de bemanning om rekening te kunnen houden met de ontlasting van de achteras, die een gevolg is van het kipmoment. Ook de invloed van de stijfheid van de veeren moest om dezelfde reden in aanmerking worden genomen; dan moest de helling van den weg worden geëlimineerd en bleek ook de luchtweerstand een factor, die in rekening te brengen was en ten slotte werd bij de metingen niet dit of een ander in den handel voorkomend instrument gebruikt, maar bleek het wenschelijk zelf een verdragingsmeter te construeeren, die wat nauwkeuriger aflezing toeliet, maar waarvan dus eerst nog de schaalwaarde moest worden bepaald. De regelmatigheid der uitkomsten geeft een groot vertrouwen in de waarde van de resultaten, die met dezen verdragingsmeter verkregen werden. Op deze resultaten kom ik straks terug.

Ik wil nu eerst mededeelen, welke vooruitgang in den laatsten tijd in de constructie van de banden is te bespeuren en moet daarbij wijzen op een artikel van Oberbaurat J. Schäfer te Berlijn in *Verkehrstechnik* No. 17 van 1933. Van dit artikel is een uittreksel verschenen in K.O.V. 242. Ik zal daarom alleen die gedeelten uit het artikel nog eens aanhalen, die voor de praktijk het belangrijkste zijn. Schäfer baseert zijn uiteenzettingen op twee hoofdwetten van de wrijvingsverschijnselen, die hij als volgt formuleert:

1. „Een lichaam, dat zich op een vlak in rust bevindt, heeft „naar alle zijden denzelfden wrijvingsweerstand. Een lichaam,

„dat op een vlak in één richting glijdt, kan door een uiterst „kleine zijdelingsche kracht uit het vlak van de beweging „worden verschoven; of met andere woorden gezegd: wanneer „glijdende wrijving in één richting optreedt, dan nadert de „wrijving loodrecht op die richting tot nul.

2. „De glijdende wrijving is altijd kleiner dan de wrijving in „rust.

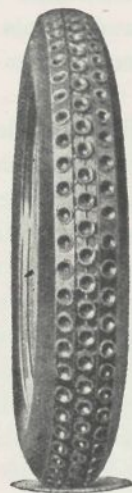
Alle pogingen om den weerstand tegen zijdelings slippen van auto's te verhoogen, behoeven daarom slechts erop gericht te zijn, voldoende wrijvingsweerstand in de rijrichting te verkrijgen.

Dit principe is in de gangbare banden-modellen lang niet altijd even duidelijk en zeker niet voldoende tot uiting gekomen. Van systematische proeven om te komen tot een doelmatig banden-profiel is weinig bekend geworden. Wel zijn rubbersoorten beproefd waarin kwartzandkorrels waren gemengd met een diameter kleiner dan 1 mm, waardoor de wrijvingscoëfficiënt met ongeveer 25% moet zijn verhoogd, maar verder heeft de bandenindustrie er slechts naar gestreefd door de meest uiteen-loopende loopvlakprofielen de weerstand tegen slippen te verhoogen. Daarbij is men om zoo te zeggen meer op het gevoel, dan naar het zooeven bedoelde principe te werk gegaan en daarom schijnen de resultaten tot dusver niet zeer afdoende te zijn geweest.

Juist in den laatsten tijd zijn echter twee bandenprofielen naar voren gekomen, die ook op glad asphalt een bijzonderen weerstand tegen slippen moeten hebben. Een daarvan de z.g. zuignapjesband van Coenning meen ik hier stilzwijgend te kunnen voorbijgaan, omdat de daarmee behaalde gunstige resultaten min of meer aan het toeval te danken zijn geweest.

Het andere profiel met dwarsgroeven, dat is uitgedacht door Sommer, verdient echter een korte bespreking, omdat het principe,

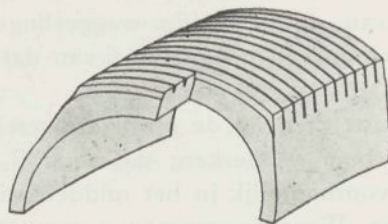
dat bij dit soort banden toepassing vindt, aan de hand daarvan nader is toe te lichten. Het loopvlak bestaat n.l. uit een opeenvolging van fijne groeven en ruggen en de gunstige werking dezer



1

1. Zuignapjes-band volgens Coenning.

2. Dwarsgroeven volgens Sommer (schematisch).



2

Fig. 4

banden bestaat daarin, dat de sliklaag, waarop de auto anders uitglijdt door de verschillende rubberlamellen wordt doorsneden. Het rubber van den band dringt dan door tot het oppervlak van den weg en vindt daar de hooge wrijving, die elk schoon oppervlak, zelfs in gepolijsten toestand oplevert.

Een weinig slik op den weg is voor een auto veel gevaarlijker dan voor een rijtuig op smalle ijzeren of rubberbanden. Binnen zekere grenzen neemt de wrijving bij verhooging van den druk merkbaar toe en bij verlaging af. Men kan aannemen, dat de luchtbanden van een auto gemiddeld nog geen tiende van den druk van ijzeren

banden halen. Terwijl dus door de wielen van een rijtuig de sliklaag gemakkelijk wordt weggedrukt, vindt dit bij gladde autobanden veel minder gemakkelijk plaats en het is duidelijk, dat lagedruk banden in dit opzicht vooral bij glad afgesleten loopvlak wel het gevaarlijkste moeten zijn. De dunne smeermiddelfilm wordt dan onder den gelijkmatigen druk als een aanengesloten laag vastgehouden en wijkt slechts zeer langzaam zijdelings uit.

Het is wel in te zien, dat de beweeglijke lamellen van de Sommer-profileering hier een verbetering moeten brengen. De beweging loodrecht op de groeven ondervindt een zeer aanmerkelijken wrijvingsweerstand. De ribbels doen denzelfden dienst als de haren van een borstel. Het smeermiddel wordt in de richting van de beweging weggeslingerd en de groeven in de rubber nemen een hoeveelheid van dat smeermiddel tijdelijk op.

Beschouwt men nu de profileeringen der meeste rubberbanden, dan kan men opmerken, dat daarbij de groeven in de lengterichting, voornamelijk in het midden van het loopvlak ver overwegend is. Waar dwarsgroeven aanwezig zijn, zijn de daardoor gevormde rubberblokken in den regel veel te groot, om als een borstel op de sliklagen te kunnen inwerken. De ribbels en groeven, die als een band over het loopvlak doorloopen, leveren bij het draaien der wielen geen scherpe kanten op, die de smeerfilm doorsnijden en daardoor het doorslaan of slippen der wielen kunnen verhinderen. Zij zijn blijkbaar ontstaan in de meening, dat het wiel op de wijze van een radkrans van een spoorwegwiel een zijdelingsche steun moet hebben. Die steun zou echter alleen kunnen ontstaan als de zijkanten der langsgroeven zich in het wegdek konden insnijden. Dit is echter op een asphaltweg niet te verwachten en uit dien hoofde moet de band volgens de eerst genoemde wet van de glijdende wrijving, elke zijdelingsche steun verliezen, zoodra hij in de langsrichting slipt of doorslaat. De langsgroef kan daartegen niet helpen.

Behalve door het wegborstelen van de smeerfilm werken de lamellen nog gunstig op den wrijvingsweerstand, doordat tijdens de trillingsperiode de lamellen telkens eenigen tijd ten opzichte van het wegdek in rust zijn. Gedurende dien tijd treedt geen glijdende wrijving op, maar wrijving in rust en deze is belangrijk grooter dan de eerste.

De beweeglijkheid van de lamellen, welke in het loopvlak zijn aangebracht, heeft dus op twee wijzen een vermeerdering der wrijving ten gevolge n.l. door

1. het verwijderen van de smeerfilm
2. het bereiken van de wrijving in rust.

Er moet hier de nadruk op worden gelegd, dat het artikel van Schäfer, bijna geheel betrekking heeft op Berlijnsche toestanden, waar de straten voor een zeer groot deel voorzien zijn van zeer glad stampasfalt, waarop een smeermiddelfilm, zooals hij die beschrijft, bijzonder gemakkelijk ontstaat, maar die door de betrekkelijk kleine lamellen van de Sommer-profileering ook gemakkelijk weg te borstelen is.

Of zijn beschouwingen voor onze omstandigheden onveranderd zouden opgaan, was niet van te voren aan te nemen en daarom is een serie proeven genomen om den invloed van de dwarsgroeven te onderzoeken in vergelijking met langsgroeven en met gladde banden. De metingen zijn geschied op een nat gespoten wegdek, dat zich bij vorige proeven reeds als zeer glad had doen kennen.

Daar het bekend is, dat behalve de profileering van het loopvlak ook de eigenschappen van het rubber een grooten invloed kunnen hebben op de wrijvingsweerstand, zijn niet eenvoudig enkele banden met verschillende profielen tegen elkaar beproefd, maar zijn de metingen zoodanig ingericht, dat elke serie betrekking heeft op eenzelfde band, waarvan het loopvlak telkens een andere gedaante had gekregen door het insnijden van groeven van meer of mindere wijdde.

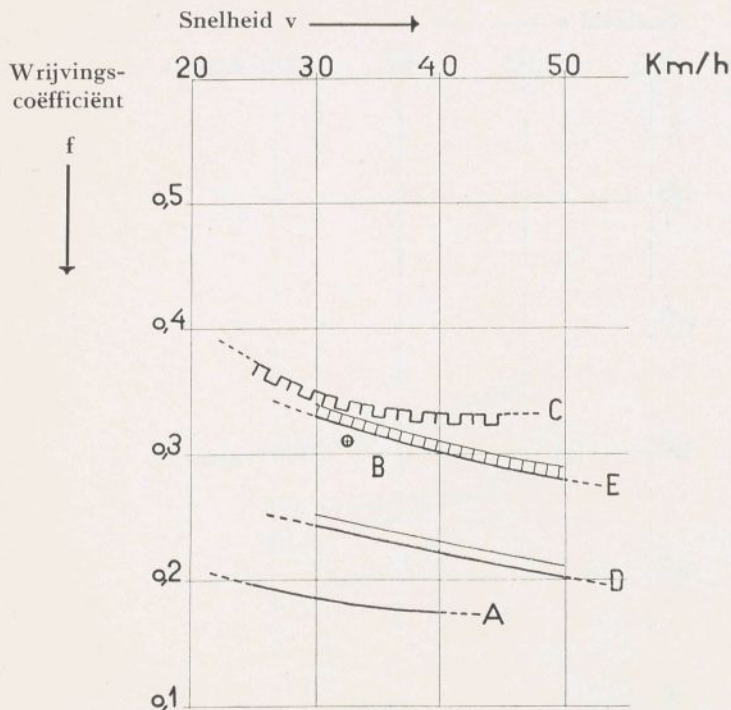
Verder is van deze gelegenheid gebruik gemaakt, om den invloed van de snelheid van den auto op de wrijvingscoëfficiënten te onderzoeken. De vrees is n. l. gewettigd en deze wordt ook wel eens uitgesproken, dat bij hoogere snelheden een sterke daling van den wrijvingsweerstand zou kunnen optreden en dat dit zelfs bijna den vorm zou kunnen aannemen van een plotseling sterk afvallen van den weerstand bij een bepaalde grens. Cijfers daarvoor treft men echter nimmer aan.

De verkregen uitkomsten blijken het gemakkelijkst uit de grafische voorstellingen, waarop horizontaal de rijsnelheid is aangegeven in km/h en vertikaal de wrijvingsweerstand. In de manier waarop de lijnen zijn geteekend, is getracht de wijze van profileering van het loopvlak na te bootsen.

De eerste grafiek (Fig. 5) heeft betrekking op een dubbel stel oude, afgesleten banden, dat van een nieuw glad loopvlak is voorzien (A). Nadat de wrijvingscoëfficiënt in die gedaante was gemeten, werden in het eerste stel fijne dwarsgroeven aangebracht om de 5 mm (B) en daarna nog breede diepe groeven om de 15 mm (C). In het tweede stel werden eerst breede langsgroeven gesneden (D), en daarna bovendien weer fijne dwarsgroeven (E); breede dwarsgroeven snijden was hier niet mogelijk, daar het rubber te weinig vast was om bij verdeeling in zulke kleine afzonderlijke blokjes aan de groote remkrachten weerstand te bieden.

Het is uit de grafiek gemakkelijk te zien, dat we hier te maken hebben met een bijzonder gladden band. Voor het ongeprofileerde loopvlak ligt de wrijvingscoëfficiënt geheel beneden 0.20 en dit is een cijfer zoo laag, als slechts zeer zelden wordt gevonden.

Uit de uitkomsten blijkt verder, dat langsgroeven maar een zeer gering effect hebben. De fijne dwarsgroefjes maken den band dadelijk veel beter. Waar bij den glad ge vulcaniseerden band de wrijvingscoëfficiënt ongeveer lag bij 0.18 geven de dwarsgroeven cijfers van ± 0.30 . Het beste is hier profiel C, dus het profiel met betrekkelijk breede dwarsgroeven, waarmee coëfficiënten van 0.32 tot 0.36 werden bereikt.



Nieuw ge vulcaniseerd loopvlak. Gladde weg.

A B C D E

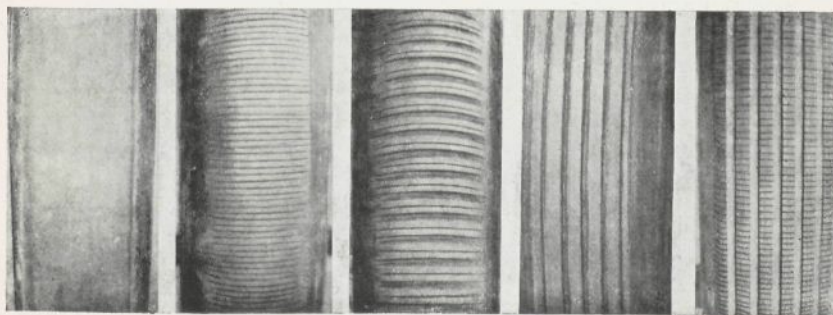
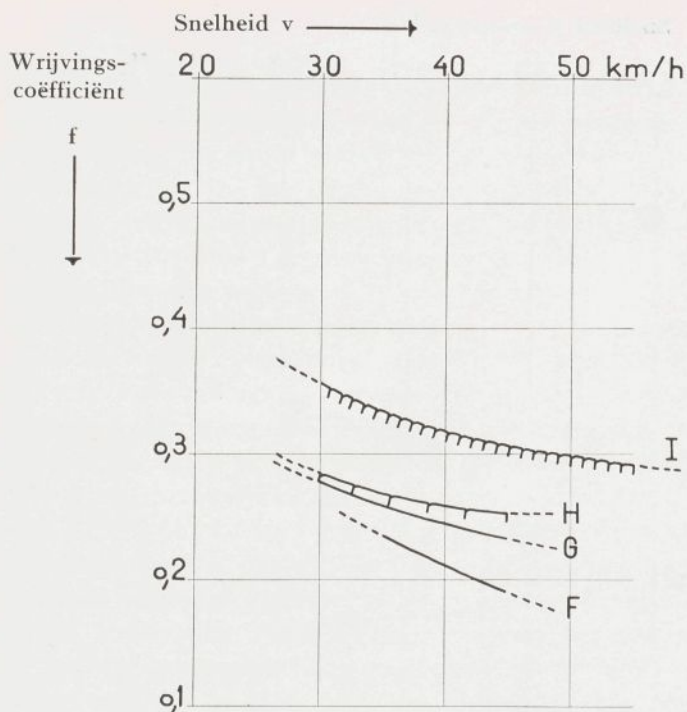


Fig. 5

Met bandprofiel B werd de wrijvingscoëfficiënt alleen bij een snelheid van 32 km/h bepaald.



Afgesleten Good-Year banden. Gladde weg.

F G H I

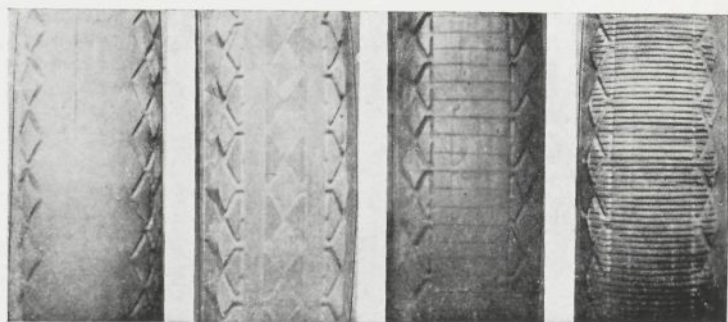
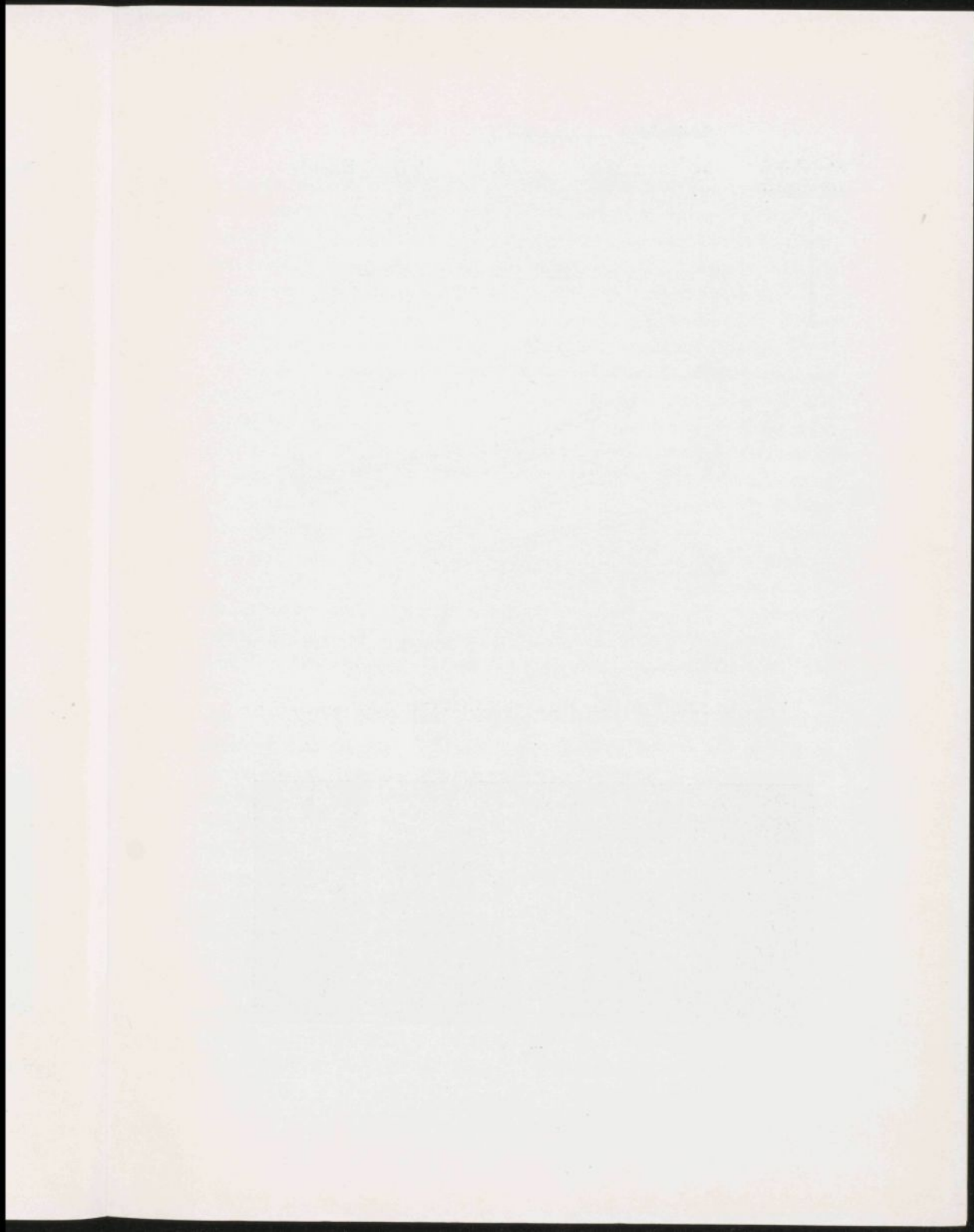
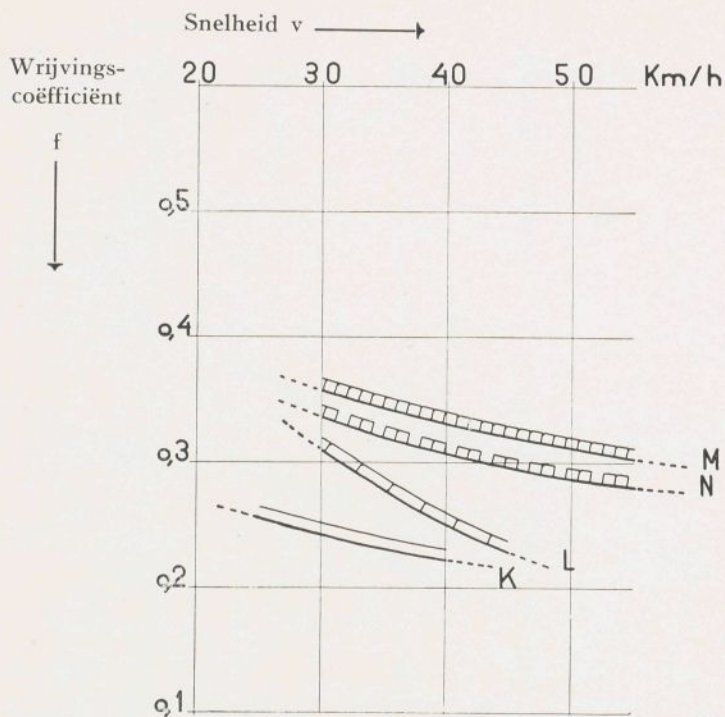


Fig. 6





Oud model Dunlop-band. Gladde weg.

K L M N

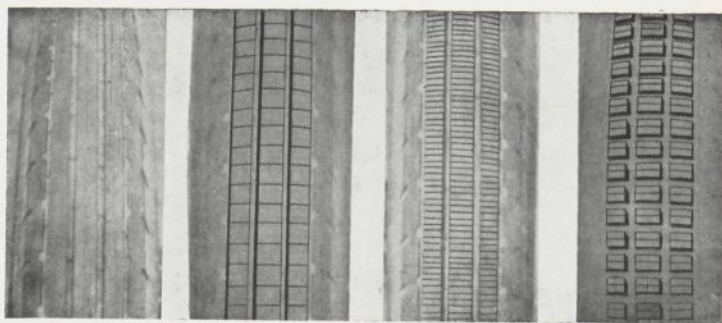


Fig. 7

Uit de grafiek is verder af te lezen, dat verhooging van de snelheid inderdaad een verlaging van de wrijving ten gevolge heeft. Het schijnt echter, dat die verlaging bij opvoering van de snelheid niet verder doorgaat, maar dat daaraan een grens is en dat de vrees voor plotselinge variaties niet geheel gemotiveerd is.

De tweede (Fig. 6) grafiek geeft een beeld van de uitkomsten, verkregen met geheel en bijna glad afgesleten Goodyear-banden (F) en (G). In de met G aangegeven banden werden fijne dwarsgroeven gemaakt om de 15 mm (H), en daarna weer om de 5 mm (I). De gevonden wrijvingscoëfficiënten liggen in het algemeen iets hoger dan in het vorige geval, waarin de invloed van het betere fabrieks-rubber tegenover het zachte vulcaniseerrubber is te herkennen. Overigens vertoont deze grafiek weer hetzelfde beeld. De dwarsgroeven blijken den wrijvingscoëfficiënt, die bij afgesleten banden niet meer dan 0.20 — 0.25 bedroeg, te brengen op 0.30 — 0.35.

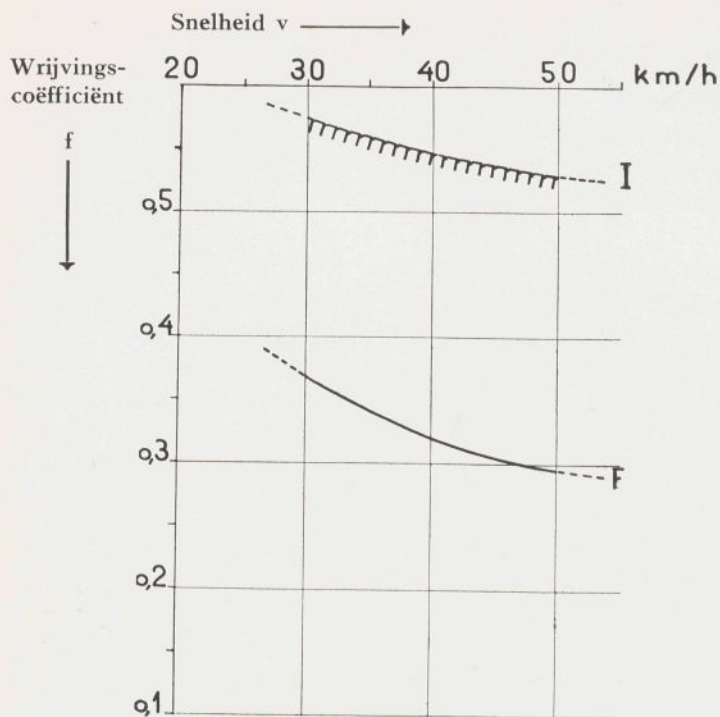
Ten slotte is nog een oud model Dunlop-band onderzocht (Fig. 7). Dit model — dat overigens niet meer in den handel is — werd uitgekozen, omdat het een profiel vertoont met diepe langsgroeven (K). Ook in deze banden werden weer de dwarsgroeven gemaakt om de 15 mm (L) daarna om de 5 mm (M) en ten slotte bovendien nog breede diepe groeven om de 15 mm (N). De fijnverdeelde groefjes blijken hier het beste resultaat te geven. Dit is een afwijking van hetgeen bij de eerst onderzochte banden werd gevonden. Blijkbaar moet het verschil aan de rubbersoort worden toegeschreven. Bij het zachte vulcaniseerrubber zullen de betrekkelijk dikke rubberdammetjes nog voldoende beweeglijk zijn geweest om de borstelende werken uit te oefenen; bij het harde rubber van de Dunlopbanden schijnt dit minder het geval te zijn geweest, zoodat hier met de fijne profileering het beste resultaat was te behalen.

Uit al deze proeven blijkt wel, dat de dwarsgroeven inderdaad een gunstige werking hebben. In de onderzochte gevallen werd steeds een verbetering in den wrijvingscoëfficiënt geconstateerd van ongeveer 0.1 en dit weegt bij het rijden in cirkel op tegen

een verkanting van 10 % terwijl het remvermogen van den auto er met 1 m/sec^2 door kan worden verhoogd. Het moet echter worden erkend, dat de verwachtingen na de publicatie van Schäfer hooger gespannen waren. Ook de beste profileering gaf op een gladden weg nergens een wrijvingscoëfficiënt van 0.45, hetgeen we toch als eisch voor een goeden wrijvingsweerstand hebben moeten stellen. Een in alle opzichten bevredigende oplossing van het vraagstuk mag in de Sommer-profileering dus nog niet worden gezien. In elk geval was uit de gevonden cijfers niet het volkomen succes daarvan op de Berlijnsche stampasfaltstraten te verklaren.

Om die reden zijn ten slotte met dezelfde Goodyear-banden nog eens proeven genomen op den Priokweg, een weg, waarvan de oppervlakte wat effenheid betreft, het meeste met stampasfalt overeenkomt. Inderdaad wordt nu een ander beeld verkregen (Fig. 8). Door de betere eigenschappen van het wegdek liggen alle cijfers wel iets hooger dan bij een gladde oppervlakteasphalteering. Voor gladde banden liggen ze nu tusschen 0.30 en 0.40 maar voor de banden met fijne dwarsgroeven tusschen 0.53 en 0.58 dus een behoorlijk eind boven de grens van 0.45. De verbetering die door de fijne dwarsgroeven wordt verkregen, is nu te stellen op 0.20 en de wrijving blijkt bij verhooging van de snelheid maar weinig terug te loopen. Wel is waar is er, om begrijpelijke redenen niet gemeten bij hogere snelheden dan 50 km/h, maar de vorm van de kromme wijst erop, dat binnen redelijke grenzen verrassingen niet te vreezen zijn. Hoe groot de wrijvingscoëfficiënt worden zal bij snelheden van 120-180 km/h, zooals men in Duitschland op de nieuwe rijksautobanen wil gaan toelaten, is natuurlijk nog niet te zeggen. Daar behoeven wij ons voorloopig ook geen bijzondere zorg over te maken. Vermoedelijk zal men dit daarginds wel tijdig onderzoeken.

Door Sommer is een machine geconstrueerd om bij banden, waarvan het oorspronkelijke loopvlak glad afgesleten is, nieuwe



Afgesleten Good-Year band. Priokweg.

F

I

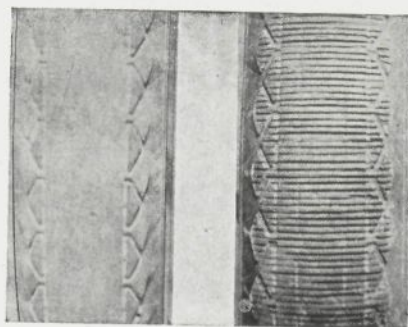


Fig. 8

1864

1864

dwarsgroeven in te snijden. Zulk een machine was op de laatste R. A. I. Tentoonstelling te Amsterdam te zien. Het oordeel der deskundigen over de waarde van die groeven was verdeeld. Er werd n.l. gevreesd, dat zij zijwaarts geen voldoende greep op den weg zouden geven.

Deze bedenking was hier ook reeds gerezen, en er is nog getracht den wrijvingscoëfficiënt bij zijdelings wegslijpen te bepalen door een auto in een cirkel te laten rijden en dan na te gaan bij welke snelheid in een bepaalden cirkel slip gaat optreden.

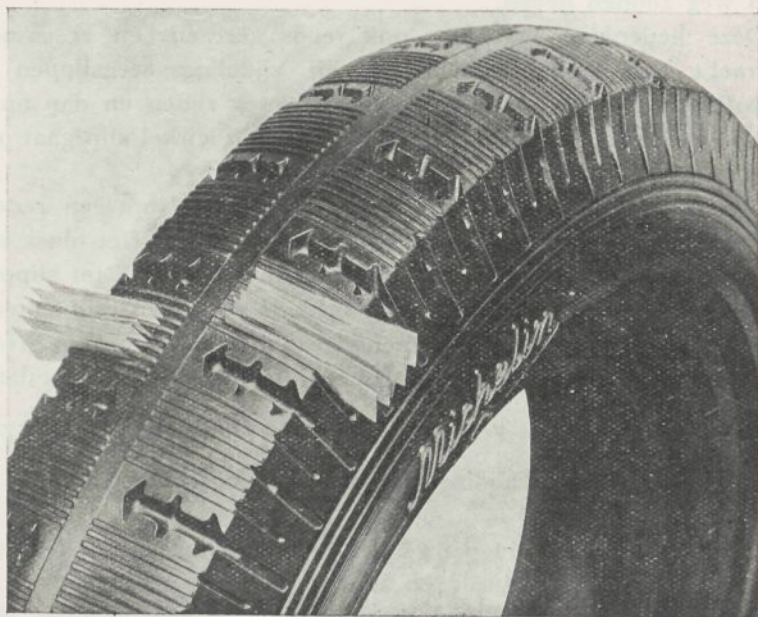
Deze poging is intusschen niet geslaagd en wel om een reden, die wellicht eenige bevreemding zal verwekken. Het bleek n.l. niet goed mogelijk een auto, rijdende in een cirkel, tot slippen te brengen. Voordat slippen intrad, helde de carrosserie zooveel over naar buiten, dat het binnenwiel zijn houvast op den grond verloor en door de werking van het differentieel ging doorslaan.

In een geval als dit verliest de formule $i + f = \frac{V^2}{gR}$ blijkbaar zijn beteekenis voor de afleiding van den wrijvingscoëfficiënt.

Schäfer zelf geeft in het geheel geen wrijvingscijfers. Hij zegt alleen, dat uit veel rijproeven zonder twijfel is gebleken, dat de zijdelingsche weerstand van de dwarsgroeven zeer groot is. Een autobestuurder had hem op banden met dwarsgroeven bochten voorgereden, die verbazingwekkend waren en naar zijn eigen uitspraak met ongegroeefde banden ten eenen male onmogelijk zouden zijn geweest. Naar wat ik zooeven van onze eigen proeven heb gezegd, klinkt het laatste weinig overtuigend. Het rijden in kleine cirkels heeft al gauw een groot moreel effect. Vooral het overhangen en zwaaien van de carrosserie op het chassis geeft een indruk van groote snelheid, terwijl gevaar van slippen nog niet aanwezig is.

Ten aanzien van het gevaar voor zijdelings slippen heeft dus het onderhavige sliponderzoek geen nadere gegevens gebracht

omtrent de opvatting van Schäfer, dat praktisch dit gevaar meestal eerst gaat ontstaan als de wielen geblokkeerd zijn; verdere proeven zullen t.a.v. dit punt moeten worden afgewacht.



Er rijst nu nog de vraag of deze nieuwere inzichten ten aanzien van de waarde der loopvlakprofielen voor de slipvrijheid daarvan, ook in de praktijk der bandenfabricatie in toepassing zijn gebracht. In dat opzicht kan in den allerlaatsten tijd een neiging worden opgemerkt om de vroeger veelvuldig toegepaste langsgroeven te vermijden en hoe langer hoe meer dwarsgroeven in het loopvlak aan te brengen. De nieuwste modellen van de Avon-banden wijzen reeds in deze richting, maar in de nieuwe Super-comfort-banden van Michelin is het idee van de dwarsgroeven in het loopvlak consequent doorgevoerd. Op de foto van

dezen band wordt dit duidelijk gemaakt, door de strookjes papier, die de diepte en de breedte van de afzonderlijke rubberlamellen aangeven. Om de slijtage gering te houden, is zooveel mogelijk rubber in het loopvlak gebracht, maar deze rubber is opgelost in smalle strooken en dit is geschied met de vooropgezette bedoeling om een borstelende werking op den bodem te verkrijgen, zooals die door Schäfer is beschreven. Er was geen gelegenheid ook deze nieuwe Michelin-profielen aan onze wrijvingsproeven te onderwerpen, daar dit type nog niet regelmatig in den handel voorradig is; zodoende kon proefondervindelijk niet worden nagegaan in hoeverre met de toegepaste lamelleering het beoogde doel ook bereikt is.

Het zwakke punt van al die loopvlakprofileeringen is uiteraard, dat ze ten slotte opgesleten raken en nu kan het welbegrepen eigenbelang en zelfs een goede economie wel eischen, dat ze worden vervangen, voordat ze glad geworden zijn, maar men kan zich moeilijk voorstellen dat het gebruik van opgesleten banden binnenkort van overheidswege bepaald verboden wordt. Het is echter wel denkbaar, dat op den duur weer zal worden geëischt, dat althans twee der banden goede anti-slip eigenschappen moeten hebben.

Het is waarschijnlijk, dat met de profielen van Coenning en Sommer en de nieuwe Michelinband het laatste woord in deze kwestie nog niet gezegd is. De voorloopige resultaten zijn echter wel van dien aard, dat een verdere ontwikkeling van het idee van Sommer met vertrouwen mag worden afgewacht.

Als we hiermede dus van de bandenkwestie kunnen afstappen, blijft als laatste punt, dat heden bespreking vereischt, over de vraag in hoever door een wijziging in de gebruikelijke constructie van het wegdek een verhooging van de stroefheid is te bereiken. Men is het er tegenwoordig vrijwel over eens, dat het slipgevaar op natte bitumineuze wegen voornamelijk samenhangt met de soort van de gebruikte bitumen en met de hoeveelheid bitumen,

die aan de oppervlakte komt. Zooals bekend, worden zoowel asphalt als teer tot de bitumina gerekend en nu schijnt het een feit te zijn, dat teer de gladheid van asphalt geheel mist. Daarom neemt men tegenwoordig dikwijls weer zijn toevlucht tot het gebruik van teer als de eisch van stroefheid van overwegend belang geacht wordt. Vooral in Frankrijk zijn in de laatste jaren uitgebreide praktijkproeven gehouden met oppervlakte behandeling door middel van teer, dat te voren van een kalksteen- of koolstoffiller was voorzien. Het is op deze wijze gelukt zeer goede oppervlakken te verkrijgen, die ook bijzonder stroef waren.

In Engeland en Nederland vindt teer meermalen toepassing voor het stroef maken van bestaande gladde asphaltwegen. Een nadeel van deze werkwijze is, dat zij vrij kostbaar is, niet in aanleg maar in onderhoud. Zij is dus alleen te betalen voor enkele niet te lange wegstrekkingen die in bijzondere omstandigheden verkeerden, bijvoorbeeld hellende weggedeelten, gevaarlijke bochten, e.d. Bij wijze van proef is ook hier te lande op enkele bekend gladde weggedeelten een teerlaag aangebracht en met voorloopig succes. Definitieve resultaten zullen uiteraard nog moeten blijken.

Heeft men echter niet met teer, maar met asphalt te maken, dus met een bitumen, dat wel neiging heeft om glad te worden, dan is wel aangetoond, dat de gladste wegen die zijn, die een overmaat bitumen aan de oppervlakte hebben, dus de z.g. „vette” asphaltwegen en verder dat de wegen stroever zijn, naarmate er meer steenmateriaal in het wegdek aan den dag komt. In het algemeen zal het streven er dus op gericht moeten zijn, de waterdichtheid van den weg te verkrijgen door het gebruik van zoo min mogelijk asphaltbitumen aan de oppervlakte.

De eenvoudigste manier om een overmaat bitumen in het wegdek te ontgaan is het gebruik van een asphaltsoort met een laag bitumengehalte, een asphalt dus, waarin naast het bitumen een minerale filler voorkomt. Dit is met natuurasphalt in den regel reeds vanzelf het geval, maar men kan ook kunstmatige mengsels maken van petroleumasphalt en een filler. De met deze materialen

verkregen wegdekken lijken in vele opzichten op de enkele jaren geleden zooveel vervaardigde slijtlagen van asphaltmortel of zooals ze toen nog heetten: sheetasphalt. De hoeveelheid bitumen kan bij deze constructies met juistheid worden afgemeten tegenover de hoeveelheid inerte anorganische stoffen. De wegen worden daardoor iets stroeвер dan bij oppervlakte behandeling met zuiver petroleumasphalt. Dat zij toch dikwijls den naam hebben van buitengewoon glad te zijn, is waarschijnlijk te wijten aan de groote snelheden, die men erop kan bereiken, waardoor botsingen bij verkeerde manoeuvres dus wat harder aankomen.

De meest aanbevolen wijze om een stroef asphalt oppervlak te krijgen of een bestaand glad wegdek in dit opzicht te verbeteren, is het opbrengen van het asphalt in een dunne huid en het afdekken daarvan met grof split, dat in het belang van het verkeer meestal licht wordt ingewalst.

In Europa is deze werkwijze veelal met succes toegepast. Hier te lande heeft de methode echter tot dusver weinig resultaat gehad. Het verschil is waarschijnlijk te wijten aan het feit, dat men in Europa gewend is, dergelijke afdekkingen jaarlijks of om het andere jaar te vernieuwen, in elk geval zoo tijdig, dat het split nog niet ten volle is vergruisd, waardoor de speciale verschraling van het wegdek nooit geheel verloren gaat. Bij onze beperkte geldmiddelen moet zoo'n asphalthuid hier echter een zeker aantal jaren mee en in dien tijd wordt het afdek materiaal langzamerhand vergruisd en gedeeltelijk door de asphalt opgenomen, terwijl een ander deel verloren gaat, zoodat na eenigen tijd de oppervlakte even glad wordt als bij gebruik van minder grove afdekmaterialen.

Meer succes is verkregen met behulp van emulsies en cutbacks. Deze preparaten zijn bij gewone temperatuur meestal reeds vloeibaar, dus zonder voorverwarming voor het gebruik gereed. Het is duidelijk, dat toepassing daarvan een spaarzaam bitumen gebruik — in vergelijking tot de hoeveelheid afdek materiaal — in de hand werkt.

Oppervlakte behandelingen met emulsie of cutback, afgedekt met split, geven dan ook duidelijk stroever wegdekken dan de gewone werkwijze met gebruik van warm asphalt.

Stroeve slijtlagen van meer permanenten aard zijn te maken met behulp van z.g. omhuld split of steenslag. Hierbij wordt het steenmateriaal van te voren gemengd met een hoeveelheid asphalt, dat juist voldoende is om de steenen te vertinnen. Daarna wordt het in een of meer lagen op den weg ingewalst.

Een overeenkomstig resultaat is te bereiken met de gewone penetratie methode door ook daarbij geen „warm” asphalt, maar emulsie of cutback te gebruiken.

Wanneer warm asphalt wordt uitgegoten op koude steenen, heeft dit uiteraard temperatuurverlies ten gevolge en daarmee een ontijdig begin van stolling van het bindmiddel, hetgeen meestal leidt tot gebruik van overmaat asphalt. Bij penetratielagen van emulsie of cutback moet men soms juist oppassen voor een tekort aan bitumen, hetgeen dan voorkomen zal moeten worden door van



$$f = 0.33$$



$$f = 0.65$$

Wrijvingscoëfficiënten gemeten met
gladde banden op natten weg.

Fig. 9

te voren stevig te walsen en verder door het kiezen van een asfaltpreparaat van de juiste consistentie.

Als een verdere ontwikkeling van hetzelfde beginsel — gebruik van een minimum bitumen aan de oppervlakte — wordt tegenwoordig ook getracht het bindmiddel zooveel mogelijk te beperken tot de voegen tusschen de steenen van de wegverharding, waardoor het steenmateriaal van den weg zelf zooveel mogelijk in het gezicht gelaten wordt.

De ondervinding met dit soort wegverhardingen is nog gering, maar voor zoover de ervaring reikt, schijnt het wel, dat op deze wijze zonder hooge kosten zeer goede resultaten zijn te behalen.

De werkwijze is dan, dat de weg na het schoonmaken eerst behandeld wordt met een langzaam drogende cutback, een z.g. „primer”, waardoor een zekere indringing van asphaltbitumen in den weg ontstaat. Eenigen tijd na deze voorbehandeling krijgt de weg een tweede laag met een willekeurige warm of koud opgebrachte asphalt, waarbij er voornamelijk op te letten is, dat de juiste hoeveelheid bitumen ($1 \text{ à } 1.5 \text{ kg/m}^2$) wordt toegevoegd. Voor afdekking wordt bij voorkeur scherp zand of zeer fijn split gebruikt. Het afdek materiaal moet fijn zijn om te bereiken, dat het zich zooveel mogelijk ophoopt in de voegen van de verharding en dus om te voorkomen, dat er zich een asphalthuid gaat vormen boven op de koppen van de steenen. Er moet hieraan worden toegevoegd, dat een zorgvuldige uitvoering, zoowel wat het walswerk betreft, als van de asphalteering noodig is om een behoorlijk resultaat te boeken.

Om nu ten slotte een indruk te geven van de uitkomsten, die met de genoemde werkwijzen zijn verkregen, volgen hier nog enkele wrijvingscijfers, die op de verschillende verhardingstypen betrekking hebben. Ook deze metingen zijn weer verricht door de Wegenvereniging op wegen in West-Java en in de Gemeente Batavia.

Schijnbare wrijvingscoëfficiënten op verschillende wegconstructies bij een snelheid van 35 km/h en bij gebruik van gladafgesleten luchtbanden.

Constructie van het wegdek	toestand van het wegdek	
	droog	nat
Vet asfaltoppervlak (zwaar geflikt met petroleumasphalt).	0.64	0.24
Normale oppervlakte-asphalteering	0.66	0.31
Asphalt mortel	0.69	0.35
Oppervlakte asphalteering van natuur-asphalt (met filler) afgedekt met zand	0.66	0.44
Grof asphaltbeton	0.69	0.47
Oppervlakte asphalteering van emulsie, afgedekt met split	0.63	0.48
Dunne oppervlakte asphalteering (voorbehandeld met een primer) afgedekt met zand	0.69	0.63
Ingewalst omhuld split	0.65	0.64

Uit deze cijfers blijkt, dat bij gebruik van gladde banden de wrijvingscoëfficiënten van verschillende asfaltoppervlakken in drogen toestand weinig verschillen en in het algemeen op 0.65 — 0.70 kunnen worden gesteld. In natten toestand zijn de verschillen echter aanmerkelijk. De wrijvingscoëfficiënten blijken zooals verwacht werd, hooger, naarmate de oppervlakte minder asphalt-bitumen en meer steenmateriaal bevat en naarmate dit steenmateriaal zelf grover van afmeting is.

Moeten we de wegen indeelen in gladde en stroeve oppervlakken, dan moeten alle onderzochte gewone oppervlakte asphalteeringen met petroleumasphalt alsook slijtlagen van asphaltmortel glad genoemd worden.

Oppervlakte asphalteeringen van natuurasphalt (met een filler) en van emulsie alsmede grof asphaltbeton staan met een wrijvingscoëffi-

ciënt van omstreeks 0.45 op de grens tusschen glad en stroef. Of een auto op zoo'n weg zal slippen, hangt af van den toestand van de remmen en van de bekwaamheid van den chauffeur.

De wegen evenwel, waar veel steenmateriaal in het oppervlak aanwezig is, hebben in natten toestand wrijvingscoëfficiënten, die praktisch niet verschillen van de cijfers die bij droge wegen gevonden zijn. Ze zijn daarom onder alle weersomstandigheden te vertrouwen en de kans op zijdelings wegslijpen mag vrijwel uitgesloten worden geacht.

Of dergelijke oppervlakken op den duur hun goede eigenschappen zullen kunnen behouden, zal uiteraard voornamelijk afhankelijk zijn van de wijze van onderhoud.

Wanneer men zich daarbij bepaalt tot gewoon flikwerk met asphalt en wat zand, dan zal langzamerhand weer een overmaat bitumen in het oppervlak ontstaan en de stroefheid na eenigen tijd volkomen verloren blijken te zijn gegaan. De oplossing zal waarschijnlijk gezocht moeten worden in het gebruik van omhuld split voor het opvullen van gaten en oneffenheden en in het algemeen weer in het gebruik van niet meer asphaltbitumen dan voor de waterdichtheid van den weg en het samenkiten van het steenmateriaal noodig is.

Ik ben hiermede aan het eind van mijn mededeeling gekomen. Ik hoop erin geslaagd te zijn U een indruk te geven van den huidige stand van het vraagstuk van het slipgevaar en zijn bestrijding. Opgelost mag dit vraagstuk nog niet heeten, maar vorderingen worden op dit gebied zeker gemaakt. De door het N.I.W.V.-bureau ontwikkelde meetmethode maakt het ons mogelijk omtrent de wrijving tusschen band en wegdek tot concrete, praktisch bruikbare cijfers te komen. Dit is een resultaat, waarvoor ik hier gaarne van mijn waardeering getuig. En aan de hand van deze cijfers kan geconstateerd worden, dat zoowel in de non-slipping der banden als in de stroefheid der wegoppervlakken verbeteringen bereikt worden, die reden geven tot optimisme. Overigens

zal dit vraagstuk, zooals U bekend zal zijn, mede een punt van bespreking vormen op het wegencongres dat in dit jaar te München zal worden gehouden. Het is dus zeer waarschijnlijk, dat na afloop van het congres een en ander aan onze wijze van beschouwing zal moeten worden herzien. Zulks is zelfs te hopen, want dat zal een teeken zijn, dat het congres in dit opzicht zijn doel niet zal hebben gemist en dat wij mogen verwachten binnen afzienbaren tijd te kunnen beschikken over een net van goede, maar vooral ook van veilige wegen.

n be-
chen
loop
wing
t zal
t zal
aren
oral

BIJLAGE

INTRODUCTION

BEPALING VAN DE STROEFHEID VAN WEGOPPERVLAKKEN.

Voor de stroefheid van wegoppervlakken is als maatgevend aangenomen de schijnbare coëfficiënt van glijdende wrijving in beweging, tusschen autobanden en wegoppervlak. Hiertoe hebben de volgende overwegingen geleid.

- 1e. Ten einde resultaten te verkrijgen, die in de praktijk voor het beoordeelen der stroefheid van wegoppervlakken van waarde zijn, is het wenschelijk *aan deze praktijk ontleende* cijfers te vinden. Tijdens het rijden en remmen van een auto zullen de banden daarvan t.o.v. den weg menigvuldige kleinere en grootere bewegingen maken, zal de druk tusschen band en wegoppervlak varieeren, wordt tegelijkertijd door het voertuig luchtweerstand ondervonden, enz. Met al deze omstandigheden kan geen rekening worden gehouden, indien ter beoordeeling van deze stroefheid genomen wordt de in het laboratorium bepaalde wrijvingscoëfficiënt tusschen rubber en verhardingsmateriaal. Als punt van uitgang is dus door het N.I.W.V.-bureau aangenomen, dat de wrijvingscoëfficiënt bepaald zou moeten worden, zooals en voor zoover deze in een op een werkelijken weg rijdenden auto wordt ondervonden en tot het ontwikkelen van remvermogen kan worden benut.
- 2e. Vervolgens is aangenomen, dat bij den huidigen stand der techniek van weg en motorvoertuig als maatgevend moet worden genomen de coëfficiënt van (glijdende) wrijving bij beweging der wrijvingsoppervlakken. Wel is waar behooren bij juist en oordeelkundig remmen de wielen van een auto niet geblokkeerd te worden, zoodat het wiel dan onder het

remmen zuiver over den weg rolt; dan werkt de wrijving in rust, die hooger is dan de wrijving bij beweging, zoodat op deze wijze de kortste remweg verkregen wordt.

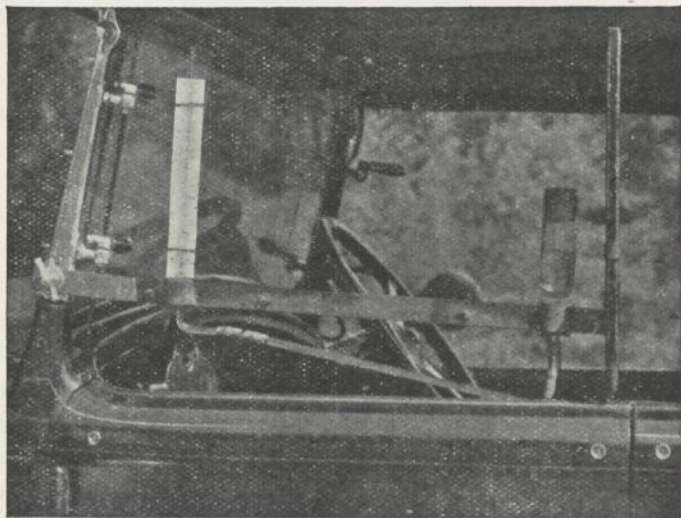
Zoolang echter het remsysteem van een auto het mogelijk maakt, dat de bestuurder de wielen *kan* blokkeeren (b.v. bij plotseling opkomende noodzaak tot krachtig remmen), is het niet veilig om met de (grootere) wrijving in rust te rekenen, omdat juist in dergelijke spoedgevallen het op de stroefheid van het wegoppervlak aan komt en men dan slechts *zeker* is ten minste de wrijving in beweging (met geblokkeerde wielen) voor het ontwikkelen der remkracht te zullen ondervinden. De grootere wrijving, dus schijnbare meerdere stroefheid, die bij geheel oordeelkundig gebruik der remmen *kan* worden ondervonden, wordt op deze wijze als extra zekerheids-marge beschouwd.

De praktische uitvoering der meting is nu als volgt. Met een normalen auto wordt met eenparige snelheid over den te onderzoeken weg gereden. Op de gewenschte plaats gekomen wordt dan de motor uitgeschakeld en zóó sterk geremd, dat de wielen van den auto geblokkeerd worden. Door het slepen der geblokkeerde wielen over het wegoppervlak wordt de auto geremd, dus de beweging vertraagd. Deze vertraging wordt in den auto met behulp van een vertragingmeter gemeten en uit deze vertraging wordt daarna de door de geblokkeerde wielen ondervonden wrijvingskracht en zoo de wrijvingscoëfficiënt berekend.

De meetwagen is een normale open 5-zits Ford-auto (model 1931). De daarin aanwezige snelheidsmeter werd voor de proeven geijkt. De vertragingmeter bestaat uit een U-vormige, ter halve hoogte met vloeistof *) gevulde glazen buis, die onwrikbaar aan de carosserie is bevestigd; het vlak der buis is evenwijdig aan de lengte-as van het voertuig met de beenen van de U in lood-rechten stand. E.e.a. is op nevenstaande afbeelding aangegeven.

*) als vloeistof werd een mengsel van water en glycerine gebezigd.

Vertragingsmeter



Bij het remmen van den auto stijgt de vloeistof in het voorste U-been en daalt in het achterste. Ten einde den meter slechts op één punt af te kunnen lezen en nochtans een zoo groot mogelijke aanwijzing te verkrijgen, is de doorsnede van het achterste U-been vergroot (vóór 6 mm — achter 30 mm).

Uit den stand der beide vloeistof-spiegels gedurende het remmen is onmiddellijk de vertraging te berekenen. Deze vloeistofspiegels geven n. l. aan het resulterend versnellings-potentiaalvlak, dat onder de gezamenlijke werking van zwaartekracht en remkracht ontstaat, als in fig. 1 aangegeven. (Men dient daarbij te bedenken, dat *het voertuig* een remkracht in achterwaartsche richting ondervindt; de vloeistof in de U-buis, die in een eenparige beweging was, ondervindt daardoor t.o.v. de U-buis een kracht in voorwaartschen zin). De verhouding der remvertraging a tot de versnelling van de zwaartekracht g is dus aanstonds bekend.

Op deze principieel zeer eenvoudige afleiding moeten verschillende correcties worden toegepast.

Bewegingsrichting van den auto van links naar rechts.

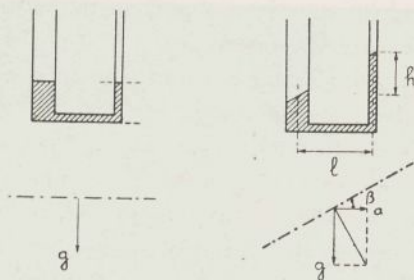


Fig. 1

1. De weg kan ter plaatse een (langs)helling vertoonen. Hierdoor worden ten eerste de beenen der U-buis uit den normalen loodrechten stand gebracht. Ten tweede wordt helling-op een grootere en helling-af een kleinere vertraging ondervonden dan bij horizontalen weg door de remkracht alleen zou zijn veroorzaakt.
2. Doordat de remkracht in het vlak van den weg op het voertuig aangrijpt (dus beneden het zwaartepunt van voertuig met passagiers) ontstaat bij het remmen een moment, 't welk tracht het voertuig voorover te kippen. Door de samendrukbaarheid van banden en veeren zal dit vooroverkippen ook een weinig plaats vinden, totdat door extra belasting der vooras en ontlasting der achteras het zoo gevormde moment met 't eerstgenoemde evenwicht maakt. Ten eerste worden ook hierdoor de beenen der U-buis uit den normalen loodrechten stand gebracht en ten tweede wordt de druk der voorwielen op den weg grooter en die der achterwielen (evenveel) kleiner.
3. Wegens praktische redenen worden bij het uitvoeren der meting alleen de achterwielen van den meetauto geremd. Het is n.l. bij den normalen auto bezwaarlijk de voor- en achterwielen met zekerheid gelijktijdig te blokkeeren. Bovendien zou daardoor de wagen geheel stuurloos worden, het-

geen bij het uitvoeren der proeven met hooge snelheden (praktisch werd bij de proeven de rijsnelheid opgevoerd tot 60 km/h) gevaar zou opleveren.

Bij het remmen op de achterwielen alleen dient echter rekening te worden gehouden met de voren onder 2 genoemde ontlasting der achterwielen, waardoor de remkracht vermindert.

4. Zoals reeds vermeld zijn de beide beenen der U-buis niet van gelijken diameter; het voorste been, waarin de vloeistof stijgt en waaraan de vloeistofspiegel wordt afgelezen, meet inwendig 6 mm, het achterste been 30 mm. Al is door deze constructie de beweging der vloeistofspiegels wel grootendeels geconcentreerd in de voorste buis, toch heeft in de achterste een kleine daling ($1/25$ van de stijging in de voorste buis) plaats. Deze daling moet mede in rekening worden gebracht bij het bepalen van het hoogte-verschil der beide vloeistofspiegels.

5. Ten slotte dient de kwestie van den luchtweerstand nader te worden beschouwd. Bij windstilte zal onder het rijden een luchtdruk worden ondervonden, welke evenwijdig met en tegengesteld aan de voortbewegingsrichting mag worden aangenomen. Deze luchtweerstand werkt als remmende kracht mede. Daar bovendien het aangrijpingspunt van deze kracht gelegen is boven het vlak van den weg oefent de luchtweerstand op den auto een achterover-kippend moment uit, waardoor de druk der achterwielen vergroot en die der voorwielen verkleind wordt. Gedurende het remmen neemt voorts de grootte van den luchtweerstand af met het kwadraat van de rijsnelheid.

Nagegaan is, welken invloed het wegvallen van dezen luchtweerstand op de, volgens de hier beschreven meetwijze bepaalde, wrijvingscoëfficiënten heeft. Het bleek, dat de in zoo'n geval te vinden werkelijke wrijvingscoëfficiënt bij rijsnelheden van resp. 20 en 60 km/h een bedrag van ca. 0,02 resp. 0,11 lager zou komen te liggen.

Waar, zooals in den aanvang uiteengezet, echter v.n. gezocht is naar den *schijnbaren* wrijvingscoëfficiënt, zooals die in de praktijk op den weg wordt ondervonden, heeft het geen zin de normale gevolgen der praktische rijsnelheid uit het eindresultaat te elimineeren. Bij de verrichte onderzoekingen is het vorengenoemd „luchtweerstand-aandeel” in den wrijvingscoëfficiënt dan ook niet in mindering gebracht. Wel dient echter met de volgende omstandigheid te worden rekening gehouden.

Bij de uitvoering der proeven werd de remwerking verkregen door blokkeeren der achterwielen; bij het normale motorverkeer wordt tegenwoordig evenwel gebruik gemaakt van vierwielremmen. In dit geval werkt de luchtweerstand uitsluitend als vertragende kracht; het door dien weerstand tweegebrachte kip-moment heeft dan geen invloed op de grootte van de door de vier wielen tezamen op het wegoppervlak uitgeoefende normaalkracht. De luchtweerstand heeft dus bij toepassing van vierwielremmen minder invloed op de mogelijk te bereiken remvertraging, m.a.w. de met 4-wielremmen te meten *schijnbare* wrijvingscoëfficiënt (waarin die luchtweerstand is verdisconteerd en die als maatgevend is te beschouwen) zal iets lager liggen dan de bij de onderhavige proeven met achterwielremmen bepaalde.

Opgemerkt wordt, dat deze gemeten wrijvingscoëfficiënten waarden zijn, die als gemiddelden over den geheelen remweg gelden bij onderscheiden aanvangssnelheden. De invloed van den luchtweerstand moet dus eveneens worden bepaald naar zijn gemiddelde waarde over den geheelen remweg. Als resultaat is verkregen, dat de bovengenoemde schijnbare wrijvingscoëfficiënt bij toepassing van 4-wielremmen, wanneer vanuit een rijsnelheid van 30 resp. 60 km/h wordt afgeremd tot een eindsnelheid van 10 km/h (zooals bij de metingen geschiedde), rond 0,01 resp. 0,02 lager zal liggen dan de bij de proeven gevonden wrijvingscoëfficiënt. Dit verschil is dus praktisch niet van veel beteekenis.

De reeds eerder genoemde, grootere verschillen tusschen de werkelijke en de te meten schijnbare wrijvingscoëfficiënten bij hogere rijsnelheden (0,02-0,11) zijn dan ook alleen in zooverre van belang, dat zij een indruk geven, welken invloed sterke wind, mee of tegen de rijrichting in, op het remresultaat heeft. Bovendien geven zij eenig denkbeeld omtrent de vermindering in remwerking, welke kan ontstaan, indien door verbetering van den stroomlijnvorm der auto's de luchtweerstand daarvan verlaagd wordt.

Berekening.

Voor de wiskundige uitwerking van e.e.a. mogen de volgende benamingen worden ingevoerd.

f = de schijnbare wrijvingscoëfficiënt tusschen wielband en wegoppervlak.

a = de remvertraging van den auto in m/sec².

g = de versnelling van de zwaartekracht in m/sec².

G = het totale gewicht van auto en passagiers in kg.

N = de som der beide achterwieldrukken t.g.v. het gewicht van auto en passagiers.

α = de hoek der langshelling van den weg (positief bij het helling-af rijden).

β = de vertragingshoek (de hoek tusschen het horizontale vlak en het resulterend versnellingspotentiaalvlak, t.g.v. de gezamenlijke werking van zwaartekracht en remkracht)

γ = de kiphoek (de hoek, waarover de auto t.g.v. het remmen voorover kipt).

L = de asafstand van den auto in m.

H = de hoogte van het zwaartepunt van den auto met passagiers boven den weg in m.

X = de afstand van het zwaartepunt van den auto met passagiers tot het vlak, loodrecht door de vooras van den auto in m.

l = de afstand tusschen de beide U-beenen van den ver-
tragsmeter in cm.

d_1 = de inwendige diameter van het wijde U-been in cm.

d_2 = de inwendige diameter van het nauwe U-been in cm.

h = de waar te nemen stijging van den vloeistofspiegel in
het nauwe been van de U-buis in cm.

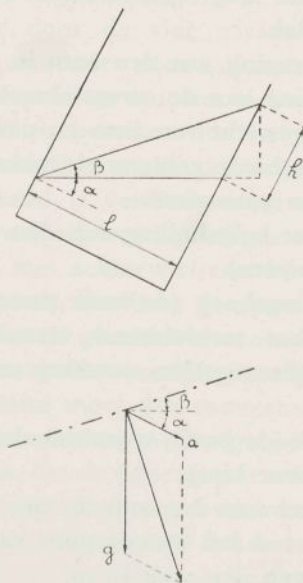
Zonder eenige nadere correctie zou gesteld mogen worden dat :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{l} = \frac{a}{g} \quad (\text{zie fig. 1})$$

Door de langshelling van den weg verandert deze vergelijking in:

$$\frac{\frac{h \cos \alpha}{\frac{l}{\cos \alpha} + h \sin \alpha}}{=} = \frac{a \cos \alpha}{g + a \sin \alpha} \quad (\text{zie fig. 2})$$

Fig. 2



Tengevolge van het voorover kippen van den auto (met den
vertragsmeter) krijgt deze echter niet een helling α maar $\alpha + \gamma$,
hetgeen bovenstaanden vorm als volgt wijzigt :

$$\frac{\frac{h \cos (a + \gamma)}{l}}{\frac{l}{\cos (a + \gamma)} + h \sin (a + \gamma)} = \frac{a \cos a}{g + a \sin a}$$

hetgeen na herleiding geeft:

$$h = \frac{a l \cos a}{\cos^2 (a + \gamma) \{ g + a \sin a - a \cos a \operatorname{tg} (a + \gamma) \}}$$

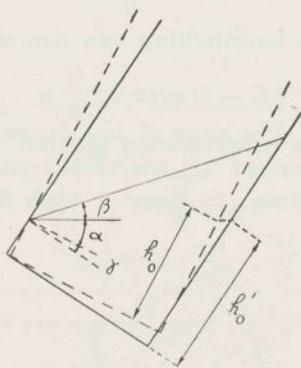
Daar echter niet alleen de vloeistofspiegel in het meet-been van de U-buis stijgt, maar in het wijde been ook een weinig daalt, wordt voor h een te kleine waarde afgelezen en zou deze met $\frac{d_1^2 + d_2^2}{d_1^2}$ moeten worden vermenigvuldigd, alzoo

$$h = \frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2} \times \frac{a l \cos a}{\cos^2 (a + \gamma) \{ g + a \sin a - a \cos a \operatorname{tg} (a + \gamma) \}}$$

Ten slotte dient deze waarde van h nog verminderd te worden, omdat men door het voorover kippen van den auto den vertragsmeter in een te schuinen stand afleest. Deze vermindering bedraagt

$$\frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2} l \{ \operatorname{tg} (a + \gamma) - \operatorname{tg} a \} \quad (\text{zie } h_0^1 - h_0 \text{ in fig. 3})$$

Fig. 3



zoodat men ten slotte heeft:

$$h = l \frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2} \times \left[\frac{a \cos a}{\cos^2 (a + \gamma) \{ g + a \sin a - a \cos a \operatorname{tg} (a + \gamma) \}} + \operatorname{tg} (a + \gamma) - \operatorname{tg} \gamma \right] \quad (\text{I})$$

Indien thans slechts de kiphoeck γ bekend is, kan voor verschillende waarden van de vertraging a de op den vertragsmeter af te lezen hoogte h worden berekend. Het vooroverkippen van den auto wordt veroorzaakt door het daarop t.g.v. de remvertraging uitgeoefende moment. Zulk een kippen is (binnen redelijke grenzen met 't oog op de veerwerking) recht evenredig met de grootte van het kipmoment en dus met de vertraging a .

Onderzoek aan den meetwagen wees uit, dat per kgm kipmoment men verkreeg $\text{tg } \gamma = 0,000049$ (hetgeen bij zulke kleine hoeken ook voor den hoek zelf kan worden aangehouden). Per m/sec^2 vertraging is dus :

$$\text{tg } \gamma = \frac{G}{g} \times H \times 0,000049 = 0,0041$$

* * *

Als wij thans de aanraking van den auto op den weg beschouwen, dan kan, zonder eenige correctie, bij het remmen gesteld worden, dat :

$$fG = \frac{G}{g} a$$

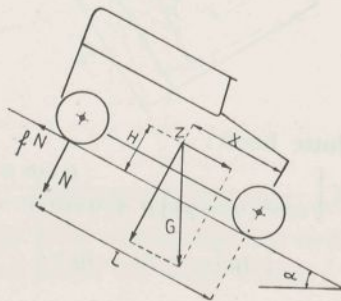
Met correctie voor de langshelling van den weg wordt dit :

$$fG - G \sin \alpha = \frac{G}{g} a$$

En daar uitsluitend de achterwielen geremd worden :

$$fN - G \sin \alpha = \frac{G}{g} a \quad (\text{zie fig. 4})$$

Fig. 4



of ten slotte bij het in acht nemen van het ontlasten van de achteras door het voorover kippen van den auto :

$$f \left\{ \frac{X}{L} G \cos \alpha - \frac{H}{L} \left(G \sin \alpha + \frac{G}{g} a \right) \right\} - G \sin \alpha = \frac{G}{g} a$$

waaruit volgt :

$$^1) f = \frac{L \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} \right)}{X \cos \alpha - H \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} \right)} \quad (II)$$

De formules (I) en (II) geven het gezochte verband tusschen : h , a en f . Op grond van deze formules werd achterstaande werkgrafiek vervaardigd onder in acht nemen van de verschillende maten en gewichten van den gebruikten meetauto. Deze bedroegen :

$$G = 1173 \text{ kg}$$

$$L = 2,63 \text{ m}$$

$$H = 0,69 \text{ m}$$

$$X = 1,35 \text{ m}$$

$$l = 39,5 \text{ cm}$$

$$d_1 = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0,6 \text{ cm}$$

¹⁾ Indien de luchtweerstand in mindering wordt gebracht en zoo de werkelijke wrijvingscoëfficiënt (f_w) bepaald wordt (zie bij corr. 5 op blz. 5), wordt deze formule :

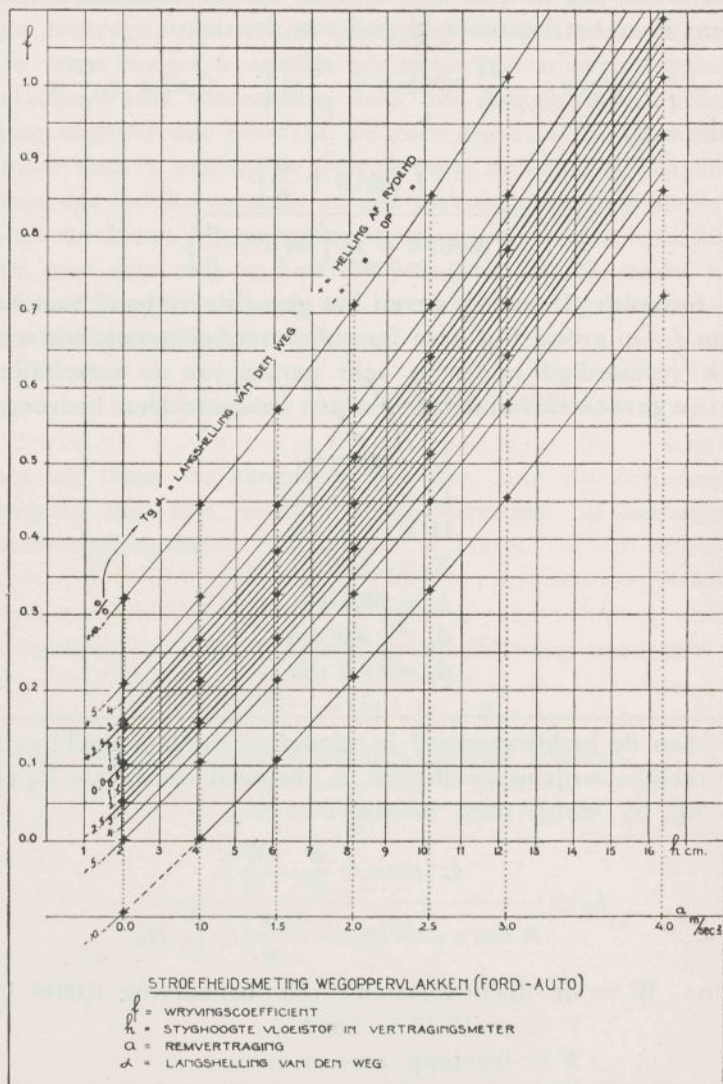
$$f_w = \frac{L \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} - \frac{W}{G} \right)}{X \cos \alpha - H \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} \right) + \frac{W}{G} H_w}$$

waarin : W = de luchtweerstand (bij benadering $0,0049 V^2 F$)

V = snelheid in km/h ;

F = frontopp. auto in m^2 ;

H_w = hoogte van de resulterende luchtweerstand boven het wegoppervlak in m.



Behalve H en X konden bovenstaande grootheden onmiddellijk worden gewogen dan wel gemeten. De grootte van H en X werd bepaald door van den meetauto de achterwioldrukken eerst in horizontalen stand van den auto te wegen en daarna bij verschillend schuinen stand door het opvijzelen der voorwielen. Vooral indien de voorwielen aanmerkelijk worden opgelicht kunnen dan betrouwbare waarden verkregen worden. De aangenomen cijfers zijn gemiddelden uit 5 wegingen onder verschillend grooten hoek.

Wat betreft gebruik van den vertragsingsmeter moge nog worden medegedeeld, dat bij het kiezen van de vloeistof in de buis een compromis moet worden gevonden tusschen voldoende snel reageeren van het instrument eenerzijds en een voldoende demping der schommelingen anderzijds. Bij de verrichte onderzoeken werd gebezigd een mengsel van 3 glycerine en 1 water.

De met dit meetinstrument verkregen waarden boezemen vertrouwen in door de gelijkmatigheid der verkregen uitkomsten. Dat daarbij voor zoover mogelijk onder gelijk blijvende omstandigheden (luchtdruk der banden, gewicht van den meetauto, enz.) dient te worden gewerkt, spreekt van zelf.

Als voorbeeld van wat ten deze verwacht kan worden, zijn hieronder enkele der werkelijk afgelezen waarden gegeven.

Snelheid 35 km/h : aflezing	1	f = 0,33
	2	= 0,33
	3	= 0,35
	4	= 0,30
	5	= 0,32 ⁵
	6	= 0,30
Snelheid 35 km/h : aflezing	1	f = 0,77
	2	= 0,72
	3	= 0,78
	4	= 0,76
	5	= 0,78

Snelheid 30 km/h : aflezing				1*	f =	0,34 ⁵
				2*	=	0,35
35				1	=	0,35
				2	=	0,35
40				1	=	0,34
				2	=	0,32
45				1	=	0,31
				2	=	0,33
50				1	=	0,30
				2	=	0,30
55				1	=	0,30
				2	=	0,30
Snelheid 25 km/h : aflezing				1*	f =	0,66
				2*	=	0,61 ⁵
30				1	=	0,66
				2	=	0,61 ⁵
Beïnvloed door wind (blijkend uit ge- regeld optre- dend verschil tusschen meting bij heen- en te- rugrit)	35			1	=	0,66
				2	=	0,58
	40			1	=	0,59 ⁵
				2	=	0,58
	45			1	=	0,59 ⁵
				2	=	0,56 ⁵
	50			1	=	0,56 ⁵
				2	=	0,55
	55			1	=	0,54 ⁵
				2	=	0,51 ⁵

* meting bij heen- en terugrit.

5
5
5
5
4
2
1
3
0
0
0
0
6
1⁵
6
1⁵
6
8
9⁵
8
9⁵
6⁵
6⁵
5
4⁵
1⁵

