

IN NEDERLANDSCH-INDIË

Orgaan der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs,

Maandblad gewijd aan de Techniek en Wetenschap in Ned.-Indië,

waarin opgenomen

De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913

en

De Mijningenieur, opgericht in 1919

Tevens Orgaan van de Ned. Chemische Vereeniging in Ned.-Indië.

Commissie van Toezicht:

jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. W. Holleman,
ir. C. P. J. Suverkropp.

Commissie van Redactie:

Voorzitter: prof. ir. P. P. Bijlaard;
Leden: ir. G. Meesters, dr. ir. Tan Sin Hok,
ir. E. D. G. Frahm, ir. F. J. H. Davis.

Prijs per jaargang: f 20,—

Afzonderlijke nummers: f 2,—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Huygensweg 22, Bandoeng (Tel. Bd. 2102).

Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng (Tel. Bd. 2568).

Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum (Tel. Wl. 3015).

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Beschouwingen over explosies, door ir. P. L. E. Happé. — *Personalia*. — Koninklijk Instituut van Ingenieurs: Bestuursmededeelingen. — Verantwoording van door de Redactie ontvangen Spitfire-bijdragen.

Beschouwingen over explosies

door

ir. P. L. E. HAPPE.

Korte inhoud.

Voor de differentiaalvergelijkingen van de beweging van de expansiegolf met *eindige* amplitude wordt de oplossing gevonden. Daarna wordt het verloop van een explosie, vlak bij den haard, in beschouwing genomen. In tegenstelling tot de bestaande opvattingen — in de theorie der zeer kleine golven — komt steller tot het besluit, dat expansiegolven zich tijdens haar voortschrijden verkorten en dat ze vrijwel gelijkvormig blijven. Van verschillende, nog niet goed opgehelderde verschijnselen, welke zich bij explosies voordoen, wordt de natuurlijke verklaring gegeven, terwijl ten slotte ook nog de vernielkracht van explosies, zoowel in lucht als in water, aan een beschouwing wordt onderworpen.

Inleiding.

Inzake de verschijnselen, die zich bij een explosie voordoen is nog veel niet exact bekend, hetgeen niet te verwonderen is, wanneer men de groote snelheid waarmee deze reactie verloopt en de hooge, niet goed meetbare drukken welke daarmee gepaard gaan, in aanmerking neemt.

De groote snelheid waarmee de ontbrandingsreactie zich door een explosief voortplant — bij trotyl bijv. met een snelheid van 6700 m/sec — is, naar men zich voorstelt, het gevolg van een ontbrandings- of explosiegolf en is dus een verschijnsel van chemischen aard.

Aangezien deze detonatiesnelheden in het alge-

meen veel grooter zijn dan de snelheden, waarmee elastische expansiegolven zich door het explosief-medium voortplanten, zou hieruit dus moeten volgen, dat wanneer een bol explosief van het midden uit detoneert, de explosiegolf het boloppervlak eerder zal bereiken dan de elastische expansiegolf, zoodat op het moment dat de detonatie is afgeloopen, nog geen uitzetting heeft plaats kunnen hebben. Op dat moment zouden we dus, in plaats van een bol explosiefstof, een gasbol van dezelfde grootte hebben of m.a.w. dergelijk explosief ontbrandt dus steeds in zijn eigen volume.

In deze zich daarna uitzettende ruimte, welke men zich omsloten kan denken door een oneindig rekbaar

vlies, staat het gas onder zeer hoogen druk. Volgens globale berekeningen zou die druk van een orde van grootte van 20 à 40 000 atmosfeer zijn. Vele schrijvers zijn echter van meening, dat die druk aan het oppervlak van den juist ontstanen gasbol veel hooger moet zijn en eenige honderdduizenden tot een millioen atmosfeer bedraagt. Deze onwaarschijnlijk groote drukken zouden dan verklaard kunnen worden, door aan te nemen, dat van het bolmidden uit, alwaar de gassen immers het eerst tot expansie komen, een z.g. expansiegolf, des te krachtiger naarmate de detonatie sneller verloopt, zich naar buiten beweegt, waardoor dus, even nadat de detonatie is afgelopen, een drukgolf tegen ons gedachte vlies zal aanslaan. Op dat oogenblik zouden we dus een gasbol hebben, waarbij druk en dichtheid aan het oppervlak veel grooter zijn dan in het inwendige.

Zooals echter later zal blijken, wijzen de waarnemingen, welke men op eenigen afstand van den explosiehaard verricht, er volstrekt niet op, dat zulke hooge drukken van 10^5 tot 10^6 atmosfeer op het oppervlak van den gasbol zouden moeten voorkomen. Trouwens, de mogelijkheid van zoo'n expansiegolf in het ontbrandende gas al aannemende, zoo zal de druk in die golf bij haar ontstaan toch zeker nooit meer kunnen bedragen dan de gemiddelde gasdruk (20 à 40 000 atmosfeer). Aannemende dat men op dien druk den druk, die zich in het medium vormt, kan superponeren, zoo zal naar stellers meening hoogstens een maximum druk gevormd kunnen worden, welke dubbel zoo groot is als de gemiddelde gasdruk.

Hoe het echter ook zij, in ieder geval zal direct na de detonatie een geweldige druk tegen het vlies aanslaan, welke stoot zich in de middenstof, die zich aan de andere zijde van het vlies bevindt (bijv. lucht of water) als een golf zal voortplanten. Het is deze expansiegolf, welke de oorzaak is van den drukstoot, dien men op eenigen afstand van een explosiehaard waarneemt en waarvan de aard en de ontstaanswijze het onderwerp van ondervolgende hoofdstukken zal uitmaken.

De spherische expansiegolf met eindige amplitude.

Voor deze van een middenpunt (haard) uitgaande spherische golven gelden de hydrodynamische bewegingsvergelijkingen van Euler, dan wel die van Lagrange, in combinatie met de continuïteitsvergelijking. Voor zooverre steller bekend is, is het echter nog nimmer gelukt deze differentiaalvergelijkingen voor dit geval tot oplossing te brengen. Voor de theorie der geluidsgolven — welke ook expansiegolven zijn — neemt men daarom aan, dat de snelheden van de middenstof en hare dichtheidsveranderingen oneindig klein zijn. Voor zulke golven met oneindig kleine amplitude nu, kan men bovenbedoelde differentiaalvergelijkingen zeer vereenvoudigen en daardoor tot oplossing brengen.

Voor onze expansiegolven, die een gevolg zijn van een explosie, zijn dergelijke vereenvoudigende aannamen vanzelfsprekend niet veroorloofd. Het is den grooten mathematicus B. Riemann echter reeds in 1860 gelukt, om voor het geval van de vlakke golfbeweging (dus de golfbeweging door een buis

bijv.) de voortplantingssnelheid van de golf en de eigen snelheid van het medium te berekenen¹⁾.

Den gedachtengang van Riemann volgende, zullen thans dezelfde snelheden voor de spherische golfbeweging worden afgeleid.

We gaan daarvoor uit van de bewegingsvergelijkingen van Euler, welke zich voor dit spherische geval laten samentrekken tot

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = 0 \quad \text{..... (I)}$$

en van de continuïteitsvergelijking, welke voor dit geval tot de volgende gedaante kan worden teruggebracht:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (\rho r^2 v) \quad \text{..... (II)}$$

Deze vergelijking kan men op verschillende wijzen ontbinden, o.m. aldus:

$$r^2 \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho r^2 \frac{\partial v}{\partial r} - v \frac{\partial (\rho r^2)}{\partial r}$$

$$\text{of: } \frac{\partial (\rho r^2)}{\partial t} + v \frac{\partial (\rho r^2)}{\partial r} + \rho r^2 \frac{\partial v}{\partial r} = 0.$$

Vermenigvuldigen we alle termen van deze laatste vergelijking met $\frac{w}{\rho r^2}$, waarin w voorloopig een willekeurige grootte voorstelt, dan vinden we:

$$\frac{w \partial \ln (\rho r^2)}{\partial t} + v \frac{w \partial \ln (\rho r^2)}{\partial r} + w \frac{\partial v}{\partial r} = 0 \quad \text{... (IIa)}$$

Schrijven we nu voor (I):

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial (\rho r^2)}{\partial r} = 0$$

$$\text{of: } \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{w r^2}{w \rho r^2} \frac{\partial p}{\partial r} \frac{\partial (\rho r^2)}{\partial r} = 0$$

$$\text{of: } \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{r^2}{w} \frac{\partial p}{\partial r} \frac{w \partial \ln (\rho r^2)}{\partial r} = 0 \quad \text{... (Ia)}$$

dan zien we, dat we (Ia) en (IIa) zeer symmetrisch ten opzichte van elkander kunnen maken, wanneer de coëfficiënt van den laatsten term van beide vergelijkingen dezelfde is.

We stellen derhalve:

$$w = \frac{r^2}{w} \frac{\partial p}{\partial r} \quad \text{of} \quad w = r \sqrt{\frac{\partial p}{\partial (\rho r^2)}}$$

$$\text{Schrijven we verder: } \int w \partial \ln (\rho r^2) = \Theta$$

dan veranderen (Ia) en (IIa) in:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + w \frac{\partial \Theta}{\partial r} = 0 \quad \text{..... (Ib)}$$

$$\text{en: } \frac{\partial \Theta}{\partial t} + v \frac{\partial \Theta}{\partial r} + w \frac{\partial v}{\partial r} = 0 \quad \text{..... (IIb)}$$

1) Zie B. Riemann, Gesammelte Werke, II. Auflage 1892, blz. 156 e.v. „Ueber die Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite”.

of opgeteld: $\frac{\partial}{\partial t}(\nu + \Theta) + (\nu + w) \frac{\partial}{\partial r}(\nu + \Theta) = 0$ (III)

Differentiaalvergelijkingen van dezen vorm zijn zeer bekend; ze komen overal in de golftheorie voor, alwaar ze de voortplanting van een storing beduiden. Hier echter is, doordien $(\nu + w)$ geen constante is, dit bewijs niet zoo eenvoudig te geven. Stellen we echter:

$$\nu + \Theta = \chi \text{ (IV)}$$

dus: $\frac{\partial \chi}{\partial t} + (\nu + w) \frac{\partial \chi}{\partial r} = 0$

dan zien we, aangezien:

$$d\chi = \frac{\partial \chi}{\partial t} dt + \frac{\partial \chi}{\partial r} dr = \{ dr - (\nu + w) dt \} \frac{\partial \chi}{\partial r}$$

dat in een storingsgebied waar χ constant is, dus $d\chi = 0$,

$$\frac{dr}{dt} = \nu + w \text{ moet zijn.}$$

Constate waarden van $\nu + \Theta$ in een storingsgebied treft men dus aan, wanneer men zich met de snelheid $\frac{dr}{dt} = \nu + w = W$ in de richting van een voerstraal beweegt.

Alvorens de beteekenis van deze stelling nader toe te lichten, dient opgemerkt te worden, dat uit (Ib) en (IIb) blijkt, dat we $\partial \nu$ met $-\partial \Theta$ kunnen omwisselen, zonder dat de combinatie der vergelijkingen verandert. Hieruit volgt dus:

$$\nu = k - \Theta$$

waarin k een constante is.

Beschouwen we nu een storing op een bepaald tijdstip op zekeren afstand van den haard O . Van deze storing kan men de dichtheid of den druk of de snelheid van de middenstof grafisch uitzetten, waardoor men het beeld van een golf verkrijgt.

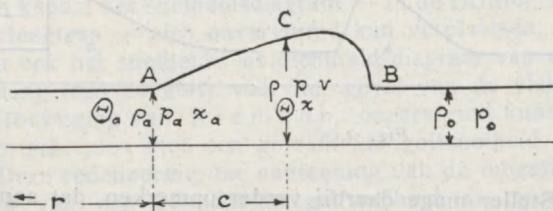


Fig. 1.

Bovenstaande figuur 1 moge een dergelijke golf voorstellen. In het punt A is $\Theta_a = \int w \partial \ln(\rho_a r^2)$.

Willen we Θ berekenen in het punt C van de golf, dan dient de integraal tusschen de grenzen C en A genomen te worden, waarbij r varieert van r tot $r + c$.

Wanneer we ons nu niet te dicht bij O bevinden, is het verschil tusschen r en $r + c$ verhoudingsgewij-

ze maar klein, zoodat we met een gemiddelde — dus constante — waarde van r kunnen rekenen. In dat geval wordt dus:

$$w = \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}} \text{ en } \Theta = \int_{\rho}^{\rho_a} \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}} \partial \ln \rho \text{ (V)}$$

In deze formules is p nu een functie van ρ alléén, evenals Θ , zoodat ook $\nu = k - \Theta$ een functie is alléén van ρ .

Volgen we thans ons storingsgebied bij zijn verplaatsing (zie figuur 2).

Ten tijde $t = 0$ moge de storing in I zijn. Dit gebied is dus een bolschaal, welke een binnenstraal heeft $= R_0$ en een dikte heeft $= L_1$. We veronderstellen R_0 niet te klein, waardoor, zooals we hebben gezien, Θ en ν als een functie van ρ alleen beschouwd mogen worden.

Na een tijd t is de storing in II aangekomen; de bolschaal is nu dik L_2 . De in figuur 2 geteekende golven stellen grafisch de dichtheden voor.

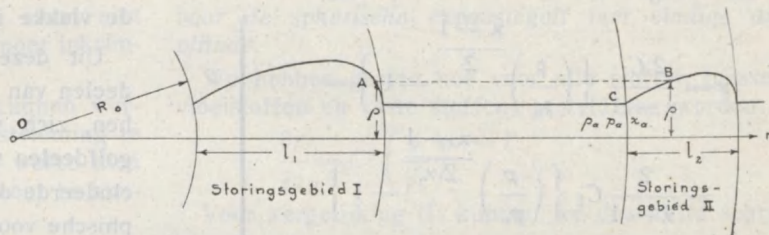


Fig. 2.

Beschouwen we nu de plek A van gebied I en de plek B van gebied II. In deze plekken zijn de dichtheden ρ even groot dus ook ν en Θ . Volgens de zooeven afgeleide stelling zullen de grootheden χ in deze plekken zich dus met dezelfde snelheid W in de richting van den voerstraal r bewegen.

Hieruit deduceeren we verder, dat onafhankelijk van de plaats, waar het storingsgebied zich bevindt — met de restrictie, dat die plaats niet te dicht bij O ligt — ieder deeltje van deze storing zich zal voortbewegen met een golfsnelheid:

$$W = \nu + w = \nu + \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}},$$

althans wanneer er geen samenhang tusschen de deeltjes zou bestaan.

Bovengevonden golfsnelheid W is dezelfde als die van Riemann voor de vlakke expansiegolven. Dit resultaat is in overeenstemming met de theorie der oneindig kleine golven, welke eenzelfde golfsnelheid (geluidssnelheid) aangeeft voor vlakke en voor spherische golven.

Uit figuur 2 zien we, hoe bij het voortschrijden van de golf zich achter de golf een bolvormige ruimte vormt, waarin ρ , p en Θ bepaalde waarden zullen aannemen. In het punt C van het storingsgebied II is $\nu = \chi_a - \Theta_a$. Hierboven vonden we echter dat $\nu = k - \Theta$, zoodat gelijkstelling levert:

$$k = \chi_a \text{ en } \nu = \chi_a - \Theta.$$

Aannemende dat een golf zich door een stilstaand medium beweegt, zoodat vóór en achter de golf de

dichtheidsveranderingen = 0 zijn, dan is $\chi_a = 0$, zoodat:

$$v = -\Theta = \int_{\rho_0}^{\rho} \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}} \partial \ln \rho.$$

Ook deze formule is van dezelfde gedaante als die van Riemann voor de vlakke golfbeweging.

Nemen we als voorbeeld de golfbeweging door stilstaande lucht.

$$\text{Aangezien } p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\chi} \quad (\chi = 1,402)$$

$$\text{vinden we: } v = \int_{\rho_0}^{\rho} \left(\chi \frac{p_0}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2}} \partial \ln \rho.$$

Nu is $\left(\chi \frac{p_0}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} = C_1 =$ de geluidssnelheid door lucht onder atmosferischen druk.

Invoering van deze waarde van C_1 geeft:

$$\begin{aligned} v &= \frac{2 C_1}{\chi - 1} \left\{ \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2}} - 1 \right\} = \\ &= \frac{2}{\chi - 1} C_1 \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2\chi}} - 1 \right\} \\ w &= \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}} = C_1 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2}} = \\ &= C_1 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2\chi}} \\ \text{dus: } W &= C_1 \left\{ \frac{\chi+1}{\chi-1} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\chi-1}{2\chi}} - \frac{2}{\chi-1} \right\} \end{aligned} \quad \text{.. (VI)}$$

Uit de laatste formule volgt, dat W dus belangrijk groter zal zijn dan C_1 , wanneer de druk in de golf veel groter is dan p_0 . Proeven genomen bij explosies hebben uitgewezen, dat inderdaad de golfsnelheid dicht bij den haard zéér veel groter is dan de normale geluidssnelheid.

Voor vloeistoffen — en ook voor vaste stoffen — stelt men meestal:

$$p - p_0 = K \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \quad \text{waarin } K = \rho \frac{\partial p}{\partial \rho}$$

de coëfficiënt der volumeëlasticiteit is en welke coëfficiënt voor water van 15° C, $2,085 \times 10^8$ kg/m² bedraagt.

Neemt men aan dat K een constante is, dan is $\frac{\partial p}{\partial \rho} = \frac{K_0}{\rho_0} = C_w^2 =$ het kwadraat van de geluidssnel-

heid in normaal water, zoodat $w = C_w$

$$\begin{aligned} \text{en: } v &= C_w \ln \frac{\rho}{\rho_0} \\ \text{dus: } W &= C_w \left\{ 1 + \ln \frac{\rho}{\rho_0} \right\} \end{aligned} \quad \text{..... (VII)}$$

In werkelijkheid is K echter niet constant, maar dienen we te stellen:

$$p - p_0 = K \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^{\chi} = K \left\{ \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\chi} - 1 \right\} \quad \text{in-}$$

dien $\chi \rightarrow 1$ zoodat, evenals bij gasen:

$$\frac{\partial p}{\partial \rho} = \frac{\chi K}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\chi-1} = C^2 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\chi-1}.$$

In deze formule is χ echter zeer weinig van de eenheid verschillend; voor water bijv. is $\chi = 1,0012$.

Keeren we nu terug tot onze vergelijking (V), welke dus dezelfde is als die van Riemann voor de vlakke golfbeweging.

Uit deze vergelijking zou voortvloeien, dat de deelen van een golf, welke een groote dichtheid hebben, zich veel sneller zullen voortplanten dan de golfdeelen van mindere dichtheid. Riemann concludeerde dan ook, dat de golfvorm (d.i. dus de graphische voorstelling van de dichtheid in het storingsgebied) tijdens het voortschrijden van de golf zal veranderen en dat het voorvlak van een golf ten slotte een loodrechten stand zal aannemen, een en ander als in *figuur 3 a, b en c* is aangegeven.

In het punt *I* van *figuur 3c* zou dus een sprong (discontinuïteit) plaats hebben, zoodat alle deelen van het voorvlak van de golf zich met de maximum snelheid, welke de golf heeft, zouden voortplanten en dit voorvlak loodrecht zou blijven.

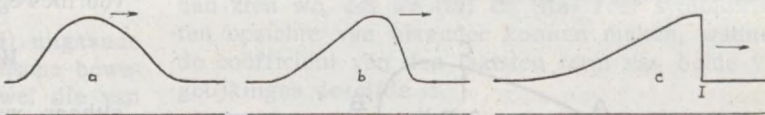


Fig. 3.

Steller moge daarbij verder opmerken, dat aangezien de golfstaart, alwaar $\rho \rightarrow \rho_0$, zich met normale geluidssnelheid voortplant, daaruit dus voorts zou moeten volgen, dat de golf tijdens haar voortschrijding veel langer moet worden.

De mogelijkheid dat het voorvlak van de golf een loodrechten stand inneemt is door Rayleigh op grond van energie-overwegingen bestreden²⁾. Inderdaad zijn sprongen in dichtheid en snelheid niet goed denkbaar. Door latere onderzoekers o.a. Hugon-

2) Zie Rayleigh, "Theory of Sound" deel II Hoofdstuk XI, blz. 40.

niet, is wel getracht om door een geheimzinnige „adiabatisch dynamische” betrekking³⁾ tusschen p en ρ aan te nemen — betrekkingen geheel afwijkende van de ons bekende experimenteel vastgestelde — de mogelijkheid van een discontinuïteit in den golfvorm te verklaren, doch zulke duistere kunstgrepen kunnen niet anders dan zeer onbevredigend worden geacht.

Maar zelfs al mocht men op deze wijze het bezwaar van Rayleigh voldoende ondervangen achten, dan nog blijft het door steller aangevoerde bezwaar bestaan van de steeds langer wordende golf. Experimenteële waarnemingen nu hebben met voldoende zekerheid aangetoond, dat zulks niet alleen niet het geval is, maar dat de golf tijdens haar voortschrijden juist korter wordt.

Uit het ondervolgende, dat steller slechts met eenige aarzeling publiceert, omdat hij daarbij op verschillende punten tot van de terzake bestaande opvattingen geheel afwijkende conclusies komt, zal echter o.m. aangetoond worden, dat de vorm van de golf, althans zeker op eenigen afstand van den explosiehaard, niet alleen niet verandert, maar zelfs *gelijkvormig* moet blijven; dat de golf alzoo niet alleen in amplitude, maar ook in lengte moet inkrimpen.

Al dadelijk zal hiertegen ingebracht kunnen worden, hoe zulks met verg. (V) in overeenstemming te brengen is en met de andere bewijzen, welke men voor de vormverandering van de golf meent te kunnen aanvoeren.

Wat deze bewijzen nu betreft, moge steller opmerken, dat voor de afleiding ervan uitgegaan wordt van de E u l e r s c h e bewegingsvergelijkingen (zie afleiding verg. V), welke betrekking hebben op de beweging van een massadeeltje, dat men op zijn baan volgt. Bevindt zoo'n deeltje zich nu op een gegeven oogenblik in het dichtste gedeelte van de golf, zoo is het het volgende oogenblik door een ander deeltje vervangen.

Voor ieder deeltje zouden we dus slechts kunnen rekenen met een *gemiddelde* golfsnelheid, alzoo juist op dezelfde wijze als bij de deelen van een vloeistofstroom in een kanaal. Op dezelfde wijze, waarop in een kanaal het snelheidsdiagram — in de richting van de lengteas — zich onvervormd kan verplaatsen, zal dus ook het snelheids- of dichtheidsdiagram van een storing (dus de golf) voor het geval van de vlakke golfbeweging van R i e m a n n, onvervormd kunnen voortschrijven met een *gemiddelde* golfsnelheid.

Deze redeneering, ter aantooning van de mogelijkheid van een gemiddelde golfsnelheid, is mutatis mutandis ook van toepassing voor de spherische golfbeweging. Steller komt zoo tot de — later te bewijzen — conclusie, dat de snelheid waarmede een expansiegolf zich verplaatst, de gemiddelde moet zijn van die van alle deelen van het golfprofiel en dat de formule voor W in vergelijking (V) dus alleen maar geldt voor de golf in haar geheel.

3) Volgens L a m b medegedeeld door H a d a m a r d in zijne „Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'hydrodynamique”.

Bedoelde betrekking zou luiden:

$$\frac{1}{2} (p + p_0) (V_0 - V) = \frac{1}{\kappa - 1} (p V - p_0 V_0).$$

Met deze conclusie zijn tevens alle bezwaren, die tegen de golftheorie van R i e m a n n kunnen worden ingebracht, geheel ondervangen.

Deze conclusie brengt ons echter nog veel meer nut. In de eerste plaats toch hebben we voor de afleiding van (V) aangenomen, dat we ons (zie *figuur 1*) zóóver van O bevonden, dat practisch met een constante waarde van r kon worden gerekend; feitelijk immers zou

$$w = r \sqrt{\frac{\partial p}{\partial (\rho r^2)}} \text{ moeten zijn.}$$

Wanneer echter w in het golfgebied constant, dus onafhankelijk is van r , dan is niet bij benadering, maar precies te stellen:

$$w = \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}}$$

ook voor plaatsen, dichter bij den haard gelegen.

In de tweede plaats zal onze conclusie ons in staat stellen de differentiaalvergelijkingen (I) en (II) verder uit te werken en de *volledige oplossing te geven voor de spherische expansiegolf met eindige amplitude*.

We hebben gezien hoe voor alle stoffen (gassen, vloeistoffen en vaste stoffen) gesteld kan worden:

$$\frac{\partial p}{\partial \rho} = C^2 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 1}.$$

Voor vergelijking (I) kunnen we dus altijd schrijven:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{C^2}{\rho} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 1} \frac{\partial \rho}{\partial r} = 0$$

$$\text{of: } \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{C^2}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 2} \frac{\partial \rho}{\partial r} = 0 \dots\dots\dots (I_a')$$

Bij onze explosie, uitgaande van uit een punt (haard) O , bewegen alle mediumdeelen zich volkomen symmetrisch langs den voorstraal door O . Die beweging is dus geheel *wervelvrij*, zoodat we een snelheidspotential φ mogen invoeren. Deze potential geldt dus alleen maar in het storingsgebied en is vóór en achter de golf $= 0$.

Vergelijking (I_a') wordt nu dus:

$$-\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} \right)^2 + \frac{C^2}{\kappa - 1} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 1} = 0 \dots\dots\dots (I_b')$$

of naar r geïntegreerd:

$$-\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} \right)^2 + \frac{C^2}{\kappa - 1} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 1} + F(t) = 0$$

In het oneindige verdwijnt φ en is $\rho = \rho_0$, dus:

$$F(t) = -\frac{C^2}{\kappa - 1}.$$

Differentieëren we de vergelijking naar t dan vinden we:

$$-\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial t} + \frac{C^2}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\kappa - 2} \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

of hierin de waarde van $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial t}$ uit (I_b') substitueeren-de:

$$-\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{C^2}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-2} \left\{ \frac{\partial \rho}{\partial r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right\} = 0 \quad (\text{I}_c')$$

Vergelijking (II), n.l.:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (\rho r^2 v) = +\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\rho r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right)$$

ontbinden we nu op een andere wijze dan zooeven, n.l.:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\rho}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial \rho}{\partial r}.$$

Substitueeren we deze waarde van $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ in vergelijking (I_c') dan vinden we:

$$-\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{C^2}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-2} \left\{ 2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial \rho}{\partial r} + \frac{\rho}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) \right\} = 0.$$

$$\text{Blijkens (VI) is: } \frac{C^2}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-2} = \frac{w^2}{\rho}$$

$$\text{dus: } \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + 2 w^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial \ln \rho}{\partial r} + \frac{w^2}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) \quad (\text{I}_d')$$

$$\text{Nu was } v = \int w \, d \ln \rho, \text{ dus } \frac{w \, d \ln \rho}{\partial r} = \frac{\partial v}{\partial r} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}.$$

Dit in (I_d') gesubstitueerd geeft:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} &= \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} - 2 w \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + w^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \\ &+ \frac{2 w^2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} = v^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + 2 v w \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + w^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \\ &+ \frac{2 w^2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} = (w + v)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{2 w^2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \quad (\text{I}_e') \end{aligned}$$

Aangezien v in ieder geval veel kleiner is dan w en de laatste term van bovenstaande vergelijking, vooral voor wat grootere waarden van r , veel kleiner is dan de voorlaatste term, zoo kunnen we zonder bezwaar voor vergelijking (I_e') schrijven:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = (w + v)^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + 2 \frac{(w + v)^2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

$$\text{of: } \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{W^2}{r} \frac{\partial^2}{\partial r^2} (r \varphi) \quad (\text{I}_f')$$

welke vergelijking dus tot dicht bij 0 van kracht is.

Deze vergelijking, afgeleid uit de Eulersche bewegingsvergelijkingen, geldt dus alleen maar voor een massadeeltje, waarvan we de beweging op zijn baan volgen, dus alleen maar gedurende zijn verblijf

in het storingsgebied. Maar gedurende den korten tijd dat de golf over het beschouwde deeltje heen trekt, is de gemiddelde golfsnelheid W maar zéér weinig veranderlijk, zoodat we W in vergelijking (I_f') zeker als een constante mogen beschouwen.

Voor deze vergelijking kan men ook schrijven:

$$\frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial t^2} = W^2 \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial r^2} \quad (\text{I}_g')$$

De volledige oplossing van vergelijking (I_g') luidt:

$$r \varphi = f_1(r - Wt) + f_2(r + Wt) \quad (\text{VIII})$$

Dat deze oplossing een volledige is, blijkt uit het volgende.

$$\begin{aligned} \text{Stelt men } r - Wt &= x_1 \\ \text{en } r + Wt &= x_2 \end{aligned}$$

waarin x_1 en x_2 nieuwe onafhankelijk veranderlijken zijn, dan is:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial t^2} &= \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_1^2} W^2 - 2 \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_1 \partial x_2} W^2 + \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_2^2} W^2 \\ \text{en: } W^2 \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial r^2} &= \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_2^2} W^2 + 2 \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_2 \partial x_1} W^2 + \\ &+ \frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_1^2} W^2. \end{aligned}$$

Uit gelijkstelling conform (I_g') volgt dan:

$$\frac{\partial^2 (r \varphi)}{\partial x_1 \partial x_2} = 0.$$

Hiervan is de volledige oplossing:

$$r \varphi = f_1(x_1) + f_2(x_2).$$

De beteekenis van vergelijking (VIII) is als volgt na te gaan.

Beschouwen we eerst den eersten term $f_1(r - Wt)$. Aangezien deze term onveranderd blijft, wanneer t en r met resp. τ en $W\tau$ toenemen, zoo zal blijkbaar de storing, die zich ten tijde t in het punt r bevond, ten tijde $t + \tau$ onveranderd in het punt $r + W\tau$ overgebracht zijn. De storing schijdt dus met de snelheid W langs den voerstraal r voort.

Evenzoo zal de tweede term een storing voorstellen, die zich met de snelheid W in de richting $-r$ beweegt.

Uit symmetrieoverwegingen zijn bij een explosie deze storingen geheel aan elkander gelijk, waaruit dus volgt, dat bij een explosie:

$$f_1 = f_2$$

en dat we, wanneer we alleen de golf in de positieve richting beschouwen, kunnen stellen:

$$r \varphi = f(r - Wt) \quad (\text{IX})$$

Deze vergelijking geldt dus alleen maar voor een punt van het medium, gedurende zijn beweging. Voor een daarnaast gelegen volgend punt geldt hetzelfde, alleen heeft voor dit volgende punt W een iets andere waarde. Zoo doorredeneerende komen we dus tot het besluit, dat vergelijking (IX) niet alleen geldt voor een bepaald mediumdeel in de golf — waarbij W dan constant is — maar ook voor alle punten van de golf zelf gedurende haar loop en waarbij W nu een veranderlijke is.

φr schrijft dus met een, met den tijd veranderlijke golfsnelheid W langs den voerstraal r voort.

$$\text{Aangezien: } v = -\frac{\partial \varphi}{\partial r} = -\frac{f'}{r} + \frac{f}{r^2} \dots\dots\dots (\text{X})$$

zal dus ook v zich met de veranderlijke snelheid W verplaatsen. Op grooten afstand van O is de tweede term van vergelijking (X) te verwaarloozen, zoodat op grooten afstand van O , v omgekeerd evenredig aan den afstand tot O in grootte zal afnemen. Dichter bij den haard echter zal juist die tweede term domineeren en zal v dus evenredig zijn aan $\frac{1}{r^2}$ (r = afstand tot den haard) of m.a.w. is de beweging van de mediumdeelen te beschouwen als te zijn opgewekt door een bron.

Omtrent de *dichtheid* in de golf is het volgende op te merken:

Volgens vergelijking (II) is, zooals we hebben gezien:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\rho}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial \rho}{\partial r}$$

$$\text{Verder was: } \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{w}{\partial r} \ln \rho = \frac{1}{\rho} \frac{w}{\partial r} \frac{\partial \rho}{\partial r}$$

$$\text{dus: } \frac{\partial \rho}{\partial r} = \frac{\rho}{w} \frac{\partial v}{\partial r} = -\frac{\rho}{w} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}$$

zoodat we vinden:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) - \frac{1}{w} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \\ \text{of: } \frac{\partial \ln \rho}{\partial t} &= \frac{1}{r} f'' - \frac{1}{w} \left\{ \frac{f' f''}{r^2} - \frac{f'' f + 2 f'^2}{r^3} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{4 f f'}{r^4} - \frac{2 f^2}{r^5} \right\}. \end{aligned}$$

Voor bewegingen tot dicht bij den haard is de laatste term van deze vergelijking zeker te verwaarloozen en vinden we, integreerende tusschen de grenzen $t = t$ en $t = \infty$, dat tot dicht bij den haard geldt:

$$\ln \frac{\rho}{\rho_0} = -\frac{1}{rW} f' (r - Wt)$$

$$\text{of: } r_1 W_1 \ln \frac{\rho_1}{\rho_0} = r_2 W_2 \ln \frac{\rho_2}{\rho_0} \dots\dots\dots (\text{XI})$$

uit welke formule, bij een gegeven waarneming van de maximum waarde van p of ρ in de golf, de maximum dichtheid of druk in een anderen golfstand tot dicht bij O berekend kan worden.

Voor kleine dichtheidsveranderingen, dus ver van den haard, is $\ln \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\Delta \rho}{\rho_0}$ en is $\Delta \rho$ dus evenredig

aan $\frac{1}{r}$. Voor dichter bij den haard gelegen mediumdeelen zullen de dichtheid en de druk echter — volgens (XI) — veel sneller toenemen dan volgens de verhouding $\frac{1}{r}$. Dit resultaat is geheel in overeenstemming met de waarnemingen. Zoo werden, volgens een zeer bekende proefneming, waarbij 1 000 kg nitro-springstof tot ontploffing werd gebracht, de in onder-volgenden staat I aangegeven drukimpulsies waargenomen.

Staat I.

Afstand tot O in m	20	40	500	1 000	2 000	2 500
Overdruk in g/cm ²	5 000	2 000	40	20	12	10

Op grooten afstand van O blijkt de overdruk (die op zoo'n afstand evenredig is aan $\Delta \rho$) evenredig te zijn aan $\frac{1}{r}$. Voor de tot nog toe niet opgehelderde

progressieve toeneming van dien druk dichter naar den haard toe vindt men dus thans in het bovenstaande de natuurlijke wiskundige verklaring.

De in het bovenstaande gegeven oplossing van het probleem van de expansiegolf met eindige amplitude is tot stand gebracht kunnen worden, doordien uitgegaan werd van een constante gemiddelde grootte van de golfsnelheid W voor alle golfdeelen op een bepaald oogenblik. Het bewijs van deze stelling moet dus nog gegeven worden. Hiertoe zal echter eerst meer inzicht in den aard van een „storing” verkregen moeten worden en zal daarom thans het verloop van de beweging van het medium in den storingshaard zelve onderzocht worden. We zullen daartoe in beschouwing nemen de:

Explosie in de lucht.

Bij deze explosie veronderstellen we, dat de luchtdruk overal p_0 bedraagt; we houden dus geen rekening met het feit, dat die luchtdruk naar boven toe een weinig afneemt.

Beschouwd zal worden de ontploffing van 1 kg trotyl [trinitrotoluol, — T.N.T. —, $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$], het explosief dat men tegenwoordig haast uitsluitend gebruikt in torpedo's, mijnen en bommen. Ingesmolten heeft deze stof het hoge s.g. van ongeveer 1,61 en detoneert in dien toestand met een snelheid van ongeveer 6,7 km/sec, daarbij een temperatuur van slechts 2 200° C ontwikkelende⁴). De aldus vrijkomende energie bedraagt volgens de tegenwoordige opgaven rond 1 000 kilocalorieën (vroeger 730 kcal) en is dus eigenlijk maar heel gering, wanneer men bedenkt dat bij de verbranding van bijv. eenzelfde hoeveelheid petroleum, 12 000 kcal vrijkomen. Verscheidene andere explosieven ontwikkelen dan ook meer energie, maar veroorzaken een minder krachtige vernieling, hetgeen naar stellers meening alleen maar hierdoor verklaard kan worden, dat de *volledige* chemische omzettingsreactie bij trotyl sneller verloopt dan bijv. bij gurdynamiet, dat samengeperst tot eenzelfde dichtheid, een zelfs grotere detonatiesnelheid heeft dan trotyl.

Een kg trotyl heeft, in bolvorm gedacht, alzoo een straal van 5,3 cm en zal, van het midden uit beginnende, in 8×10^{-6} sec detoneeren. Nemen we aan, dat in dien tijd ook de chemische omzetting volledig heeft plaats gehad, dan hebben we dus na 8×10^{-6}

4) Volgens andere opgaven bedraagt die temperatuur 2 800° C.

Uit het gedeeltelijk verdampen van osram- en platina-draden bij ontbrandingsproeven in het eigen volume, moet men echter wel besluiten, vooral wanneer men daarbij den hoogen druk in aanmerking neemt, dat in werkelijkheid temperaturen van *minstens* 3 500 à 4 000° C worden bereikt.

sec een gasbol verkregen welke, zooals we vroeger — zie Inleiding — hebben gezien, zich nog niet uitgezet kan hebben. We hebben dan dus een gasbol met een straal van 5,3 cm, waarin een energie van 1 000 kcal of 427 000 kgm is opgehoopt en die onder een zeer hoogen aanvangsdruk staat ⁵⁾.

Het bepalen van dien aanvangsdruk uit de thermische gegevens der trotylgassen is zeer bezwaarlijk. Voor ons doel gaat het er echter niet zoozeer om de preciese verhoudingen in den gasbol te kennen, maar om de globale beweging te onderzoeken, welke een expandeerende gasbol, waarin 1 000 kcal energie is opgehoopt, in het omgevende medium teweeg brengt. En of die gasbol nu een volkomen dan wel een onvolkomen gas bevat, op die beweging van het medium zal dit van betrekkelijk weinig invloed zijn, indien in beide gevallen dezelfde hoeveelheid energie vrijkomt.

Om van een zekeren begindruk te kunnen uitgaan, zullen we daarom aannemen, dat de trotylgassen zich als een volkomen gas gedragen. Voorts nemen we dus aan, dat onze gasbol 1 000 kcal energie méér bevat, dan 1 kg trotylgas van 0° C en 1 at druk. Ten slotte maken we gebruik van de navolgende gegevens:

a. 1 kg trotylgas van 0° en 1 atmosfeer druk neemt een volume in van 690 liter;

b. De verhouding der soortelijke warmten $\frac{c_p}{c_v} = \kappa$

bedraagt $1\frac{1}{3}$. Dit is geen gegeven, doch een aanname, welke echter zeer redelijk geacht mag worden, aangezien de trotylgassen hoofdzakelijk uit twee- en meeratomige gassen bestaan en κ dus een waarde moet hebben, welke tusschen 1,25 en 1,40 ligt.

Uit bovenstaande gegevens is de soortelijke warmte bij constant volume te bepalen. Immers aangezien:

$$427 (c_p - c_v) = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

$$\text{waarin: } p_0 = 10\,000 \text{ kg/m}^2$$

$$V_0 = 0,690 \text{ m}^3$$

$$T_0 = 273^\circ$$

$$\text{is dus: } (c_p - c_v) = 0,059$$

$$\text{en aangezien: } \kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1\frac{1}{3}, \text{ is dus:}$$

$$c_v = 3 (c_p - c_v) = 0,177.$$

Persen we 1 kg van dit gas van 0° C en 1 at druk, dus een volume van 690 liter, samen tot een volume van het vaste trotyl, dat een inhoud inneemt van $\frac{1}{1,61} = 0,62$ liter, dan is daarvoor noodig een arbeid groot:

$$L = \frac{p_1 V_1}{427 (\kappa - 1)} \left\{ \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\kappa - 1 \right\} \text{ kcal} = \frac{3 \cdot 10\,000 \cdot 0,690}{427} \{ 1\frac{1}{3} - 1 \} \text{ kcal} = 453 \text{ kcal}.$$

5) Zou de chemische omzetting niet volledig afge-loopen zijn na het detoneeren, dan zou de gasbol, alvorens de geheele energie is vrijgekomen, zich uitzetten onder een geringeren begindruk, welke kleinere druk — zooals later zal blijken — ook een kleineren expansiestoot zal veroorzaken (mindere vernielkracht).

$$\text{Verder is dan: } p_2 = p_1 \times 1\,113^{\frac{4}{3}} \text{ kg/m}^2 = 11\,550 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{en } T_2 = 273 \times 1\,113^{\frac{1}{3}} = 2\,820^\circ \text{ C}.$$

Aan dezen gasbol zal dus nog een hoeveelheid van 1 000 — 453 = 547 kcal toegevoerd moeten worden, om de verhoudingen te verkrijgen, als die welke in den juist geëxplodeerden trotylbol voorkomen. Deze toevoeging van 547 kcal beteekent, indien $c_v = 0,177$, een temperatuursstijging van $3\,090^\circ \text{ C}$, zoodat we uiteindelijk in onzen gasbol zullen hebben een aanvangstemperatuur van $3\,090^\circ + 2\,820^\circ \text{ C} = 5\,910^\circ \text{ C}$

en een aanvangsdruk van $11\,550 \times \frac{5\,910}{2\,820} = 24\,200$ atmosfeer.

Bij zijn uitzetting zal deze gasbol de lucht, aan de andere zijde van het gedachte vlies, zoodanig wegdrukken, dat de beweging der luchtdeelen overal gericht zal zijn volgens den voerstraal door het middelpunt O van den gasbol. Die beweging is dus wervelvrij, zoodat een snelheidspotential kan worden aangenomen.

Voor een vloeistof- of gasbeweging, waarvoor een potentiaal bestaat, vereenvoudigen de Eulersche vergelijkingen zich, zooals bekend is, tot:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \Omega + \frac{1}{2} v^2 + \int \frac{\partial p}{\rho} + C \dots\dots\dots (\text{XII})$$

welke vergelijking dus feitelijk geen andere is dan verg. (I). Doordien we den luchtdruk overal = p_0 , dus constant, hebben aangenomen, is de potentiaal Ω der uitwendige krachten in bovenstaande vergelijking = 0.

$$\text{Verder is } p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\kappa$$

$$\text{zoodat } \int \frac{\partial p}{\rho} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{p_0}{\rho_0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\kappa - 1 = \frac{c^2}{\kappa - 1} \left(\frac{p}{p_0} \right)^\frac{\kappa}{\kappa - 1}.$$

In het oneindige verdwijnen φ en v en is $p = p_0$.

Hieruit volgt $C = -\frac{c^2}{\kappa - 1}$. Stellen we verder

$\kappa_{\text{lucht}} = 1,4$ en $p_0 = 1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2$, dan vinden we:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} \right)^2 + 2,5 c^2 \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^\frac{2}{7} - 1 \right\} \dots (\text{XII}_a)$$

Deze vergelijking is tot dusverre geheel exact. Thans echter moeten we voor φ een waarde invullen.

Volgens (IX) was $\varphi = \frac{1}{r} f(r - Wt)$

en deze waarde van φ kunnen we in (XII_a) substitueeren, omdat we hier immers de beweging beschouwen van de lucht in de expansiegolf tijdens haar ontstaan. In dit ontstaansgebied is r klein.

Schrijven we nu, in stede van bovenstaande uitdrukking voor φ :

$$\varphi = \frac{1}{r} F \left(t - \frac{r}{W} \right)$$

dan zien we, aangezien W groot is, dat $\frac{r}{W}$ verwaar-

loosd kan worden, zoodat we voor bewegingen, *dicht bij O* dus kunnen stellen:

$$\varphi = \frac{F(t)}{r}$$

Beschouwen we nu onzen gasbol. Ten tijde $t=0$ heeft hij een straal $R_0 = 5,3$ cm; ten tijde $t=t$ moge die straal tot R uitgezet zijn.

Aan de eene zijde van het vlies, dat den gasbol omspant, hebben we gasdruk en aan de andere zijde luchtdruk, welke drukken op een punt van het vlies even groot zijn.

De snelheid waarmee de lucht zich in radiale richting verplaatst $= v = -\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{F(t)}{r^2}$

en bedraagt dus voor een luchtdeeltje *op* het vlies ten tijde t :

$$v = \frac{F(t)}{R^2}$$

Ook echter is dan $v = \dot{R}$, zoodat gelijkstelling levert ⁶⁾:

$$F(t) = R^2 \dot{R}$$

$$\text{Hieruit volgt: } \varphi = \frac{R^2 \dot{R}}{r} \text{ en } v = -\frac{R^2 \dot{R}}{r^2}$$

We dienen in het oog te houden, dat $R^2 \dot{R}$ hier dus *geen* functie is van r , maar alleen van t .

Onze vergelijking (XII_a) wordt nu dus:

$$\frac{2R\dot{R}^2 + R^2\ddot{R}}{r} - \frac{1}{2} \frac{R^4 \dot{R}^2}{r^4} = 2,5 c^2 \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{7}} - 1 \right\}$$

Aan de gaszijde van het vlies hebben we:

$$P = P_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^{\gamma} = P_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} = P_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4$$

6) Deze methode ontleent steller aan Besant's "Hydrodynamics" IIe deel blz. 30 e.v., — bewerkt door Ramsay, London 1913 —, waarin de gelijkstelling $r = -\frac{\delta \varphi}{\delta r}$ toegepast wordt bij het oplossen van verschillende vraagstukken.

wanneer γ_{gas} , zooals we zagen $= 1\frac{1}{3}$ is. Hierin is P de druk op het vlies. De luchtbeweging *op* het vlies volgende, vinden we dus:

$$\frac{2R\dot{R}^2 + R^2\ddot{R}}{R} - \frac{1}{2} \frac{R^4 \dot{R}^2}{R^4} = 2,5 c^2 \left\{ \left(\frac{P_0}{p_0} \right)^{\frac{2}{7}} \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{8}{7}} - 1 \right\}$$

Zooals we zagen is de aanvangsdruk P_0 in den gasbol $= 24\,200$ kg/cm² en $p_0 = 1$ kg/cm². Dit geeft:

$$\frac{3}{2} \dot{R}^2 + R \ddot{R} = 2,5 c^2 \left\{ 17,9 \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{8}{7}} - 1 \right\} \dots \text{(XIII)}$$

De oplossing van deze vergelijking is:

$$\dot{R}^2 - 2,5 c^2 \left\{ \frac{14}{13} \cdot 17,9 \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{8}{7}} - \frac{2}{3} \right\} + \frac{C}{R^3} = 0$$

van de juistheid waarvan men zich kan overtuigen, door deze oplossing eerst met R^3 te vermenigvuldigen, daarna naar t te differentieëren en dan door R^2 te deelen. In het begin, juist na de detonatie is R nog gelijk R_0 en is $\dot{R} = 0$. Met deze randvoorwaarde C elimineerende, vinden we tenslotte:

$$\dot{R}^2 = 2,5 c^2 \left\{ 19,277 \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{8}{7}} - 18,61 \left(\frac{R_0}{R} \right)^3 - \frac{2}{3} \right\} \dots \text{(XIII}_a\text{)}$$

Verdere integratie lijkt niet goed mogelijk en is ook niet noodig, omdat we de beweging van de lucht nu zeer goed kunnen vaststellen door voor R zekere waarden aan te nemen, daaruit volgens (XIII_a) de snelheid en vervolgens uit (XIII) de versnelling te bepalen.

In bijgaanden *staat II* vindt men aldus voor verschillende waarden van R de snelheden en versnelingen opgegeven, evenals de temperatuur en den druk in den gasbol en verder den tijd, die voor den gasbol is noodig geweest, om zich tot dien straal R uit te zetten.

Staat II.

$\frac{R_0}{R}$	R in cm	$\dot{R} = v$ in m/sec	$\ddot{R}$ in m/sec ²	Abs. tempe- ratuur	Druk in kg/cm ²	Tijd in sec	$F(t)$ 1 m van O in m ³ /sec
I	5,3	0	$9,2 \times 10^6$	$5\,910^\circ$	24 200	0	0
0,98	5,41	436	8,33 "			$5 \cdot 10^{-6}$	1,28
0,95	5,57	659	7,1 "			8 "	2,05
0,90	5,9	915	5,2 "	$5\,300^\circ$	15 900	12 "	3,19
0,80	6,62	1175	2,53 "			19 "	5,15
0,70	7,57	1294	$85,5 \times 10^4$			27 "	7,42
0,60	8,83	1329	2,3 "	$3\,540^\circ$	3 140	36 "	10,4
0,50	10,60	1293	41,4 "			50 "	14,5
0,40	13,25	1192	45,2 "			71 "	20,9
0,30	17,67	1036	46,4 "			111 "	32,3
0,20	26,50	808	16,8 "	$1\,180^\circ$	38,7	200 "	56,7
0,15	35,33	654	9,5 "			327 "	81,7
0,10	53	452	4,2 "			647 "	127
0,08	66,25	342	2,6 "	473°	I	980 "	150
0,07	75,71	271	2 "			$1,29 \cdot 10^{-3}$	155
0,06	88,33	176	1,44 "			1,86 "	137
0,058	91,38	140	1,33 "			2,05 "	118
0,056	94,64	119	1,24 "	330°	0,248	2,30 "	106,5
0,054	98,15	81	1,15 "			2,65 "	78,2
0,053	100	41	1,10 "			2,95 "	41
0,0524	101	0	1,07 "	310°	0,183	3,5 "	0

N. B. In bovenstaanden staat is voor $24\,200 \frac{2}{7}$ bij vergissing 18, in stede van 17,9 gesteld. Op het verloop van de berekening heeft deze afwijking van de juistere waarde maar heel weinig invloed.

Door de ontploffing van 1 kg trotyl ontstaat dus een gasbol, welke na $3\frac{1}{2} \times 10^{-3}$ sec zijn grootsten omvang, n.l. een inhoud van $4,3 \text{ m}^3$ bij een straal van 1 meter, bereikt. Daarna klapt de bol weer samen, waarbij precies dezelfde beweging in omgekeerde richting wordt gemaakt. De differentiaalvergelijking voor die teruggaande beweging is natuurlijk een andere dan vergelijking (XIII_a), maar ze levert hetzelfde resultaat. Na dit samenkappen zou, indien geen energieverlies plaats vond, dezelfde uitzettingsbeweging van vooraf aan weer beginnen en zouden we dus na 7×10^{-3} sec een nieuwen en even grooten expansiestoot krijgen. Dit proces herhaalt zich na iedere 7×10^{-3} sec, totdat in werkelijkheid, tengevolge van energieverlies door straling en andere oorzaken, de beweging geheel afvlakt.

Dit resultaat is wel eenigszins verbluffend, aangezien men toch zeker, zoo op het gevoel af, verwacht zou hebben, dat bij de ontploffing van 1 kg trotyl een heel wat grotere gasbol zou ontstaan. Zou immers de 427 000 kgm energie van het trotyl langzaam afgegeven worden, dan zou met die energie een volume lucht van rond 43 m^3 , alzoo een 10 maal grotere hoeveelheid, verplaatst kunnen zijn (te berekenen uit $P_0 V = 427\,000 \text{ kgm}$). Inderdaad wijst berekening uit, dat wanneer we van een minder brisant explosief uitgaan, dus een explosief waarbij de volledige energie pas vrijkomt eenigen tijd na de detonatie, wanneer de gasbol zich reeds wat heeft uitgezet, de maximum omvang van dien gasbol groter zal zijn dan volgens het in staat II gegeven voorbeeld. *Hoe brisanter het explosief is, hoe kleiner dus de maximum omvang van den gasbol zal zijn en hoe sneller de pulseeringen zullen plaats hebben.* We hebben hierin dus een maat, waarmede de brisantheid van een explosief kan worden uitgedrukt.

Ook de zeer snelle pulseering zou men niet verwacht hebben. Intusschen dient hierbij opgemerkt te worden, dat de in staat II opgegeven snelheden berekend zijn onder aanname, dat $\frac{r}{W} = 0$ gesteld

mag worden. In werkelijkheid is W echter niet oneindig groot en zullen — naar stellers meening — de snelheden van de lucht niet veel groter dan de geluidssnelheid (ca 340 m/sec) kunnen zijn. In verband daarmede zal ook de tijd, benodigd voor 1 pulseering, veel meer dan 7×10^{-3} sec kunnen bedragen. Maar zelfs al zou die tijd verscheidene malen groter zijn, dan nog geeft deze pulseering een goede verklaring van het verschijnsel der drukflitsen, welke bij een ontploffing in de lucht worden waargenomen. De meening, dat deze drukflitsen een gevolg zouden zijn van het in golven ontbranden van het explosief, een meening, welke zich overigens moeilijk laat vereenigen met het feit, dat een detonatie zoo uiterst snel verloopt, is dus naar stellers vermoeden onjuist.

Aangezien alle cijfers in staat II — behalve die voor de versnelling R — ongewijzigd blijven, indien slechts de verhouding $R_0 : R$ dezelfde blijft, zien we, dat de maximum omvang van den gasbol en de tijd, benodigd om dien omvang te bereiken, evenredig zijn aan R_0 . Echter is R_0 ook evenredig aan den 3den

machtswortel van de hoeveelheid explosief, zoodat hieruit volgt, dat een ontploffing van bijv. 1 000 kg trotyl pulseeringen zal veroorzaken met een frequentie van 7×10^{-2} sec alzoo met een frequentie, 10 malen zoo groot als die voor 1 kg trotyl. Is het aantal pulseeringen, voordat deze beweging door energieverlies afvlakt, in beide gevallen even groot, dan is daarmede dus het verschijnsel verklaard, dat het geluid, veroorzaakt door het afschieten van een kanon, zooveel langer aanhoudt dan dat van een karabijnschot.

Verder zien we, hoe zonder rekening te houden met het energieverlies door straling — de teruggaande beweging bij deze pulseeringen, ook op groote afstanden, in alle opzichten even sterk is als de heengaande beweging. Een baksteenmuur, die ten gevolge van de aanwezigheid van enkele dwarsmuren den explosiedruk van de heengaande beweging heeft weerstaan, zal dus tengevolge van den tegenexplosiedruk nog zeker omver geworpen kunnen worden; dus in de richting naar den explosiehaard toe.

Intusschen moge er nogmaals aan herinnerd worden, dat ons gevonden resultaat — staat II — alleen maar bij benadering juist is, doordien in de potentiaal φ de term $\frac{r}{W}$ werd verwaarloosd. De gegeven

berekening zal men dus niet mogen voortzetten voor luchtdeelen op grooten afstand r van O ; slechts voor de beweging van het vlies kan het gevonden resultaat goed benaderend worden geacht — afgezien van het reeds vermelde feit, dat de beweging vermoedelijk in een minder snel tempo plaats heeft.

Die beweging van het vlies nu kan men zich, in-stede van door het gas, opgewekt denken door een niet stationnair bron $\varphi = \frac{F(t)}{r}$, waaruit een onsamendrukbaar medium stroomt. De waarde van $F(t)$ voor dezen bron, op 1 meter afstand van O , vindt men in de laatste kolom van staat II opgegeven en bovendien ook nog grafisch in onderstaande figuur 4.

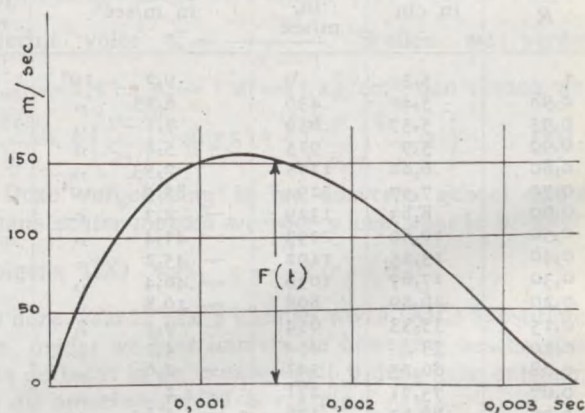


Fig. 4.

We stellen ons nu voor, dat onze gasbol, op het oogenblik dat hij zijn grootsten omvang heeft bereikt, plotseling tot een massief geheel verstart. Op dat oogenblik zal dat massief ten gevolge van de

negatieve versnelling en den onderdruk — zie de laatste cijfers van *staat II* — een impulsie van eindige grootte in de richting van O krijgen; de lucht — buiten het massief — zou dan, door samenpersing en weer ontspanning in beweging blijven. Indien die lucht nu eens *niet* samendrukbaar was, zou na dat verstarren echter geen beweging meer plaats hebben. De door de ontploffing veroorzaakte beweging zou zich in dit geval instantaan door de geheele luchtmasa hebben voortgezet en voor alle punten op hetzelfde oogenblik dat de bol verstart, ophouden. De snelheid dier beweging zou voor ieder punt op den afstand R (in meters) van O gelijk zijn aan de in *figuur 4* gegeven waarden van $F(t)$ ⁷⁾ gedeeld door R^2 , terwijl de totale tijdsduur van de beweging voor ieder punt dezelfde n.l. $3\frac{1}{2} \cdot 10^{-3}$ sec zou zijn. Deze beweging, die voor ieder punt zou resulteren in een verplaatsing, waarvan de grootte evenredig is aan $\frac{1}{R^2}$, zal in het ondervolgende aangeduid worden met „geval I”.

In werkelijkheid is deze instantane beweging en verplaatsing echter niet mogelijk. Er ontstaat een expansiegolf, welke die verplaatsing veroorzaakt en achter welke expansiegolf, blijkens de laatste cijfers van *staat II*, een onderdruk in het medium — de lucht — voorkomt.

Tengevolge van dezen onderdruk, dus uitzetting van het volume, zal de voorwaartsche verplaatsing van ieder luchtdeeltje grooter en mogelijk véél grooter zijn dan in het instantane „geval I”. Voor punten op verschillende afstanden R van O moet echter ook de grootte van die grootere verplaatsing, evenals in het instantane geval, evenredig blijven aan $\frac{1}{R^2}$. Immers alleen maar *dán*, zal de zich tus-

schen verstarren gasbol en de expansiegolf bevindende luchtmasa een — door den onderdruk veroorzaakte — *eindig* groote „negatieve” energie kunnen bevatten, gelijk aan de impulsie, die op den verstarren gasbol wordt uitgeoefend.

Volgens de bestaande opvattingen in de theorie der oneindig kleine expansiegolven blijft de lengte van de golf constant en neemt de snelheid van de mediumdeelen in de golf evenredig aan $\frac{1}{R}$ in grootte

af. Deze laatste evenredigheid is, zooals we gezien hebben — zie vergelijking (X) — voor punten op grooten afstand van O — of voor kleine golven — juist. Indien echter de lengte van de golf daarbij even groot bleef, zou de verplaatsing, door de golf

veroorzaakt, evenredig zijn aan $\frac{1}{R}$. In dit geval zouden we, 2 punten op de — grootere — afstanden R_1 en R_2 van O beschouwende, het volgende hebben (zie *figuur 5*).

7) Behoudens een klein verschil, hierdoor veroorzaakt, dat de differentiaalvergelijking (XII) nu ρ constant is, een weinig verandert. Een berekening heeft echter uitgewezen, dat de met constante ρ verkregen gasbolbeweging niet veel van die van *staat II* verschilt.

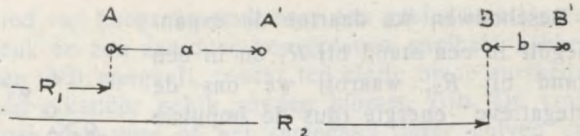


Fig. 5.

Verplaatst het punt A zich onder de golf een afstand van a meters voorwaarts, dan zal het punt B zich verplaatsen $b = a \frac{R_1}{R_2}$ m. De inhoud van de bolschaal tusschen A en B bedraagt:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi \{ R_2^3 - R_1^3 \} m^3$$

en die tusschen A' en B' :

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi \left\{ \left(R_2 + a \frac{R_1}{R_2} \right)^3 - (R_1 + a)^3 \right\} m^3$$

of bij verwaarloozing van de hogere machten van a :

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi \{ R_2^3 - R_1^3 + 3 a R_1 (R_2 - R_1) \} m^3.$$

Oorspronkelijk bedroeg de druk tusschen A en B : p_0 atmosfeer, welke druk, aangezien de bolschaalmasa tusschen A' en B' = de bolschaalmasa tusschen A en B , voor de massa tusschen A' en B' zal bedragen:

$$p = p_0 - \Delta p = p_0 \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\kappa} = p_0 \left\{ 1 - \kappa \frac{3 a R_1 (R_2 - R_1)}{R_2^3 - R_1^3} \right\}.$$

De „negatieve” energie van de bolschaal tusschen A' en B' bedraagt dus $\Delta p V_1$ kgm minder of:

$$4 a \kappa \pi p_0 \left\{ R_1 (R_2 - R_1) + \frac{R_1^2 (R_2 - R_1)^2 \cdot 3 a}{R_2^3 - R_1^3} \right\} \text{ kgm}$$

minder dan oorspronkelijk, zoodat deze „negatieve” energie *oneindig* groot zou worden voor $R_2 \rightarrow \infty$.

Voor het geval, dat de grootte van de verplaatsing der luchtdeeltjes — conform de bestaande opvatting — evenredig zou zijn aan $\frac{1}{R}$, zou dus ten slotte

achter den verstarren gasbol een luchtmasa gevormd worden, waarin een oneindig groote „negatieve” energie is opgehoopt en die een *oneindig* groote impulsie op den verstarren gasbol zou veroorzaken.

Met het bovenstaande is feitelijk reeds voldoende aangetoond, dat de grootte van de verplaatsing der luchtdeeltjes door de expansiegolf evenredig moet

zijn aan $\frac{1}{R^2}$ en *niet* aan $\frac{1}{R}$. We kunnen echter ook om een andere reden tot deze conclusie, welke impliceert dat op grooten afstand van O de golfenlengte evenredig is aan $\frac{1}{R}$, komen.

Beschouwen we daartoe de expansiegolf in een stand bij R_1 en in een stand bij R_2 , waarbij we ons de „negatieve” energie (dus de impulsie op den versterden bolschaal) meegedragen kunnen denken in den staart van de golf. Vóór en achter de golf bevindt het medium zich dan in normale omstandigheden, dus onder een druk p_0 .

Bij het voortschnellen van de golf zal dan onder deze omstandigheden de hoeveelheid van beweging die ze bezit en die ontstaan is door de ontploffingsimpulsie, even groot moeten blijven. De lengte van de golf zij $= L_1$ bij R_1 en $= L_2$ bij R_2 .

Uit de gelijkheid der hoeveelheid van beweging in beide standen volgt dan:

$$4 \pi R_1^2 L_1 (\rho_1 v_1)_{\text{gem.}} = 4 \pi R_2^2 L_2 (\rho_2 v_2)_{\text{gem.}}$$

of aangezien ρ en v evenredig zijn aan $\frac{1}{R}$:

$$R_1^2 L_1 \{ v_1 (\rho_0 + \Delta \rho) \}_{\text{gem.}} = \\ = R_2^2 L_2 \left\{ v_1 \frac{R_1}{R_2} \left(\rho_0 + \Delta \rho \frac{R_1}{R_2} \right) \right\}_{\text{gem.}}$$

Voor zeer kleine waarden van $\Delta \rho$ vinden we dus:

$$R_1 L_1 = R_2 L_2$$

of m.a.w. op grooten afstand van den ontploffingshaard zal de golf zich omgekeerd evenredig aan dien afstand verkorten.

Op grooten afstand van O is echter de golfsnelheid constant (n.l. = de geluidssnelheid) en zal dus de grootte van de verplaatsing der mediumdeeltjes door

de golf evenredig moeten zijn aan $\frac{1}{R^2}$. Deze con-

clusies gelden uiteraard ook voor oneindig kleine, dus geluidsgolven, maar dan ook voor afstanden tot zeer dicht bij den haard.

Van een zich voortbewegen van de golfdeelen van grootere dichtheid sneller dan de golfdeelen van mindere dichtheid — conclusie van R i e m a n n —, hetgeen zou resulteren in een steeds langer worden van de golf, kan dus geen sprake zijn. Integendeel, doordien de grootste dichtheid van een golf zich aan den kop bevindt, zullen ten gevolge van de golfverkortening de deelen van geringere dichtheid zich met iets grootere golfsnelheid moeten voortplanten dan de deelen van grootere dichtheid, hetgeen zonder aan de formule (V) afbreuk te doen zooals we hebben gezien mogelijk is, door in de golf een beweging te veronderstellen als in een vloeistofstroom.

Ten gevolge van het — op grooteren afstand van O — zoowel in hoogte- als in lengterichting gelijkmatig samentrekken van de golf, blijft deze dus geheel gelijkvormig. Deze gelijkvormigheid blijft voor geluidsgolven, waarbij $\Delta \rho$ tot vlak bij den haard oneindig klein is, tot zéér dicht bij den haard bestaan; een conclusie die feitelijk voor de hand ligt. Immers, waar het timbre van een geluid een gevolg is van den golfvorm en dit timbre op grooten afstand van de

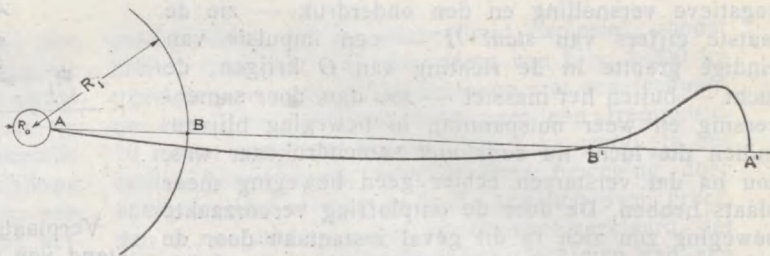


Fig. 6.

geluidsbron niet anders klinkt dan dichterbij (het geluid van een viool verandert op eenigen afstand immers niet in dat van een piano) kan geen golfvervorming plaats hebben.

Gaan we thans over tot een beschouwing over de ontstaanswijze van een expansiegolf en wel als functie van den druk. Naar steller zich voorstelt geschiedt dit aldus:

Zoodra in ons ontploffingsvoorbeeld de enorme gasdruk van 24 200 atmosfeer is ontstaan en het vlies zich met de in staat II opgegeven snelheden in beweging stelt, zal aan de andere zijde van het vlies de lucht samengeperst worden.

De allereerste samenpersing, beginnende bij A (zie figuur 6), zal als een verdichtingsgolf voortschnellen, maar wordt, aangezien de snelheid van het vlies toeneemt, gevolgd door grootere verdichtingsgolven. Deze verdichtingen nemen toe, totdat $R = v$ haar maximum heeft bereikt, om daarna weer af te nemen.

Heeft de gasbol zijn grootsten omvang R_1 bereikt, dan klapt hij weer samen en zal van het vlies af een onderdruk golf uitgezonden worden. Is de gasbol geheel samengeklapt tot het oorspronkelijke volume van het trotyl, dan hebben we dus den toestand zooals deze in figuur 6 is voorgesteld. Het punt A heeft zich in $2 \times 3\frac{1}{2} \times 10^{-3}$ sec verplaatst over een afstand:

$$L_A = \int_0^{7 \cdot 10^{-3}} w dt \text{ meter en het punt } B \text{ over een afstand}$$

$$L_B = \int_0^{3,5 \cdot 10^{-3}} w dt \text{ meter zoodat, ingeval } W \text{ in beide}$$

gevallen gelijk zou zijn, de onderdruk golf ($R_1 - R_0$) meter langer zou zijn dan de verdichtingsgolf. In werkelijkheid zal, omdat W van de verdichtingsgolf volgens vergelijking (V) grooter is dan W van de verdunningsgolf, de lengte van de verdunningsgolf nog veel meer bedragen. Dit is geheel in overeenstemming met de waarnemingen; oscillogrammen, niet ver van een explosie opgenomen, hebben uitgeezen dat de verdunningsgolf — dicht bij den haard — véél langer is dan de verdichtingsgolf.

Overigens moge opgemerkt worden, dat in ons geval — de ontploffing van 1 kg trotyl — het punt A' , indien we tusschen A en A' een gemiddelden overdruk van slechts 10 atmosfeer aannemen, waarbij W volgens formule (VI) reeds $3 \times$ de normale geluidssnelheid bedraagt, zich op een afstand van minstens $2 \times 3\frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 3 \times 340 \text{ m} =$ ruim 7 meter van O zal bevinden.

We kunnen thans veronderstellen, dat op hetzelfde moment dat de gasbol is samengeklapt, alle energie

is omgezet in een bol trotyl van 1 kg. We zien dan dat het samenstel van verdichtings- en verdunningsgolf de energie = 0 moet hebben en dat bij het voortsnelen van deze samengestelde golf, aangezien vóór en achter de golf de lucht zich in normalen toestand bevindt, die totale energie = 0 moet blijven.

Wat de energie van de verdichtingsgolf betreft, moge opgemerkt worden, dat we de lucht als een volkomen elastisch lichaam hebben beschouwd. Nadat de gasbol zijn grootsten omvang R_1 had bereikt, is hij weer samengeklapt of m.a.w. de energie heeft zich omgewend naar O . Door dit omwenden — 180° draaien — zal een energiehoeveelheid van $2 \times$ de explosie-energie in positieve richting uitgezonden worden of m.a.w. in de verdichtingsgolf zal een energie van $2E$ aanwezig zijn. In ons geval zal dus de verdichtingsgolf $A' - B'$ van *figuur 6* een energie bevatten van $2 \times 427\,000 \text{ kgm} = 854\,000 \text{ kgm}$.

Met deze energie brengt de golf de luchtdeelen, welke zich in haar bevinden in beweging, welke beweging weer afgeremd wordt en resulteert in een bepaalde verplaatsing der luchtdeelen en waarbij dus energie verbruikt wordt. Hetzelfde gebeurt door de onderdruk-golf in negatieve richting, zoodat ook de „negatieve” energie der onderdruk-golf tijdens haar voortsnelen zal verminderen.

Alle beweging van de lucht heeft dus enkel onder de golf plaats; deze is dus niet het *verschijnsel*, dat de beweging inluidt, maar is *identiek met de beweging zelf*. Buiten de golf bestaat dus geen beweging en verkeert het medium in normale omstandigheden.

We komen thans aan een moeilijk verklaarbaar punt.

Volgens (VI) zou voor eindige — niet oneindig kleine — waarden van v , de onderdruk-golf zich langzamer moeten voortplanten dan de verdichtingsgolf en zouden deze golven dus uit elkander moeten trekken. In werkelijkheid blijven ze echter, blijkens de waarnemingen (oscillogrammen), samenhangen.

Een verklaring voor dezen samenhang meent steller aldus te kunnen geven. Vroeger — bij het voorbeeld van het verstarren van den gasbol in zijn grootsten omvang — hebben we gezien, dat een enkele verdichtingsgolf in normale lucht niet mogelijk is en dat zich achter deze golf een onderdrukrimte moet vormen, waarvan de „negatieve” energie ten slotte gelijk aan de impulsie op den verstarren gasbol moet zijn. De verdichtingsgolf zou dan een vorm moeten hebben als in *figuur 7* is geteekend.

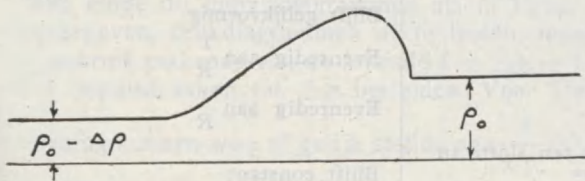


Fig. 7.

De golf zou zich dus tegen een hoogerem druk aan de voorzijde in, verplaatsen en daardoor een geringere snelheid hebben, dan uit (VI) zou volgen. De onderdruk-golf daarentegen beweegt zich van een ge-

bied van hoogerem druk naar een gebied van lagerem druk en zou daardoor een grootere snelheid hebben, dan (VI) aangeeft, zoodat ten slotte beide snelheden aan elkander gelijk zouden kunnen zijn. De vraag doet zich voor of het samenstel dezer golven dan niet altijd met *constante* geluidssnelheid voortijlt en of de dicht bij den haard experimenteel geconstateerde grootere golfsnelheid niet alleen maar betrekking heeft op de golf gedurende haar ontstaan, dus alleen maar gedurende den tijd, dat ze in hoofdzaak uit verdichting bestaat. In ons geval zou dan, van het oogenblik af, dat de stand van *figuur 6* is bereikt, de golfsnelheid constant blijven.

Een antwoord op dezer suggestie zal alleen maar door nauwkeurige waarneming verkregen kunnen worden. Hoe het echter ook zij, waarnemingen hebben uitgewezen dat op verren afstand van O de 2 golven niet alleen samenhangen, maar dat hare lengten langzamerhand gelijk wordt en waaruit dus volgt dat ook de mediumsnelheden in de 2 golven even groot worden. Beschouwen we nu zoo'n golvenpaar op grooten afstand R van O (zie *figuur 8*).

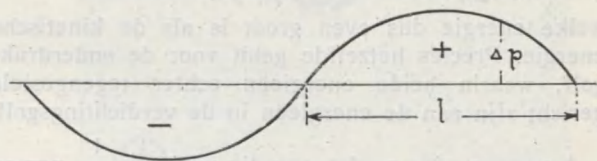


Fig. 8.

Zooals we gezien hebben, moet de gezamenlijke energie van dit stelsel precies 0 zijn. Dit blijkt ook uit de volgende overweging. Zou die energie *niet* = 0 zijn, dan zou bij iedere pulseering een zekere hoeveelheid energie uitgezonden worden, zoodat bij een oneindig aantal pulseeringen — welke zouden plaats hebben, indien er geen stralingsverlies was — ook een oneindig groote energie uitgezonden zou worden van O uit. De bestaande opvatting, dat de energie, welke in zoo'n golf (geluidsgolf) opgehoopt zit, gelijk is aan 2 maal de kinetische energie, is dus onjuist.

De mediumsnelheid in de golf van *figuur 8* bedraagt volgens (VI), aangezien Δp klein is op grooten afstand R ,

$$V = \frac{c \Delta p}{\kappa p_0} = \frac{\Delta p}{(\kappa p_0 \rho_0)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (XIV)$$

De kinetische energie van de +golf bedraagt dus:

$$E_1 = \frac{1}{2} \rho_0 4 \pi R^2 \int_0^1 \frac{(\Delta p)^2}{\kappa p_0 \rho_0} dl \text{ kgm.}$$

Verdeelen we de lengte l in kleine stukken Δl dan kunnen we ook schrijven:

$$E_1 = \frac{2 \pi R^2}{\kappa p_0} \Sigma \Delta l (\Delta p)^2 \text{ kgm} \dots\dots\dots (XV)$$

De statische energie van de golf zou op deze wijze vastgesteld kunnen worden.

Hebben we een vat van $V \text{ m}^3$ inhoud en daarin een gas onder een druk p_0 , dan kost het samenpersen van dit gas tot het volume $V - \Delta V$ is bereikt een arbeid van:

$$L = \frac{p_0 V_0}{\kappa - 1} \left\{ \left(\frac{V_0}{V_0 - \Delta V} \right)^\kappa - 1 \right\} \text{ kgm} =$$

$$= \frac{p_0 V_0}{\kappa - 1} \left\{ (\kappa - 1) \frac{\Delta V}{V_0} + \right.$$

$$\left. + \frac{\kappa(\kappa - 1)}{2} \left(\frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 + \dots \right\} \text{ kgm}.$$

Deze arbeid wordt hier (in de golf) echter verricht onder normalen luchtdruk, welke luchtdruk een arbeid levert van $p_0 \Delta V$ kgm. Voor de vereischte samenpersing is dus slechts noodig geweest een energie van:

$$p_0 V_0 \frac{\kappa}{2} \left(\frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 \text{ kgm} =$$

$$= p_0 V_0 \frac{1}{2\kappa} \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 \text{ kgm, aangezien } \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{1}{\kappa} \frac{\Delta p}{p_0}.$$

Het bovenstaande geldt voor iedere lamel dik Δl , waaruit dus volgt, dat de geheele +golf een statische energie bevat:

$$E_2 = \frac{p_0}{2\kappa} \Sigma 4 \pi R^2 \Delta l \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 \text{ kgm} \dots\dots\dots (\text{XVI})$$

welke energie dus even groot is als de kinetische energie. Precies hetzelfde geldt voor de onderdruk-golf, waarin beide energieën echter tegengesteld gericht zijn aan de energieën in de verdichtingsgolf.

Aangezien Δp en l evenredig zijn aan $\frac{1}{R}$, nemen

E_1 , zoowel als E_2 in grootte af, evenredig aan $\frac{1}{R}$,

zoodat de energie van de +golf in het oneindige = 0 is. Volgens de bestaande opvatting zou de golf-energie tot in het oneindige constant blijven.

Komt de expansiegolf in botsing met een voorwerp, bijv. een muur, dan zal ze daarop een impulsie uitoefenen, n.l. een druk Δp benevens een druk als gevolg van de stroomsnelheid v van het medium (de lucht). Deze laatste druk bedraagt, indien de stroomsnelheid volledig teruggekaatst wordt ρv^2 en in geval ze niet teruggekaatst wordt $\frac{1}{2} \rho v^2$. Voor de +golf kunnen we de totale impulsie per oppervlakte-eenheid dus stellen op:

$$I = \int (\Delta p + \rho v^2) dt$$

en voor de — golf op:

$$I = \int (\Delta p + \frac{1}{2} \rho v^2) dt.$$

Een indruk van de grootte dezer impulsies krijgt men uit oscillogrammen, welke deze impulsies — en dus niet den druk Δp ! — registreeren en welke oscillogrammen ook inderdaad voor de —golf een kleineren uitslag registreeren dan voor de +golf.

Per oppervlakte-eenheid (dus hier per m^2) gelegen op grooteren afstand R van den haard O , is de totale +golimpulsie, dus de vernielkracht, aldus te berekenen:

De tijd, welken een lamel dik Δl noodig heeft om een punt te passeeren, bedraagt $\frac{\Delta l}{c}$ sec. In dien tijd heeft een luchtmassadeeltje in die golflamel een weg afgelegd:

$$v \frac{\Delta l}{c} = \frac{c}{\kappa} \cdot \frac{\Delta p}{p_0} \cdot \frac{\Delta l}{c} = \frac{1}{\kappa} \frac{\Delta p}{p_0} \Delta l$$

zoodat per m^2 een energie wordt opgevangen:

$$E = \frac{1}{\kappa} \frac{\Delta p}{p_0} \Delta l (\Delta p + \rho v^2) \text{ kgm}.$$

$$\text{Aangezien volgens (XIV): } v^2 = \frac{(\Delta p)^2}{\kappa p_0 \rho_0}$$

zal dus de totale impulsarbeid van de +golf, bij het passeeren van een punt, per m^2 bedragen:

$$E = \frac{1}{\kappa p_0} \Sigma \Delta l \left\{ (\Delta p)^2 + \frac{\rho}{\kappa p_0 \rho_0} (\Delta p)^3 \right\} \text{ kgm}.$$

Voor kleine waarden van Δp is $(\Delta p)^3$ te verwaarloozen, zoodat op grooteren afstand van O de vernielkracht van de +golf per m^2 gelijk is aan de totale +golfeenergie [zie (XV) en (XVI)] per m^2 . Deze vernielkracht neemt dus per m^2 trefvlak evenredig aan $\frac{1}{R^3}$ in grootte af.

Voor plaatsen dicht bij O gelegen is die vernielkracht niet in zoo'n eenvoudige formule neer te leggen, doch uit de formules (VI) zeer wel te berekenen.

Resumeerende komen we dus tot het besluit, dat de in bovenstaande verhandeling ontwikkelde theorie, toegepast op zeer kleine golven, de navolgende verschillen met de bestaande theorie vertoont:

	Bestaande theorie voor oneindig kleine golven	Theorie van steller toegepast op oneindig kleine golven
Golfvorm	Veranderlijk	Blijft gelijkvormig
Golflengte	Constant	Evenredig aan $\frac{1}{R}$
Δp , $\Delta \rho$ en v	Evenredig aan $\frac{1}{R}$	Evenredig aan $\frac{1}{R}$
Hoeveelheid van beweging van de +golf	Neemt toe en wordt ten slotte in het oneindige = ∞	Blijft constant
Energie van de +golf	Blijft constant	Evenredig aan $\frac{1}{R}$
Som der energieën van + en — golf	$2 \times$ de kinetische energie der golven	Is gelijk 0
Vernielkracht	Evenredig aan $\frac{1}{R^2}$	Evenredig aan $\frac{1}{R^3}$

In het kort komen deze verschillen dus hierop neer, dat terwijl volgens de bestaande opvatting een reeks geluidsgolven een continuen slingervorm heeft, volgens steller die continue vorm slechts bij de bron voorkomt, maar dat verderop, ten gevolge van de samentrekking, afzonderlijke $+$ en $-$ golfparen ontstaan, een en ander als in *figuur 9 a* en *b* is aangegeven.

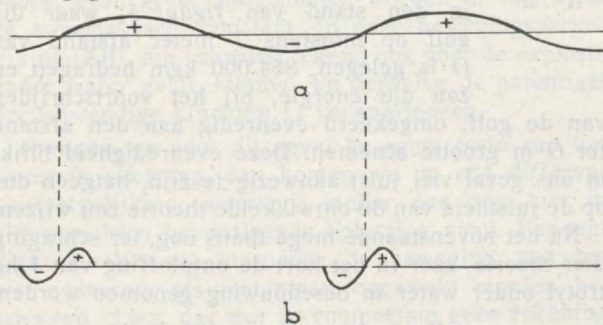


Fig. 9.

Toepassing op waarnemingen.

We zullen thans aan de hand van waarnemingen bovenstaande theorieën toetsen.

Die waarnemingen bestaan uit oscillogrammen van de impulsdrukken, welke men op verschillende afstanden van een ontploffing heeft opgenomen.

Deze drukken bepaalt men met een door een membraan afgesloten doos, waarin een druk p_0 heerscht.

Volgens een verhandeling van W. Schneider⁸⁾ zouden de tot dusverre gebezigde membranen niet doelmatig geconstrueerd zijn en de golf vertee-kend weergeven, doordien onvoldoende rekening zou zijn gehouden met de eigen massa en de eigen trillingsfrequentie der membranen. Na een zeer ingewikkelde mathematische berekening komt de schrijver dan ten slotte tot een door hem geconstrueerd en door de firma Siemens dynamisch geijkt membraan, dat naar verluidt den golfvorm vrij juist zou weergeven.

De met dit membraan verkregen oscillogrammen, opgenomen op 160 resp. 240 meter afstand van de plaats waar 1 kg trotyl tot ontploffing werd gebracht, vindt men hiernaast in *figuur 10* weergegeven.

Op beide oscillogrammen blijkt nog een trilling met een frequentie van ongeveer 1000 Herz te zijn gesuperponeerd. Een verklaring van deze trilling weet de genoemde auteur echter niet te geven.

Ten einde uit impulsdiagrammen als in *figuur 10* weergegeven, drukdiagrammen af te leiden, moeten we, gebruik makende van de formule $I = \Delta p + \rho v^2$, deze impulsdrukken tot Δp herleiden. Voor kleine beweging kunnen we ρv^2 gelijk stellen aan $\frac{1}{\rho_0} (\Delta p)^2$

(zie XIV); voor eindige drukverschillen dienen we voor v de waarde uit (VI) te nemen. Op deze wijze bepaald, vindt men in achterstaande grafiek (*figuur 11*)

8) W. Schneider: Untersuchungen zur Bestimmung des Druckes in dem beim Sprengen und Schieszen entstehenden Luftstosswellen, *Ztschr. f. d. gesamte Schiesz- und Sprengstoffwesen*. 1939, No. 9 t/m 12.

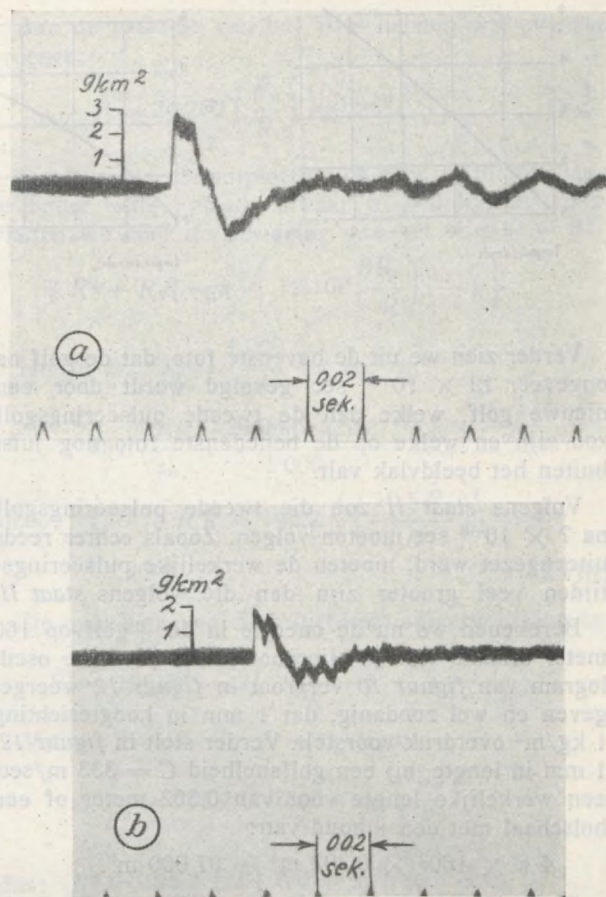


Fig. 10. Oscillogram van de ontploffing van 1 kg trotyl; a. op 160 m en b. op 240 m afstand van den explosiehaard gemeten.

het verband tusschen impulsdruk en overdruk voor de $+$ golf aangegeven.

Uit de *figuur* zien we, hoe voor kleine waarden van Δp de impulsdruk nagenoeg gelijk is aan den overdruk. Voor grootere waarden van Δp stijgt de impulsdruk echter progressief en bereikt voor $\Delta p = 100$ atmosfeer reeds de waarde van 2120 atmosfeer. We zien hieruit, dat waargenomen groote impulsdrukken volstrekt niet erop wijzen, dat de gasdruk van het explosief van dezelfde grootte-orde moet zijn. Vermoedelijk is, zooals in aanvang dezes reeds werd medegedeeld, de op deze waarnemingen gebaseerde meening, dat de aanvangsdruk in den juist ontbranden trotylbol 10^5 tot 10^6 at zou bedragen, dus onjuist.

Keeren we echter thans terug tot onze *figuur 10* welke we, zooals uit de verhoudingscijfers van *figuur 11* blijkt, kunnen beschouwen als de drukdiagrammen in de golven. Uit de 2 opnamen blijkt dan, dat de maximum overdrukken Δp zich tot elkander verhouden als 9 : 6, alzoo evenredig zijn aan de afstanden tot den ontploffingshaard, hetgeen geheel in overeenstemming is met bovenstaande theorie.

Ook blijkt uit deze opnamen, dat de golf zich verkort. Door het optreden van bijtrillingen is die verkorting helaas niet precies af te meten. Zooals de lezer echter zelf kan concluderen, zou ook voor die verhouding der golflengten, de evenredigheid 9 : 6 zijn op te maken.

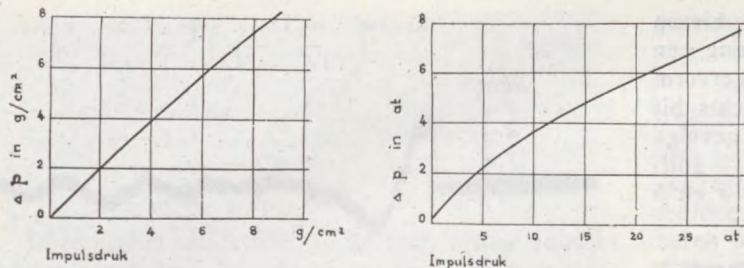


Fig. 11.

Verder zien we uit de bovenste foto, dat de golf na ongeveer 12×10^{-2} sec gevolgd wordt door een nieuwe golf, welke dan de tweede pulseeringsgolf zou zijn en welke op de benedenste foto nog juist buiten het beeldvlak valt.

Volgens *staat II* zou die tweede pulseeringsgolf na 7×10^{-3} sec moeten volgen. Zooals echter reeds uiteengezet werd, moeten de werkelijke pulseeringstijden veel grooter zijn dan die volgens *staat II*.

Berekenen we nu de energie in de +golf op 160 meter afstand van *O*. Hiervoor is het bovenste oscillogram van *figuur 10* vergroot in *figuur 12* weergegeven en wel zoodanig, dat 1 mm in hoogterichting 1 kg/m² overdruk voorstelt. Verder stelt in *figuur 12*, 1 mm in lengte, bij een golfsnelheid $C = 333$ m/sec, een werkelijke lengte voor van 0,302 meter of een bolschaal met een inhoud van:

$$4\pi \times 160^2 \times 0,302 \text{ m}^3 = 97\,000 \text{ m}^3.$$

Deze inhoud is dus de in (XVI) voorkomende grootheid $4\pi R^2 \Delta l$, wanneer we $\Delta l = 1$ mm op de teekening stellen.

Door sommatie van $(\Delta p)^2$ vinden we dan $\Sigma (\Delta p)^2 = 5\,310 \text{ kg}^2/\text{m}^4$ en als statische energie van de +golf conform (XVI):

$$E_2 = \frac{1}{2} \frac{1}{\gamma p_0} \cdot 97\,000 \cdot 5\,310 \text{ kgm} = 18\,400 \text{ kgm},$$

zoodat de totale +golf-energie bedraagt $2 \times 18\,400 = 36\,800 \text{ kgm}$.

Zooals we hebben gezien, moet de energie van de +golf bij het ontstaan, in den stand van *figuur 5*, waar die golf op minstens 7 meter afstand van *O* is gelegen, 854 000 kgm bedragen en zou die energie, bij het voortschrijden

van de golf, omgekeerd evenredig aan den afstand tot *O* in grootte afnemen. Deze evenredigheid blijkt in ons geval vrij juist aanwezig te zijn, hetgeen dus op de juistheid van de ontwikkelde theorie zou wijzen.

Na het bovenstaande moge thans nog, ter schraging dier theorie, zeer in het kort de ontploffing van 1 kg trotyl onder water in beschouwing genomen worden.

Explosie onder water.

Wanneer een in den grond ingedrongen vliegtuigbom tot explosie komt, vormt zich een krater in den grond, doordien een kegelvormig grondsegment uitgeworpen wordt (zie *figuur 13*).

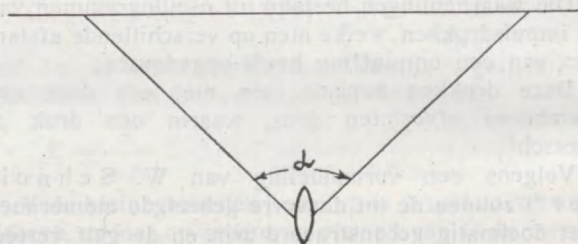


Fig. 13.

Blijkens foto's van mijnontploffingen op zee, waarbij men groote hoeveelheden water ziet omhoog geworpen worden, doet ditzelfde verschijnsel zich ook bij water voor, waarbij dan echter de hoek α van *figuur 13* zich tijdens dit verschijnsel samentrekt en ten slotte veel kleiner wordt dan bij grond. Insteede van in strooming over te gaan, gedraagt dit water zich dus een oogenblik als een vast lichaam, ten gevolge van de groote en snelle samenpersing.

Het is dan echter noodig, dat de ontploffing op niet te groote diepte plaats heeft. Is n.l. de diepte zoo groot, dat het gewicht van den waterkegel boven het explosiepunt grooter zou zijn dan de gasdruk op den kegelkop, dan zullen na eenigen tijd slechts enkele bellen van nog niet in het water opgelost gas omhoog borrelen, zooals steller waarnam bij het tot ontplof-

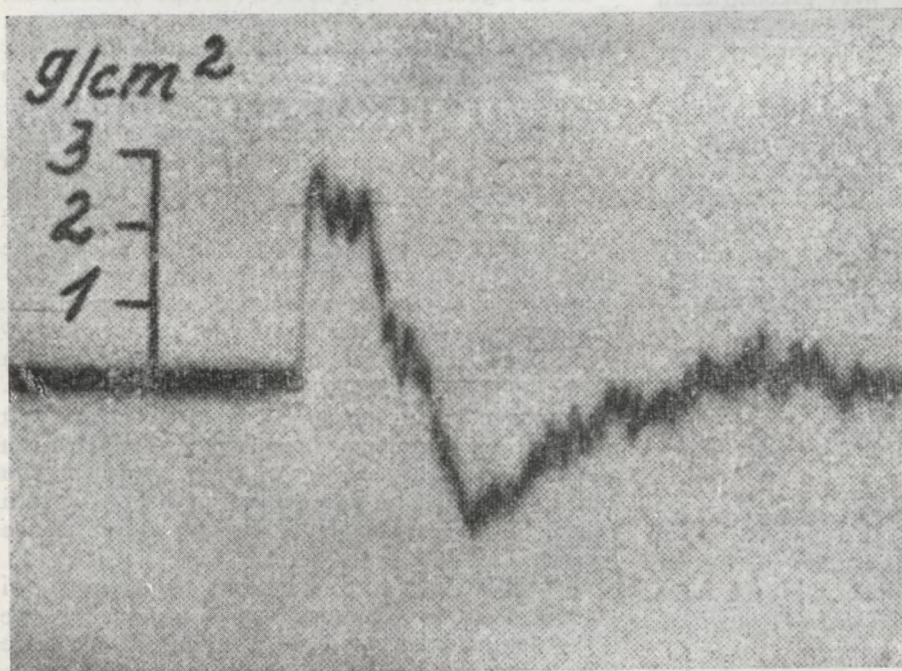


Fig. 12. Vergroot gedeelte uit het oscillogram van fig. 10a.

ting brengen van een bundel dynamietpatronen in een meertje.

Teneinde het geval zoo eenvoudig mogelijk te stellen, zal hier aangenomen worden, dat de explosie op zoodanige diepte onder water plaats heeft, dat geen water omhoog geworpen wordt. Op die diepte kan dan ook de waterdruk op den ontstane gasbol overal even groot aangenomen worden of m.a.w. is de zwaartekracht constant. In onze bewegingsvergelijking (XII), die vanzelfsprekend ook voor de explosie onder water geldt, kunnen we derhalve de potentiaal der uitwendige krachten Ω verwaarloozen.

Brengen we voor dit geval de compressie van het water in rekening, dan komen we op een differentiaalvergelijking, waarvoor steller een nog niet in alle opzichten bevredigende oplossing vond. Eenvoudigheidshalve zal hieronder de beweging van het water daarom als instantaan opgewekt worden beschouwd, d.w.z. dat met de compressie geen rekening wordt gehouden of ook dat de golfsnelheid W oneindig groot wordt verondersteld.

We vinden dan voor vergelijking (XII), na eliminatie van C :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial r} \right)^2 + \frac{p - p_0}{\rho_0}.$$

Hierin is dus φ niet bij benadering, maar precies $\frac{F(t)}{r}$.

De beweging van den gasbol volgende, waarvan de straal $= R$ is, hebben we evenals vroeger:

$$F(t) = R^2 \ddot{R},$$

zoodat vergelijking (XVII) wordt:

$$\frac{2R\dot{R}^2 + R^2\ddot{R}}{r} - \frac{1}{2} \frac{R^4\ddot{R}^2}{r^4} = \frac{p - p_0}{\rho_0} = \frac{p_0}{\rho_0} \left\{ \frac{p}{p_0} - 1 \right\}.$$

Aan de gaszijde van het vlies hebben we, evenals vroeger:

$$P = 24\,200 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4 \text{ kg/cm}^2.$$

Heeft verder de ontploffing op bijv. 10 meter diepte onder water plaats, alwaar $p_0 = 2 \text{ kg/cm}^2$, dan vinden we voor de beweging van het vlies ($r = R$):

$$\frac{3}{2} \dot{R}^2 + R \ddot{R} = \frac{p_0}{\rho_0} \left\{ 12\,100 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4 - 1 \right\}.$$

$$\text{Hierin is: } \rho_0 = \frac{1\,000}{9,81} \text{ kg sec}^2/\text{m}^4$$

$$\text{en: } \frac{p_0}{\rho_0} = \frac{20\,000 \cdot 9,81}{1\,000} = 196,2 \text{ m}^2/\text{sec}^2$$

$$\text{alzo: } \frac{3}{2} \dot{R}^2 + R \ddot{R} = 196,2 \left\{ \left(\frac{10,5 R_0}{R} \right)^4 - 1 \right\} \dots\dots\dots \text{(XVIII)}$$

De oplossing van deze differentiaalvergelijking is:

$$\dot{R}^2 = 196,2 \left\{ -2 \left(\frac{10,5 R_0}{R} \right)^4 - \frac{2}{3} \right\} + \frac{C}{R^3}.$$

Voor: $R = R_0$ is $\dot{R} = 0$, alzo

$$\frac{C}{R^3} = 196,2 \left(24\,200 + \frac{2}{3} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^3$$

$$\text{dus: } \dot{R}^2 = 196,2 \left\{ \left(24\,200 + \frac{2}{3} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^3 - 24\,200 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4 - \frac{2}{3} \right\} \dots\dots\dots \text{(XIX)}$$

In ondervolgenden staat III vindt men voor verschillende waarden van R de snelheid van het water op het vlies opgegeven, benevens den tijd benodigd voor het bereiken van die grootte van R en de waarde van $F(t)$ op 1 meter afstand van O .

Staat III.

$\frac{R_0}{R}$	R in cm	$\dot{R} = v$ in m/sec	p in at	T abs	Tijd in sec	$F(t)$ in m ³ /sec
I	5,3	0	24 200	5910°	0	0
0,98	5,41	298			7,4 10 ⁻⁶	0,87
0,95	5,57	450			11,7 "	1,40
0,90	5,9	587			18,7 "	1,70
0,80	6,62	697			30 "	3,05
0,70	7,57	698			43,6 "	4
0,60	8,83	640			62,4 "	5
0,50	10,60	543			92,2 "	6,1
0,40	13,25	426			147 "	7,5
0,30	17,67	299			269 "	9,35
0,20	26,50	175			643 "	12,3
0,10	53	64,3			2,86 10 ⁻³	18,1
0,08	66,25	45,8			5,27 "	20,1
0,06	88,33	28,9			11,17 "	22,5
0,05	106	20,8			18,6 "	23,4
0,04	132,5	12,7			35,7 "	22,3
0,035	151,5	8,15			54 "	18,7
0,031	171	2,5			90 "	7,3
0,0305	173,5	0	0,0225	180°	110 "	0

Evenals bij de ontploffing in de lucht ontstaat dus bij een explosie onder water een gasbol die, na zijn grootsten omvang te hebben bereikt, weer samenklaapt om dan opnieuw te pulseeren.

In verhouding tot de geluidssnelheid in water (1 430 m/sec) zijn de snelheden van het vlies hier veel kleiner dan bij de explosie in de lucht, zoodat de in *staat III* opgegeven snelheden den werkelijken toestand meer benaderen, dan de cijfers van *staat II*. De werkelijke pulseeringstijd van den gasbol onder water zal derhalve niet zoo heel veel verschillen van dien, opgegeven in *staat III*, n.l. rond $2 \times 0,1 = 0,2$ sec.

Aangezien de golfsnelheid in werkelijkheid minstens 1 430 m/sec bedraagt, zal de golf, juist na haar ontstaan, dus in den stand als aangegeven in *figuur 5*, een lengte moeten hebben van minstens 286 meter. De lengte der expansiegolven in water zou dus zeer groot zijn; steller beschikt echter tot zijn spijt niet over oscillogrammen van expansiestooten onder water, welke bovenstaande conclusie zouden kunnen bevestigen.

Wel echter mocht hij een publicatie tegenkomen, waarin de pulseerende beweging van den gasbol onder water geconstateerd en grafisch vastgelegd

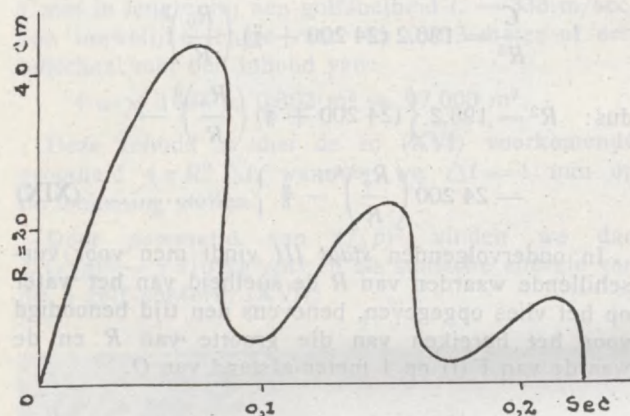


Fig. 14.

werd⁹⁾ en welke grafiek men in nevenstaande *figuur 14* vindt gereproduceerd.

Volgens de oorspronkelijke teekening zou de ordinaat den *diameter* van den gasbol voorstellen, bij het tot ontploffing brengen van 100 gram meliniet onder water (diepte niet opgegeven). Volgens den tekst echter zou de bovengestelde kromme het verloop van de *radius* van den gasblaas weergeven, hetgeen naar stellers meening juist is, aangezien de schrijvers verder mededeelen, dat voor het verplaatsen van het water ongeveer 25% van de vrijgekomen energie noodig is geweest. Aannemende immers dat meliniet ongeveer evenveel energie ontwikkelt als trotyl, zoodat 25% van de energie van 100 gram meliniet, 25 kcal of rond 10 000 kgm vertegenwoordigt, kan bovenstaande teekening onmogelijk den diameter, maar wel den straal van den gasbol voorstellen.

Verdere beschouwingen over den expansiestoot in water, een onderwerp, dat vooral voor de vernielingstechniek van belang is, hoopt steller in een volgende publicatie te geven. Slechts moge hij er hier nog de aandacht op vestigen, dat hoewel de snelheden van het water in de expansiegolf blijken de cijfers van *staat II en III*, vele malen kleiner zijn dan de snelheden van de lucht in de expansiegolf, de impulsdruk, door die watersnelheden veroorzaakt (impulsie = $\Delta p + \rho v^2$) véél grooter zal kunnen zijn dan die door de luchtsnelheid veroorzaakt. Waar de dichtheid van water ruim 770 maal die van lucht bedraagt, zal daarom verwacht kunnen worden, dat dicht bij den haard de maximum druk, door den expansiestoot veroorzaakt, in water wellicht 50 tot 100 malen zoo groot zal zijn als in de lucht.

9) Zie Haid & Schmidt: „Ueber Unterwasserexplosionen“ in het *Zeitschrift für das gesamte Schies- und Sprengstoffwesen* No. 8, jaargang 1935, waarin een artikel uit het *Journal de la marine marchande* van J. Ottenheimer wordt besproken en gecommentarieerd.

PERSONALIA.

Ir. W. L e m e i j, hoofd v. d. onderafd. Landsgebouwen v. h. Dept. v. V. en W., is met ing. v. 30 Juni 1941 benoemd tot hoogleraar i. d. vakken bouwkunde, geschiedenis der bouwkunst, bestekken en begrotingen bij de T. H. te Bandoeng.

Ir. H. A. B r e u n i n g, ingr. bij 's Lands Waterst., is benoemd tot hoofd v. d. onderafd. Landsgebouwen v. h. Dept. v. V. en W.

Ir. H. W. A p p e l, tijd. wd. ingr. 2de kl. bij 's Lands Waterst., laatstel. toeg. a. d. Gouver. v. Sumatra, is toegev. a. d. Gouver. v. Borneo, ten einde te worden werkz. gest. ten beh. v. rubberwerken i. d. residentie Z. en O. Afd. v. Borneo.

Ir. M. S i t o m p o e l, ingr. op maandg. ter besch. v. d. Prov. W.-Java, is belast m. d. waarn. der betr. v. ingr. 2de kl.

Ir. A. E. S m i t h, ingr. 2de kl. b. d. Prov. Wat. v. W.-Java te Cheribon, is overgepl. naar Darma.

Ir. W. F. T i e m e i j e r, ter besch. gest. v. d. Prov. W.-Java, is belast m. d. waarn. v. d. betr. v. ingr. 2de kl. en gepl. te Batavia.

Ir. R. W. T r e n s e, ingr. op maandg. te Poerwokerto, is overgepl. n. h. Hoofdktr. v. d. Waterst. dienst v. d. Prov. M.-Java te Semarang.

Ir. A. E. J. U n g e r e r, ingr. b. d. Prov. Wat. v. O.-Java te Loemadjang, is overgepl. n. Bondowoso

en belast m. d. werkzaamheden v. toegev. ingr. op het ktr. v. h. Hoofd v. d. Prov. Irr. Afd. „Pekalen-Sampean”.

ir. M. O. Davis, toegevoegd ingr. op het ktr. v. h. Hoofd v. d. Prov. Irr. Afd. „Pekalen-Sampean” te Bondowoso, is belast m. h. beheer v. d. Sectie Bondowoso.

Ir. G. van Esch, ingr. bij 's Lands Wat., ter besch. gest. v. d. Gouvr. v. O.-Java, werkz. ten behoeve v. d. werken verbonden a. h. Madoera-welvaartsplan, is met ing. v. ult. Aug. 1041 met gelijkt. eerv. onth. v. deze ter besch. stell., toegev. a. d. hoofdingr., belast m. d. uitv. v. d. defensiewerken t.b.v. de Marine b. d. haven v. Soerabaja.

Ir. S. A. Blok, part. te Malang, is tijd. bel. m. d. waarn. v. d. betr. v. ingr. bij 's Lands Waterst. en ter besch. gest. v. d. Prov. O.-Java; m. ing. v. e. nader te bep. datum i. d. md. Aug. 1941 te belasten m. h. beheer v. d. Sectie Loemadjang d. Prov. Irr. Afd. „Pekalen-Sampean”, blijv. hij toegev. a. h. Hoofd v. deze Irr. Afd.

Ir. P. A. Jellema, t.w. afd.chef (hoofdingr.) bij de S.S., is overgepl. n. h. hoofdktr. te Bandoeng, in te de van naar de Expl. der S.S. ter Sum. W.-kust.

Ir. J. A. Verweij, ingr. b. d. S.S., is overgepl. v. d. Expl. d. Westerl. (Batavia) naar die ter Sum. W.-kust (Padang) en belast m. d. werkz. verb. a. d. betr. v. Chef v. Expl. der S.S. ter Sum. W.-kust.

Ir. J. Wildschut, ingr. b. d. S.S., is belast m. d. functie v. adjunct-chef der 3de afd. te Soerabaja.

Ir. J. C. Ebbink, idem, is overgepl. v. d. Expl. O. L. (Soerabaja) naar Expl. W. L. (Poewokerto) en bel. m. d. functie v. Eerstaanw. Ingr. v. Tractie IV te Poerwokerto.

Ir. C. H. G. van Zijll de Jong, Insp. v. Vervoer I b. d. S.S. (Batavia), is eerv. onth. v. deze betr. en belast m. d. functie v. Chef der 4de Afd. der W. L. (Bandoeng).

Mr. ir. J. G. Sissingh, Insp. S.S., is belast m. d. functie v. Insp. v. Vervoer I (Batavia).

Ir. L. R. Oldeman, ingr. 2de kl. b. d. S.S., is benoemd tot ingr.

Ir. F. O. van der Ploeg, ingr. 2de kl. b. d. S.S., is overgepl. v. Madioen n. Soerabaja.

Ir. J. van Doorn, is gerekend v. 1 Juli 1941 tijd. te zijn werkz. gest. als dienstd. ingr. 2de kl. op maandg. b. d. S.S. en m. ing. v. 1 Aug. 1941 werkz. gest. als ingr. 2de kl. op maandg.

Ir. E. C. Demminck, Administrateur der O. J. S. te Soerabaja, is m. ing. v. 1 Juli 1941 de persoonl. titel v. Hoofdingr. toegekend.

Ir. F. H. van Goor, natuurk. ingr. b. d. B.P.M., is overgepl. v. Tjepoe n. Balikpapan.

Ir. H. A. M. van den Dungen, mijnb. ingr. b. d. B.P.M., is overgepl. v. Balikpapan n. Tjepoe.

Ir. G. A. A. Middelberg, civiel ingr. b. d. B.P.M. te Balikpapan, is met binn. verl. vertr.

Dr. ir. G. W. Postma, electr. ingr. b. d. B.P.M. te Pladjoe, is overgepl. n. Pangkalan Brandan.

Ir. J. A. Smits, ingr. b. d. B.P.M., is overgepl. v. Pangkalan Brandan n. Rantau

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEEDEDELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde leden.

De in No. 6 van dezen jaargang voorgestelde leden zijn aangenomen.

Thans worden voorgesteld als *gewoon lid*:

Ir. G. W. Baron van Dedem, Geoloog bij de Ned. Koloniale Petroleum Mij., Soengei Gerong.

Ir. M. Ellerbroek, Inspecteur der Staatsspoorwegen, Bandoeng.

Ir. G. H. Rietveld, Alg. Bedrijfsleider der N. V. A.N.I.E.M., Soerabaja.

Eventuele bezwaren tegen deze candidaatstellingen worden vóór 30 September a.s. ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

Betrekking gezocht door:

Civiel ingenieur,

diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

Mijnningenieur,

diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,

diploma Bandoeng 1937, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,

diploma Bandoeng 1939, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Scheikundig ingenieur,

diploma Delft 1936, oud 30 jaar. Zoekt eventueel positieverbetering.

Liefst zoveel mogelijk op chem.-techn. research gebied.

4½ jaar (groot-)industrie praktijk in Indië. Direct beschikbaar.

Werktuigkundig ingenieur,

diploma Delft 1935, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,

diploma Bandoeng 1941, oud 22 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,

diploma Delft 1935, oud 28 jaar. Wenscht bij voorkeur in dienst te treden bij Aannemersfirma. Over eenige maanden beschikbaar.

Inlichtingen bij het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Instituut v. Ingenieurs, Bragaweg 38, Bandoeng.

Verantwoording van door de Redactie ontvangen Spitfire-bijdragen.

(5de lijst, afgesloten 20 Augustus 1941).

Personeel Oosterlijnen S.S.	f	8,89	
ir. J. A. W.	,,	20,—	
N. V. Kolff & Co., Soerabaja	,,	2,—	
Netto opbrengst volgens opgave in ons tijdschrift No. 4 — 1941	,,	8304,17	
	Totaal	f	8335,06
Reeds gestort (vide No. 12 — 1940 en No. 4 — 1941)		f	7500,—
Gestort in Gecombineerde Prins Bernhard en Spitfire Fondsen	,,	835,06	
		f	8335,06

TRASFABRIEK

IN BEDRIJF ZIJNDE

met winningsrechten te koop aangeboden; event. genegen exploitatie-contract te sluiten. Brieven onder No. 492 a/h Reclame-bureau Paauwe & Co., Noordwijk 34 — Batavia-C.

BOETON WEGENGRUIS

- Geheel **koude** behandeling
- Eenvoudige aanleg
- Snelle werkwijze
- Sterk — stroef

VRAAG BROCHURE No. 541

Technische Hoogeschool Bandoeng

De Voorzitter der Faculteit verzoekt den-
genen, die in het bezit zijn van:

KLOPPER-LEERBOEK DER TOEGEPASTE MECHANICA

en daarvoor weinig belangstelling meer
hebben, hun exemplaar al of niet gratis te
willen afstaan ten behoeve der studenten.

Aanbiedingen zullen gaarne worden ontvangen door
den Secretaris der Technische Hoogeschool
te Bandoeng.

Verkrijgbaar

PRACHTBANDEN

voor het inbinden van
den jaargang 1940 van

DE INGENIEUR IN NED.-INDIË

Prijs à f 2,40 per st.

Bestellingen aan

N.V. G. KOLFF & Co., BATAVIA-C.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
„DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: Een „top-hypothese” voor de verklaring van de primaire aanrijkingen in de jonge zilver-goud-gangen, door dr. J. W. H. A d a m. — Economische mededeelingen. — Personalia.

Een „top-hypothese” voor de verklaring van de primaire
aanrijkingen in de jonge zilver-goud-gangen.

door

dr. J. W. H. ADAM,

Bandoeng.

Summary.

This article is intended as a proposal to mining-geologists investigating silver-gold deposits of the epithermal tertiary class to subject to inspection the possibility that the primary ore-shoots of these deposits must in all cases have been formed in the tops of the veins which are supposed not to have reached the surface at the time of their formation.

In the N.E.I. it has hitherto been experienced that the workable deposits of this class represent horizontal ore-shoots which are regularly found at the surface and which appear, from a certain depth downward, to impoverish rapidly so as to change into poor or even almost barren quartzlodes below.

It is known that the temptation has always been great to explain these horizontal ore-shoots, on account of their following so closely the present surface, as zones of chemical secondary enrichment by descending waters, in spite of the fact that this view was based on still questionable or unfulfilled chemical assumptions and could not derive any support from the microscopic investigation of the ores which for some N.E.I. deposits has been carried out in such an excellent manner by Schouten at Delft.

The present writer who was not disposed to abandon so readily the explanation by secondary enrichment as long as no other more plausible interpretation could be given to account for the close relation of these ore-shoots with the now existing surface, had reasons to believe that there was still to consider the possibility of mechanical secondary enrichment. He thought that the solution processes of weathering might have liberated the precious metals from the primary ore in an extremely fine state of division or even in a colloidal state so that they could migrate downward through the smallest pores and cracks of the veins to greater depth, thus enriching the primary ore; that, further, it would not be unreasonable to suppose, that, for a large part, these minute particles would not be in a state to be secured in the ore-sections for microscopic investigation or were too minute for identification.

But on closer examination a grave objection to this view arose from the verified absence of any enrichment in the country-rock next to the footwall along which circulation of surface waters was certain to have taken place and where, consequently, enrichment had to be expected, especially in the cases of low-dipping veins.

So there was no other explanation left than to regard these outcropping horizontal ore-shoots as mainly primary, i.e. as zones of hypogene ore-concentration within the vein, formed at a certain depth but now laid bare by denudation. Though this implies the possibility, that in the original, still uneroded, veins the ore-shoots graduated upward into a poor vein-filling again, not much different from that into which, as stated, they pass downward, so that it would be impracticable to distinguish between outcrops of the overlying and of the underlying barren zone, yet there are arguments in favour of the view that the ore-shoots in all cases represent the tops of the veins. These arguments are summed up as follows.

1) In some, hitherto still rare, cases the ore-shoots can be directly recognized as tops of veins, either where their length has not yet been wholly exposed by denudation, or where not outcropping ore-shoots have been discovered accidentally in prospecting. Two instances, the Carmen mine and the Tonopah Divide mine, have been mentioned by Spurr in his „Ore Magmas”, while one instance was met with in the N.E.I. (Tjikotok in S. Bantam, Java).

2) The prospecting in depth on all poor outcrops of quartzveins found in regions of tertiary silver-gold deposits, even on those in the neighbourhood of known workable deposits, proved unsuccessful. As these outcrops are usually accompanied by loose residual blocks of rich ore, they all seem to belong to the underlying barren zone.

3) Very often the ore-shoots are cut off by faults which, though barren or poorly mineralized themselves, on account of their influence upon the mineralization are most probably to be considered as of pre-mineral origin. In some cases their position relative to the vein is such

that their upward continuation now carried away by the denudation may be conceived to have determined the upper termination of the vein.

4) In other occurrences the ore-shoots occupy that part of the vein where the dip changes downward from gentle to steeper, giving the impression of having been formed, as far as bed veins are concerned, in the crests of anticlines, and, in the case of common fissure veins, in similar convex upward terminations of these.

In order to give an explanation of this „top-hypothesis”, as it is called here, the suggestion is made to see in

Dit artikel heeft de bedoeling van een voorstel om bij het geologisch onderzoek van jonge zilver-goud-afzettingen de mogelijkheid na te gaan, dat de primaire aanrijkingen dezer gangformatie zich steeds moeten hebben gevormd in de toppen der gangen, waarvan wordt aangenomen, dat zij tijdens de mineralisatie niet tot aan de oppervlakte kwamen.

Deze opvatting is hier „top-hypothese” genoemd, om de gedachte met een enkel woord te kunnen aanduiden. Oorspronkelijk heeft de schrijver voor zich zelf de benaming „pseudo-anticlinal-theorie” gebezigd en wel wegens de analogie met de bekende theorie voor de accumulaties van petroleum in de toppen der anticlinalen. Doch er bestond gegronde vrees, dat het begrip anticlinal in de letterlijke betekenis kon worden opgevat, hoewel in bijzondere gevallen het optreden der ertsaanrijkingen in de ombuigingen der anticlinalen als zijnde in overeenstemming met de hypothese waarschijnlijk wordt geacht.

Schrijver verrichtte in het jaar 1924 een onderzoek van de cinnaber-afzettingen in het Monte Amiata gebied in Midden-Italië. Voor dit soort van afzettingen was toen reeds een echte anticlinaltheorie opgesteld. Wel nergens is zij voor erts en zóó aannemelijk als in het Monte Amiata gebied, waar géén afzettingen van cinnaber buiten de gemakkelijk vaststelbare anticlinalen bekend waren, ofschoon de Italiaansche explorateurs, die toen nog onbekend waren met deze anticlinaltheorie voor cinnaber, ook de synclinale gebieden naar afzettingen van dit mineraal hadden afgezocht. In deze periode kwam bij schrijver voor het eerst de gedachte op, dat de theorie in beginsel ook geldig moest zijn voor andere ertsafzettingen dan die van cinnaber. Het onderzoek van jonge zilver-goud-afzettingen in Nederlandsch-Indië en de bestudeering in verband hiermede van de literatuur over deze groep van afzettingen voerden schrijver er toe, voor eene verklaring van het optreden der „ore-shoots” in deze afzettingen op deze gedachte terug te komen. Met nadruk zij er echter op gewezen, dat het hier slechts om een werkhypothese gaat, welke geldigheid nog aan meer feiten moet worden geverifieerd.

Vroeger beschouwde men in de meeste gevallen de steeds aan de oppervlakte aangetroffen ontginbare deelen van gangen der jonge zilver-goud-formatie, die telkens weer op grotere diepte armer bleken te worden, als secundair aangerijkte zones, ontstaan door de verweering van vroeger hooger gelegen, nu door de erosie weggenomen deelen der gangen. Men

the tops of the veins places of stagnation for the ore solutions and to consider the precious metals as belonging to those constituents of the ore solutions which remain longest in solution. These assumptions are to be regarded in connection with the plausibility that veins have been formed, not by the subsequent filling of a pre-existing fissure as wide as the present vein, but by a relatively slow process of contemporaneous widening and filling of the vein fissures.

The writer stresses the importance of his view in its usefulness as a working hypothesis for prospecting.

meende bijvoorbeeld, dat ferrisulfaat, dat door de inwerking der atmosferiliën op pyriet ontstaat, in staat zou zijn de edele metalen op te lossen, dat de zoo gevormde oplossingen van edel metaal geleidelijk langs spleten in de gang naar beneden sijpelden en dan op grotere diepte in aanraking kwamen met nog onverweerde sulfiden, waardoor het ferrisulfaat tot ferrosulfaat werd gereduceerd en de edele metalen werden neergeslagen. Er zijn nog andere wijzen van chemische secundaire aanrijking als mogelijk voorgesteld. Later is aangetoond, dat alleen zilver, niet goud, door ferrisulfaat in eenigszins effectieve mate kan worden opgelost, terwijl voor andere aanrijkingwijzen de voorwaarden niet altijd aanwezig zijn. Ook heeft het ertsmicroscopisch onderzoek, dat voor de Nederlandsch-Indische afzettingen op zulke voortreffelijke wijze door Schouten in Delft is verricht, de theorie der chemische secundaire aanrijking, zooover het tenminste uit de onderzochte ertsstukjes alleen kon worden beoordeeld, zoowel voor zilver als voor goud onwaarschijnlijk gemaakt. Schrijver, die aan de theorie der secundaire aanrijking vasthield, zoolang er geen meer plausible verklaring kon worden gevonden voor het verband der rijke gangzones met de tegenwoordige oppervlakte, meende nog mechanische aanrijking in overweging te moeten nemen en bedacht te moeten zijn op de mogelijkheid, dat de aanrijkende edele metaaldeeltjes in zulk een toestand en op zulke plaatsen in de gang aanwezig zijn, dat zij bij het ertsmicroscopisch onderzoek niet worden opgemerkt. De aanrijking van goud, dat in het primaire erts in den vorm van electrum — een goudzilveralliage — optreedt, zou bijvoorbeeld op de volgende wijze kunnen hebben plaats gehad.

De onder het microscoop waar te nemen electrumdeeltjes in pyriet hebben een orde van grootte van omstreeks één of enkele duizendste deelen van een millimeter en kunnen nog kleiner zijn. Geen redelijk argument is aan te voeren tegen de mogelijkheid, dat een groot aantal der oorspronkelijke electrumdeeltjes in de pyriet voorkomen in een sub-microscopische grootte. Er zijn goudmijnen bekend, waarvan men het goud in het erts tot dusver onder het microscoop nog in het geheel niet of zeer moeilijk heeft kunnen ontdekken. Lindgren noemt in zijn werk „Mineral Deposits” op blz. 857 eenige voorbeelden en zegt er in een aantekening onder aan de bladzijde bij: „Very careful polishing of a section often makes such gold visible”, waaruit blijkt hoe voorzichtig men de resultaten van het ertsmicroscopisch onderzoek van goudertsen moet beoordeelen. Wanneer nu pyriet, dat

zulke fijne gouddeeltjes bevat, door de verweering wordt opgelost, kan het goud in uiterst fijnen toestand vrijkomen en door het omlaag sijpelende water langs de fijnste spleetjes en poriën in de gangmassa naar grotere diepte worden getransporteerd. Men zou verder nog aan een oplossing in den vorm van hydrosolen kunnen denken, zooals deze van goud kunnen ontstaan door de inwerking van zwavelzuur (dat bij de verweering van pyriet eveneens ontstaat) op bepaalde goudalliges. Schrijver heeft in vele gevallen in gangen kunnen constateeren, dat rijkdom met permeabiliteit door verbrokkeling en porositeit samengaan en dat arme gangdeelen opvallend compact en droog zijn. Ook is de armoede aan edel metaal van den 1 à 2 meter diepen dagzoom der gangen een verschijnsel, dat vaak wordt waargenomen, hetgeen toch duidelijk wijst op eene uitlooting van het edele metaal uit dien dagzoom door atmosferische inwerking. Men houde verder in het oog, dat het ertsmicroscopisch onderzoek slechts kwalitatieve uitkomsten geeft, geldig voor de toevallig uitgekozen ertsstukjes en dat men op grond daarvan nooit beoordeelen kan in welken vorm het voornaamste gedeelte van het door de bemonstering en de analyse vastgestelde gehalte optreedt.

Er is echter een zwaar wegend argument, dat ook tegen de mechanische secundaire aanrijking pleit! Men vindt namelijk het hooge edel metaalgehalte steeds beperkt tot de gang zelf en nooit in het nevengeesteente, zelfs niet in de smalste, onmiddellijk aan de gang grenzende, liggende strook hiervan. Op sommige plaatsen hebben de gangen een vrij vlakke helling en men zou bij mechanische secundaire aanrijking in het liggende nevengeesteente juist op deze, gewoonlijk door het atmosferische water sterk aangetaste plaatsen een belangrijk gehalte aan edel metaal moeten aantreffen. Dit bleek op geen der speciaal voor dat doel onderzochte plaatsen het geval te zijn. Daardoor verliest de veronderstelling der mechanische secundaire aanrijking voor een verplaatsing over eenigszins belangrijke afstanden in sterke mate aan waarschijnlijkheid. Zij kan ten hoogste de uitlooting van den dagzoom en de vorming van beperkte bonanza's dicht bij de oppervlakte ten gevolge hebben gehad; de rijkdom op grotere diepte kan er niet meer door worden verklaard.

Het feit blijft echter bestaan, dat de rijkdom der jonge zilver-goud-gangen aan de tegenwoordige oppervlakte gebonden is. Gangen, die aan de oppervlakte al arm zijn, bleken bij tunnelonderzoek op grotere diepte nooit rijker te worden. Voor dit verschijnsel moet een verklaring door primaire werking worden gezocht. De sleutel hiertoe bood een in de mijn Tjikotok in Zuid-Bantam bekend geworden geval van een rijken, niet aan de oppervlakte komend top van een gang. Van secundaire aanrijking kan hier natuurlijk geen sprake zijn, want hier ontbreekt het hooger gelegen ganggedeelte, waaruit het aanrijkende edele metaal alleen afkomstig zou kunnen zijn. Blijkt ook in dit geval het gehalte aan edel metaal met de diepte af te nemen, hetgeen op grond van de algemeene ervaring zeer waarschijnlijk moet worden geacht, dan is slechts één gevolgtrekking mogelijk, n.l. dat in de ertsoplossingen de edele metalen

in verbindingen aanwezig waren, die de neiging hebben gehad in de ruimten, waarin de gang werd afgezet, de hoogste plaatsen op te zoeken.

Ofschoon Spurr in zijn bekende werk „Ore Magmas” geen voorbeelden noemt van jonge zilvergoud-gangen („tertiary gold-silver-veins”) van geheel hetzelfde type als in Nederlandsch-Indië in den regel optreden, zoo komt hij toch bij de bespreking van het ontstaan van een afwijkend type, n.l. dat der Carmen Mine bij Guanajuato in Mexico, waarin de ontginbare top van de gang voornamelijk uit sulfiden met slechts zeer weinig kwarts en de voortzetting naar de diepte nagenoeg geheel uit steriele kwarts bestaat, tot een soortgelijke opvatting. Hij beschouwt de ertszone als het product van „a process of the partial dissociation of the metallic minerals from the silica, on the cristallization of the latter.” (The Ore Magmas, p. 552). Men houde hierbij rekening met de bijzondere opvatting van Spurr omtrent zijn „ore magma”. Dezelfde oorzaak neemt hij ook aan voor het ontstaan van de rijke ertszone van de Tonopah Divide Mine, die hij niet uit eigen aanschouwing, doch slechts uit de beschrijving van Knopf kent, zooals iets verder in zijn werk blijkt. Knopf tracht dezen rijkdom nog door secundaire aanrijking te verklaren, wat Spurr voor toppen van aders terecht onredelijk vindt.

Spurr neemt als aanleiding van de uitkristallisatie van het erts niet alleen en zelfs niet in de eerste plaats afkoeling aan, doch ook en vooral drukvermindering. Dit scheen schrijver van belang te kunnen zijn voor eenige Indische afzettingen. Bekend toch is het feit, dat de ontginbare zilver-goud-afzettingen in dit land dikwijls in verband optreden met verschuivingsspleten of andere breuken, die zelf niet gemineraliseerd zijn, doch wel in genetische relatie moeten staan met de mineralisatie der gangen, die nabij het contact hiermede soms het rijkst zijn. Deze verschuivingen werden meestal voor postmineraal¹⁾ breuken gehouden, ofschoon het redelijker is, ze wegens hun invloed op de mineralisatie als pre-mineraal, tenminste in oorsprong, te beschouwen. Schrijver heeft wel eens getracht, deze breuken als ertsbrenners te verklaren, doch ontmoette daarbij meestal onoverkomelijke bezwaren. Zij bevinden zich vaak in het dak der ertszone, staan soms niet overal met de mineralisatie in direct verband en zijn zelf niet of hoogstens slechts pyriteus gemineraliseerd. Ertsbrenners kunnen zij in de gunstigste gevallen alléén op groote diepte zijn geweest, dáár waar zij met den wortel van de gang in contact zijn. Men zou anders, om het ontbreken van mineralisatie in deze toevoerkanaalen te verklaren, tot fantastische veronderstellingen omtrent den aard der ertsoplossingen zijn toevlucht moeten nemen. De opvatting van Spurr zou het verband van zulke breuken met de mineralisatie in de gangen minder gedwongen kunnen verklaren: hun aanwezigheid bij de gang kan de drukvermindering noodig voor de uitkristallisatie van de erts ten gevolge hebben gehad. Een spleet als uitlaat van dampen van de ertsoplossingen behoeft

1) De uit de Amerikaansche literatuur overgenomen korte uitdrukkingen pre- en postmineraal beduiden: vóór resp. ná de mineralisatie ontstaan of plaats hebbend.

niet gemineraliseerd te zijn. De drukvermindering en de daarbij optredende verschijnselen zijn te vergelijken met die, welke in een flesch koolzuurhoudend water ontstaan, wanneer deze een klein beetje geopend wordt. Dat de uitkristallisatie van de ertsen minder afhankelijk is geweest van de temperatuur, wordt aannemelijker door het optreden in het erts van tinerts en wolframiet, die bij hoge temperatuur uitkristalliseeren.

Spurr's interpretatie is echter gebaseerd op zijn hypothese, volgens welke een kwartsgang niet ontstaat uit een verdunde kiezelzuuroplossing, maar uit een geconcentreerd „ertsmagma”, dat evenals een gesteentemagma de eigenschap bezit om met een enkele injectie een gang te kunnen vormen. Van kwartsgangen zijn echter nooit glasequivalenten waargenomen, ook niet in de randstrooken der kwartsgangen. Hierom in de eerste plaats wordt het bestaan van kwartsmagma's zeer onwaarschijnlijk geacht. Het kiezelzuurrijkste magma moet peksteen in gesmolten toestand zijn, dat men zich denken kan als een oplossing onder hoogen druk van kwarts plus pegmatiet met water en andere vluchtige bestanddeelen. Heeft zich hieruit eenmaal pegmatiet afgescheiden, dan is de rest geen magma meer, maar een vloeibare of fluide oplossing van kiezelzuur met veel water, alkaliën (waardoor het kiezelzuur in oplossing wordt gehouden) en eventuele andere, voornamelijk vluchtige bestanddeelen. Uit deze verdunde kiezelzuuroplossing zijn volgens de gangbare opvatting de kwartsgangen met of zonder erts ontstaan.

Op grond hiervan kan dus Spurr's overigens zeer verleidelijke hypothese over het ontstaan van kwartsgangen door injectie van een magma niet worden geaccepteerd. Even onwaarschijnlijk moet echter ook weer worden geacht de door vele ertskundigen voorgestane opvatting, dat de mineraalgangen opvullingen zouden zijn van spleten, die vóór den aanvang der mineralisatie een breedte zouden hebben gehad gelijk aan die der tegenwoordige gangen. Spurr („Ore Magmas”, Hoofdstuk II) is met juiste argumenten tegen deze opvatting in verzet gekomen. Men moet zich erover verwonderen, dat Lindgren in zijn leerboek zoo luchtig over dit belangrijke onderwerp is heengestapt. Terwijl hij in andere opzichten uitvoerig is, wordt over de vorming van de gangspleten nauwelijks meer dan het volgende gezegd: „As a matter of fact, the mode of mineral deposition shows that open spaces existed and that they sometimes were large, in exceptional cases even 20 feet or more in width. In mine workings in hard rock old stopes frequently remain open for an indefinite length of time, and it is probable that such large open spaces may exist down to a depth of at least several thousand feet. Moreover, it is to be remembered that at the time of deposition the fissures were filled by water under a pressure at least equal to that of the hydrostatic column” (Mineral Deposits, 4th ed., p. 152). Schrijver heeft zich de vorming van een mineraalgang nooit anders kunnen voorstellen dan door gelijktijdige mineralisatie en verbreeding van de oorspronkelijke gangspleet, deze beide echter beschouwd als typisch geologische, d.w.z. betrekkelijk langzaam verloopende processen. Dat de spleetver-

breeding in het algemeen gelijken tred heeft gehouden met de opvulling en dus de ruimte voor de circulatie der oplossingen ten allen tijde betrekkelijk smal is gebleven, moet uit de volgende omstandigheden worden afgeleid.

- (1) Breede, alleen met water gevulde spleten zijn in mijnwerken nooit aangetroffen;
- (2) Lagen van het nevengesteente komen vaak midden in de gangmassa in ongestoorde positie voor;
- (3) Insluitsels van nevengesteente in de gangmassa zijn onvereinigbaar met oorspronkelijk breede open spleten.

De geleidelijke verbreeding is waarschijnlijk toe te schrijven aan een summatie van de volgende processen.

- (1) Langzame orogenetische bewegingen;
- (2) Plotselinge, met tusschenpoozen zich herhalende dislocaties;
- (3) Verbreeding door den druk der opstijgende ertsoplossingen.

Ook wanneer men aanneemt, dat hieraan tegengestelde, d.w.z. de spleet weer vernauwende bewegingen van tijd tot tijd plaats hebben, moet door de steeds in positieven zin werkzame opvulling, de gangbreedte voortdurend toenemen. Van den tegen-druk van het nevengesteente hangt het af, of de spleetverbreeding plaatselijk gemakkelijker dan wel moeilijker geschiedt. Nabij verschuivingsvlakken en in anticlinale ombuigingen zal zij gemakkelijker geschieden.

Met deze opvatting van het ontstaan der gangen kan men alle verschijnselen hierin ongewrongen verklaren, wat niet het geval is, indien men uitgaat van de veronderstelling van breede open spleten vóór den aanvang der mineralisatie. De brokstukken nevengesteente midden in de gangmassa zijn oorspronkelijk ingeklemde stukken geweest. Het zoogenaamde breccieus erts is ontstaan door samenkitting van oorspronkelijk eveneens ingeklemde, losgeraakte gangbestanddeelen. Twee evenwijdige, door een smalle gesteentelaag van elkander gescheiden gangen kunnen verschillend in samenstelling zijn, daar hun spleten niet gelijktijdig behoeven te zijn ontstaan, terwijl de samenstelling der oplossingen voortdurend varieert. De ongelijkheid van gangen of gangsystemen aan weerszijden van een dwarsbreuk (verschuiving), die gedurende de mineralisatie is ontstaan, berust op ongelijkheid in snelheid en duur der gangverbreeding.

Gangen eindigen naar boven toe tegen pre-minerale verschuivingen, tegen het contactvlak met een andere gesteentelaag, in diaklaasombuigingen of, als het beddinggangen (bed-veins) zijn, in anticlinale ombuigingen. Is daarbij de afsnijdende verschuiving met verschuivingsleem gevuld of het dak een ondoorlaatbare gesteentelaag, dan stagneeren de ertsoplossingen in de toppen der aders. Als ondoorlaatbaar voor ertsoplossingen moeten op grond van een rijke ervaring worden beschouwd: kleisteen, eruptiefgesteente en verschuivingsleem. Ook Lindgren (Mineral Deposits, p. 200) noemt slechts deze drie: „The impermeable stratum is not necessary shale; it may be a fault gouge, which is impervious to solutions, or a sheet of volcanic rock, which, for some reason, the fissures failed to penetrate.”

Talrijk zijn de voorbeelden van ontginbare ertsafzettingen, die zich moeten hebben gevormd op stagneringsplaatsen voor de ertsoplossingen. Dat hier precipitatie meer volkomen is dan op plaatsen van onafgebroken circulatie, is aannemelijk. Op zulke plaatsen is tijd voor langzame verdamping. Het is bijvoorbeeld mogelijk, dat de edele metalen er werden afgezet na geleidelijke ontwijking in gasvorm van hun oplosmiddel, waarop misschien de propylitisatie van het nevengesteente berust. Men moet dan natuurlijk aannemen, dat van alle bestanddeelen der magmatische restloog de edele metalen het langst in oplossing bleven. Dit zou zelfs in die mate het geval kunnen zijn, dat reeds afgezet erts door nieuwen toevoer van oplosmiddel uit de diepte wederom in oplossing gaat en zoo op een hooger niveau wordt gebracht. Dat zulke wederoplossingen plaats hebben, bewijst het verdwijnen van eerder afgezette calcië uit de gang. Wie zich vereenigen kan met de ideeën van F e n n e r omtrent de mogelijke beteekenis van pneumatolytische processen bij de vorming van alle erts in gangen (men denke ook aan de waarnemingen van L a c r o i x aan de eruptieproducten van den Vesuvius), zal nog rekening willen houden met de mogelijkheid, dat de edele metalen in de ertsoplossingen in gasvormige verbindingen optreden, die dan in de gangspelen de hoogste plaatsen moeten hebben opgezocht. Van den aard en de samenstelling der ertsoplossingen weet men echter nog zóó weinig, dat het niet mogelijk is nu reeds dieper in het mechanisme der mogelijke processen door te dringen. Verklaringen als de bovenstaande zijn te beschouwen als suggesties, die niet in strijd zijn met bestaande opvattingen.

Schrijver's top-hypothese berust in de eerste plaats op de volgende practische argumenten:

(1) Er zijn reeds enkele opmerkelijke gevallen bekend, waarin de „ore-shoots” onmiddellijk als toppen van gangen zijn te herkennen (Carmen Mine, Tonopah Divide Mine en het te Tjikotok waargenomen geval). Het is begrijpelijk, dat deze gevallen ontdekt worden of door toeval bij prospecteerwerkzaamheden, of doordat een ertsvoorkomen nog niet over zijn geheele horizontale lengte door de erosie is blootgelegd.

(2) De exploratie op grooter diepte van gangen met arme of bijna steriele dagzoomen, die in gebieden met ontginbare afzettingen voorkomen en beschouwd kunnen worden als te behooren tot dezelfde genetische groep, heeft tot dusver nooit resultaten opgeleverd. Deze arme dagzoomen worden in vele gevallen begeleid door losse residuaire blokken rijk erts, die afkomstig zijn van een hogere, door de erosie reeds weggenomen, zone. In verband gebracht met de ervaring, dat alle ontginbare afzettingen steeds aan de oppervlakte worden aangetroffen en naar de diepte in arme of zelfs steriele gangen overgaan, beteekent dit, dat de arme dagzoomen onder de gunstige zone liggen.

(3) De mineralisatie houdt in verscheidene gevallen verband met verschuivingen of breuken, die de gangen naar boven toe kunnen hebben afgesneden en als pre-mineraal in eersten aanleg moeten worden beschouwd.

(4) Sommige „ore-shoots” hebben een phakoliet-vorm en maken den indruk, dat zij werden gevormd op ombuigingsplaatsen van anticlinalen (Tjikotok), zooals de „saddle-reefs” van Bendigo. Andere bevinden zich mogelijk op convexe ombuigingsplaatsen van diaklazen (Tjipitjoeng).

Met betrekking tot de nabijheid der aardoppervlakte, waarin het erts zich heeft afgezet, stelt men in de rij der epithermale afzettingen de jonge zilvergoud-formatie onmiddellijk ná de cinnaber-afzettingen, welke laatste het dichtst bij de oppervlakte zijn gevormd. Deze bevatten weinig kwarts en meestal chalcidoon, die voor een deel zelfs als secundair wordt beschouwd. De jonge zilvergoud-afzettingen zijn nog rijk aan kwarts, doch bevatten vaak bovendien chalcidoon. Men krijgt den indruk, dat na de afzetting der edele metalen weinig kiezelzuur meer wordt afgezet, tenzij uit later omhoog gekomen nieuwe oplossingen.

Dat deze top-hypothese, indien men haar door nieuwe waarnemingen en ertskundige beschouwingen meer evidentie kan geven, van groot belang voor de exploratie en voor de beoordeeling van het gangtype moet zijn, behoeft nauwelijks betoog. Zoo zal men, wanneer de dagzoom van een steriele of arme gang laag in een diep ingesneden dal wordt aangetroffen, allereerst trachten vast te stellen, of een hooger gelegen gedeelte van de gang, die onder de aardoppervlakte verborgen kan zijn, rijker gemineeraliseerd is. Men zal de snijpunten van gangen of gangsystemen met bekende breuken opzoeken en hier het eerst exploreren. Men zal in een gebied de oorzaken van het naar boven toe uitwijken van gangspelen onderzoeken. De leuze bij de opsporing van ontginbare objecten zal niet meer zijn: „naar grootere diepte”, doch: „hoogerop”. Men zal inzien, dat hierdoor kosten en tijd kunnen worden bespaard. Ook hier zal de geologie meer tot haar recht kunnen komen.

De gangen der jonge zilvergoud-formatie worden steeds gevonden in gezelschap van de zoogenaamde „pacifische” eruptiefgesteenten: andesiet of daciet. De beteekenis hiervan is niet, dat zij nabij de oppervlakte in genetisch verband staan tot de intrusies of uitvloeiingen dezer gesteenten, te midden, aan het contact of in de nabijheid waarvan zij toevallig worden aangetroffen. Hun onderlinge betrekking is, dat zij van den zelfden magmahaard in de diepte afstammen en steeds moeten de begeleidende gesteente-intrusies ouder, waarschijnlijk zelfs belangrijk ouder zijn dan de ertsgangen. Het is dan ook raadzaam, bij de exploratie van andesietgebieden zich niet in de eerste plaats te laten leiden door petrografische aspecten, doch meer te letten op de tektonische waarde der gesteenteformaties. Dat de gangen vaak in de opvulling van vulkaankanalen („necks”) optreden, is een verschijnsel, dat in tektonisch opzicht van belang is, daar deze vulkaankanalen zich bevinden boven de hoogste plaatsen, de zoogenaamde „koepels”, der magmaharden, waar zich ook de restloog van het magma verzamelt. De breuken, waarlangs deze restloog omhoog komt, zijn het gevolg van jongere tektonische storingen, die niet, althans niet direct in verband staan met die, welke de magma-uitvloeiing

hebben veroorzaakt of begeleid. E m m o n s (vgl. zijn artikel in „Ore Deposits of the Western States, L i n d g r e n Volume”) heeft door voorbeelden aangetoond, dat voor de gesteentezone onmiddellijk boven het dieptegesteente de jongere ertsgangen in de meeste gevallen gestrekt zijn evenwijdig aan de bindingslijn der koepels. Weliswaar behoeft dit niet meer het geval te zijn in de nog hoogere gesteentezones, doch de structuur hiervan kan zoodanig zijn, dat deze evenwijdigheid tot aan de oppervlakte blijft bestaan. Dit zal bijvoorbeeld zoo zijn als de strekking der koepelas met de plooiingsas overeenkomt. Zones van evenwijdige kwartsgangen geven dan naar schrijver's meening de gebieden boven de koepels aan, die voor exploratie het eerst in aanmerking komen. Doch, zooals dat voor alle ontginbare ertsafzettingen geldt, men treft deze niet aan daar, waar slechts één voorwaarde, maar waar alle voorwaarden voor hun vorming aanwezig zijn. De dagzoomen der kwartsgangen geven niet meer dan de gunstige zone aan. Waar de erosie te gering of te diep is geweest, kunnen volgens de top-hypothese geen ontginningsobjecten worden aangetroffen; in het eerste geval liggen deze onder de oppervlakte verborgen, terwijl in het tweede geval slechts steriele of arme gangen zichtbaar zijn. Het zijn de overgangsgebieden tusschen beide, die de meeste kansen bieden voor ertszones aan of nabij de oppervlakte. Arme dagzoomen, die door rijke residuaire blokken worden begeleid, zijn gewoonlijk de objecten, die tot nutteloze exploratiewerkzaamheden verleiden. Dan zijn er nog de dagzoomen, die grootendeels steriel zijn, doch waarin zich enkele bonanza's bevinden; deze stellen waarschijnlijk de diepste deelen der oorspronkelijke ertszones voor. Volgens N o l a n (Ore Deposits of the Western States, L i n d g r e n Volume) wijst een hooger goudgehalte dan het normale, wat de gewichtsverhouding tot het zilveragehalte betreft, op grootten afstand van het mineralisatie-centrum.

Soortgelijke regels, die op empirie berusten, kunnen voor de exploratie verder van nut zijn.

Nog een enkel woord dient over de verschuivingen te worden gezegd. Zij kunnen zelf ertsgangen zijn zooals de Comstock Lode, waarbij terloops moge worden opgemerkt, dat ten gunste van de top-hypothese het feit spreekt, dat de eigenlijke bonanza's van dit voorkomen in vertakkingen in het dak van de hoofdgang worden aangetroffen. Volgens de Amerikaansche geologen zijn de meeste jonge zilvergoud-gangen opvullingen van verschuivingsspleten, die ongeveer gelijktijdig met de mineralisatie zijn ontstaan. Men krijgt echter bij het onderzoek van de meeste voorkomens den indruk, dat alle waargenomen breuken, dus zoowel de gemineraliseerde als de niet gemineraliseerde, in dezelfde storingsperiode zijn ontstaan en één diepere oorzaak hebben gehad. Daar in de allermeeeste gevallen slechts aan de aanwezigheid van wrijfkrassen kan worden herkend, dat verschuivingen hebben plaats gehad, zijn de bedragen hiervan niet vast te stellen. Op de gangvlakken zijn bijna altijd wrijfkrassen te vinden en het behoeft geen verwondering te wekken, dat ook hierlangs zoowel pre- als postmineraal en vooral verticale bewegingen hebben plaats gehad. Men weet echter niet, of zij al dan niet belangrijk zijn geweest. Voor deze heeft men bovendien, zooals begrijpelijk is, minder belangstelling dan voor de bewegingen langs vlakken, die de ertsgangen hebben afgesneden. De neiging bestaat deze laatste steeds voor geheel postmineraal aan te zien en dus te meenen, dat zij de voortzetting van de gang hebben verschoven. De waarschijnlijkheid is echter groot, dat zij in oorsprong premineraal zijn, doch nog hebben voortgeduurd ná de mineralisatie. Bij de beoordeeling van de top-hypothese is hiermede rekening te houden en vooral ook met de mogelijkheid, dat buitengewoon ingewikkelde verschijnselen kunnen optreden, omdat de gangverbreding, zooals hier is aangenomen, ook tijd vereischt.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

N. V. Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Juni 1941 werden:
7 524 tons erts verwerkt } 8,2 dwts goud per ton en
van gemiddeld } 117,— „ zilver „ „ .

Geëxtraheerd werden: totaal ca 2 946 ozs. goud en
ca 38 093 ozs. zilver, ter gezamenlijke waarde van
ca f 203 000,—.

Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een prijs van
f 61,— per oz. voor het goud en f 0,60 per oz. voor
het zilver.

De bedrijfskosten over Juni j.l. bedroegen ca f 110 000,—
terwijl voor montage werd uitgegeven f 6 000,— en voor
prospecteeren f 1 000,—.

De in het loopende jaar gerealiseerde producties
leverden een surplus op van f 76 000,— boven de vroeger
door de Directie gepubliceerde taxaties.

N. V. Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam”.

Gedurende de maand Juni 1941 werden:
5 461 tons erts verwerkt van } 9,3 gram goud per ton.
gemiddeld } 636,— „ zilver „ „ .

Geëxtraheerd werden: totaal ± 44 300 gram goud en
± 2 696 692,— gram zilver ter gezamenlijke waarde van
± f 137 600,—.

Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een prijs van
f 1 950,— per kg voor het goud en f 19,— per kg
voor het zilver.

De bedrijfskosten over Juni j.l. bedroegen ± f 89 600,—
terwijl voor montage werd uitgegeven ± f 11 100,— en
ten laste van het 5a-vergunningsterrein ± f 4 000,—.

De in het loopende jaar gerealiseerde producties
leverden een surplus op van ± f nihil boven de vroeger
door de Directie gepubliceerde taxaties.

Gedurende de periode van 29-6-'41 t/m 5-7-'41 werden
1 450 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,5 gram goud
en 600,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 6-7-'41 t/m 12-7-'41 werden
1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 11,— gram goud
en 650,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 13-7-'41 t/m 19-7-'41 werden
1 250 tons erts verwerkt van gemiddeld 10,— gram goud
en 650,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 20-7-'41 t/m 26-7-'41 werden
1 350 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,— gram goud
en 600,— gram zilver per ton.

PERSONALIA.

Drs. L. Boomgaard, particulier, is met ingang van den datum van dienstaanvaarding bij den Dienst van den Mijnbouw werkzaam gesteld als geoloog 2de klasse op maandgeld.

Ir. J. de Koning, tw. ingenieur, is benoemd in vasten dienst van den Lande tot ingenieur 2de klasse bij den Dienst van den Mijnbouw.

Ir. W. Wieske, particulier, is tijdelijk belast met de waarneming der betrekking van ingenieur 2de klasse bij den Dienst van den Mijnbouw.

Bij de N.V. STEENKOLEN MAATSCHAPPIJ „PARAPATTAN”
bestaan op haar mijnbedrijf in Oost-Borneo de volgende vacatures:

CHEF BOVENGRONDS, bij voorkeur electrotechnisch ingenieur, c.q. werktuigkundig ingenieur met electrotechnische praktijk of interesse.

WERKTUIGKUNDIGE in algemeenen dienst, geschikt om o.a. op te treden als chef van de Electriche Centrale.

Sollicitaties met opgave van verlangd salaris, levensloop en getuigschriften te richten aan de S.M. „Parapattan”, Hoofdkantoor K.P.M., Batavia-C.



WIJ BOUWEN VOORT

Spoorbruggen, vliegtuighangars, tanks, ja, zowel eenvoudige als de meest omvangrijke en ingewikkelde staal-constructies worden door ons vervaardigd.

Wij leverden reeds buiten de bovengenoemde objecten, staalconstructies voor thee- en rubber-fabrieken, kerken, scholen, minarets, ziekenhuizen, passars, uniekampongs, goedangs, enz.

N.V. CONSTRUCTIE-WERKPLAATSEN

DE VRIES ROBBÉ - LINDETEVES

SEMARANG

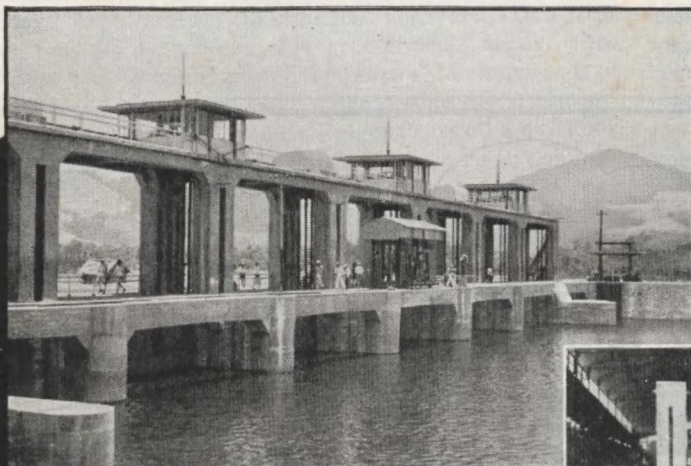
RUSTON BUCYRUS



Economisch graven!

De lange arm, de groote grieper, de snelle bewegingen en de gemakkelijke verplaatsbaarheid beteekenen even zoo-vele besparingen op ieder groot graafwerk, zelfs als het onder de moeilijkste omstandigheden moet plaats vinden. Mogen wij U eens inlichten over het model, dat voor Uw doel het meest geschikt is? Schrijft U dan even aan

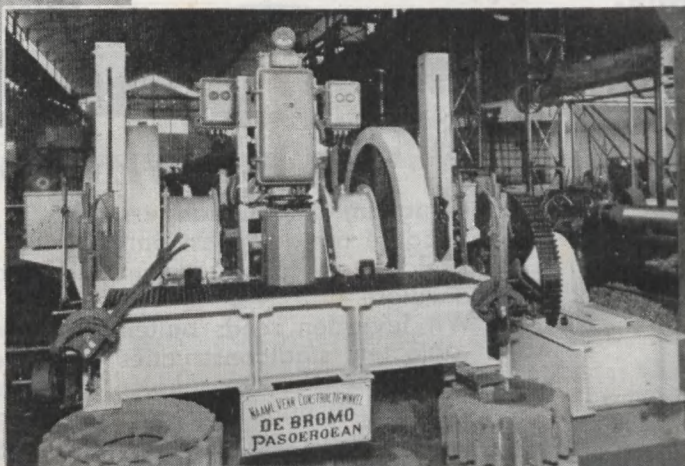
LINDETEVES-STOKVIS



STUWSLUIZEN BENTENG *in de KALI SADANG (CELEBES)*

VERVAARDIGT: MACHINERIEËN
EN APPARATEN VOOR SUIKER-
FABRIEKEN EN ANDERE CULTUUR-
ONDERNEMINGEN. ALLE CONSTRUC-
TIEWERKEN — BRUGGEN.

CONSTRUCTIEWINKEL "DE BROMO"



SPECIALITEITEN: CENTRIFUGES — BOULOGNE VLOEISTOFWEEG-
TOESTELLEN, SLUISWERKEN, HIJSCHWERKTUIGEN
SCHEEPSKRANEN.

VI. TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING.

INHOUD: Typhusbacteriën in rivierwater, door dr. C. O. Schaeffer.

UIT HET LABORATORIUM VOOR TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING DER TECHNISCHE
HOOGESCHOOL TE BANDOENG.

Typhusbacteriën in rivierwater

door

dr. C. O. SCHAEFFER.

Inleiding.

In aansluiting op een vorig onderzoek over het voorkomen en de herkomst van typhusbacteriën in het Bandoengsche rioolwater (Schaeffer, 1941), worden in dit artikel waarnemingen medegedeeld over voorkomen en herkomst van deze organismen in het oppervlaktewater in en om Bandoeng.

Bandoeng ligt aan den noordelijken rand van de Bandoengsche hoogvlakte op een terrein, dat in noord-zuidelijke richting glooiend afloopt. De stroomrichting van de waterlopen, die de stad doorsnijden, is door deze ligging eveneens in hoofdzaak Noord-Zuid. Dit water, dat afkomstig is van het noordelijk van Bandoeng gelegen heuvel- en bergterrein, loopt na Bandoeng te hebben doorstroomd, ten Zuiden van de stad door een uitgestrekt irrigatiegebied van sawah's en vischvijvers en vloeit ten slotte af naar de Tjitaroem, die ca 6 km ten Zuiden van Bandoeng stroomt.

Van de rivieren, die hun loop door de stad Bandoeng nemen, is de Tjikapoendoeng de belangrijkste. Deze werd daarom als eerste onderzoeksobject met betrekking tot het voorkomen van typhusbacteriën gekozen. Als tweede object werd de Tjitepoes onderzocht, daar dit riviertje het effluent van de zuiveringsinrichting voor rioolwater (Imhofftank) opneemt. Voorts werden ook monsters genomen uit de Tjitaroem, waarin al het water, dat door Bandoeng is gestroomd en daar in meerdere of mindere mate is verontreinigd, gezamenlijk wordt afgevoerd.

De verschillende monsterplaatsen zijn op de kaart met letters en nummers aangegeven.

De monsternamen geschiedde steeds tusschen 8 en 10 uur 's morgens. Het onderzoek werd uitgevoerd op de in de vorige mededeeling (Schaeffer, 1941) beschreven wijze, met dien verstande, dat voor het isoleren van typhusbacteriën uitsluitend gebruik gemaakt werd van de „Difco dehydrated bismuthsulfit agar”.

Bij watersoorten, die slechts weinig typhusbacteriën bevatten, werden deze organismen eerst uit een groot volume water neergeslagen door coagulatie met aluin. Het neerslag werd daarna met den gesmolten voedingsbodem vermengd en in petrischalen uitgoten.

Van een aantal monsters werden bovendien het zuurstofgehalte en het biochemisch zuurstofverbruik bepaald.

De pH van de verschillende watermonsters varieerde van 7,0 tot 8,2.

Onderzoek van de Tjikapoendoeng.

De Tjikapoendoeng is de grootste rivier, die Bandoeng doorstroomt en daarbij uitsluitend ongerioleerd

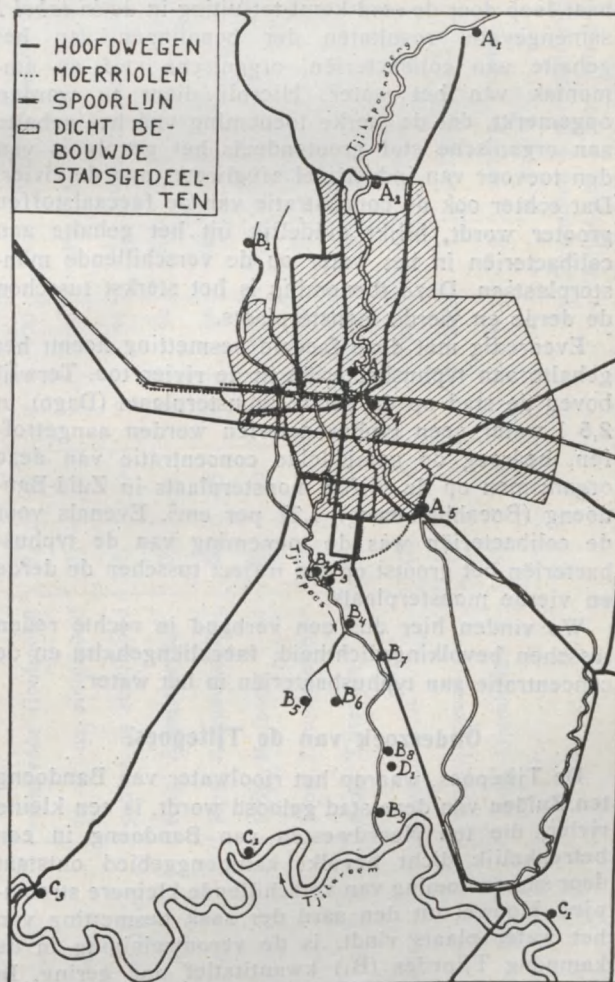


Fig. 1. (Toest. D. V. O. nmr. 85/G.S. III—9.).

de stadsgedeelten passeert, zoodat veel afvalstoffen worden opgenomen.

Monsters werden genomen op vijf plaatsen en wel bij:

- 1° Dago (A_1);
- 2° Dr. de Grootweg (A_2);
- 3° Kebonsirihweg (A_3);
- 4° Soeniaradjaweg (A_4);
- 5° Boeahbatoeweg (A_5).

Op de eerste monsterplaats heeft de Tjikapoendoeng nog geheel het karakter van een landelijke rivier, die slechts verontreinigd wordt door enkele langs de oevers gelegen kampongs.

De bebouwing van het stroomgebied wordt in het traject tusschen de eerste en derde monsterplaats geleidelijk dichter, maar de verontreiniging van het water blijft betrekkelijk zwak.

Na de derde monsterplaats komt de rivier in contact met de dicht bewoonde wijken in het centrum en het Zuiden van de stad, waar groote hoeveelheden huishoudelijke en industriële afvalstoffen worden geloosd. De verontreiniging van het rivierwater op de vierde monsterplaats in het centrum van Bandoeng is dan ook belangrijk toegenomen en deze toestand blijft gehandhaafd op de vijfde monsterplaats, waar de rivier de stad verlaat.

De toenemende verontreiniging van de rivier in haar loop door de stad komt tot uiting in de in *tabel I* samengevatte resultaten der bepalingen van het gehalte aan colibacteriën, organische stof en ammoniak van het water. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat de sterke toeneming van het gehalte aan organische stof grootendeels het gevolg is van den toevoer van industrieel afvalwater aan de rivier. Dat echter ook de concentratie van de faecaalstoffen grooter wordt, blijkt duidelijk uit het gehalte aan colibacteriën in het water op de verschillende monsterplaatsen. Deze toeneming is het sterkst tusschen de derde en vierde monsterplaats.

Evenredig met deze faecale besmetting neemt het gehalte aan typhusbacteriën in de rivier toe. Terwijl boven de stad op de eerste monsterplaats (Dago) in 2,5 l water geen typhusbacteriën werden aangetroffen, bedroeg de gemiddelde concentratie van deze organismen op de vijfde monsterplaats in Zuid-Bandoeng (Boeahbatoeweg) 1,27 per cm^3 . Evenals voor de colibacteriën was de toeneming van de typhusbacteriën het grootst op het traject tusschen de derde en vierde monsterplaats.

We vinden hier dus een verband in rechte reden tusschen bevolkingsdichtheid, faecaliëgehalte en de concentratie aan typhusbacteriën in het water.

Onderzoek van de Tjitepoes.

De Tjitepoes, waarop het rioolwater van Bandoeng ten Zuiden van deze stad geloosd wordt, is een kleine rivier, die ten Noordwesten van Bandoeng in een betrekkelijk dicht bevolkt kampongebied ontstaat door samenvloeiing van verschillende kleinere stroompjes. Hoewel uit den aard der zaak besmetting van het water plaats vindt, is de verontreiniging in de kampong Tjipedes (B_1) kwantitatief nog gering. In zijn loop volgt dit riviertje hoofdzakelijk den westrand van Bandoeng en heeft dus weinig gelegenheid

om faecaliën op te nemen. Een zijrivier stroomt door dicht bewoonde wijken, welke evenwel grootendeels gerioleerd zijn. Op de tweede monsterplaats in de Tjitepoes, 50 m voor de loozingsplaats van het effluent der hiervoor genoemde Imhofftank (B_2), kan dus een matige verontreiniging worden verwacht.

Een sterke toeneming van de verontreiniging vindt natuurlijk plaats door de vermenging van het rivierwater met het effluent van de Imhofftank. De derde monsterplaats (B_3) werd daarom gekozen 50 m beneden het punt van loozing van het tankeffluent, terwijl de rivier 500 m verder stroomafwaarts nogmaals werd bemonsterd (B_4). Bij dit laatste punt splitst de kali zich in twee takken. De westelijke tak stroomt naar de kampong Anggatjarang, waar hij zich wederom splitst. Van deze beide laatste waterlopen werden monsters genomen (B_5 en B_6).

Uit deze stroompjes wordt op verschillende plaatsen water afgetapt voor bevoeiing van sawah's en voeding van vischvijvers, met het gevolg dat het debiet steeds geringer wordt. De westelijke tak van de Tjitepoes wordt zoodoende voorbij de kampong Anggatjarang geheel opgelost in een stelsel van kleine irrigatieleidingen, die in vischvijvers en op sawah's uitstroomen. Aangezien deze complexen ook bevoeid worden door bacteriënhoudend water, dat uit andere riviertjes afkomstig is, kon het lot der microben, die de Tjitepoes aanvoerde, hier niet verder in details worden vervolgd. Daar echter al het irrigatiewater tenslotte afstroomt naar de ca $2\frac{1}{2}$ km verder gelegen Tjitaroem, kan het eindresultaat van het biologische reinigingsproces, dat het water in het bevoeide gebied ondergaat, beoordeeld worden aan de onder te bespreken resultaten van het onderzoek van het Tjitaroemwater.

De bedding van de oostelijke tak van de Tjitepoes loopt geheel door tot de Tjitaroem. Ook aan dezen tak worden groote hoeveelheden water voor irrigatiedoeleinden onttrokken. In tegenstelling met den westelijken tak vindt hier echter ook op vrij groote schaal toevoer van water plaats, bestaande uit het effluent van groote complexen sawah's en vischvijvers, die met water worden bevoeid, dat aan andere riviertjes wordt onttrokken. Een vrij belangrijk deel van het water, dat in den benedenloop van de Tjitepoes stroomt, heeft dus de monsterplaatsen B_2 en B_3 niet gepasseerd en is derhalve niet vermengd geweest met water uit het riool. Gedurende het langzaam stroomen over de bevoeide complexen ondergaat het water een intensieve biologische reiniging, hetgeen tot gevolg heeft, dat het onderzoek van dezen tak van de Tjitepoes geen beeld kan geven van de zelfreiniging van een betrekkelijk snel stroomend riviertje, doch een indruk verschaft van den toestand van het water in een uitgestrekt irrigatiegebied, waar biologische reiniging plaats heeft.

Uit dezen oostelijken tak der Tjitepoes werden monsters genomen bij de kampongs Karasak (B_7), Leuwimelang (B_8) en Tjitepoes (B_9).

Beschouwen wij thans de in *tabel I* vermelde resultaten van het onderzoek naar coli- en typhusbacteriën, organische stof en ammoniakgehalte van het water, dan blijkt, dat de oorspronkelijk zwakke verontreiniging op monsterplaats B_1 , in de stad eenigs-

Tabel I.

Bacteriologisch en chemisch onderzoek van rivierwater.

Rivier	Plaats van monsterneming	Aanduiding van de monsterplaats op de kaart	Aantal onderzochte monsters	Aantal monsters waaruit typhusbacteriën geïsoleerd konden worden	Totaal onderzocht volume in cm ³	Aantal geïsoleerde typhusstammen	Gemiddeld aantal typhuskiemen per cm ³	Grootste en kleinste aantal typhuskiemen per cm ³ in de verschillende monsters	Gemiddeld aantal colibacteriën per cm ³	Gemiddeld gehalte aan organische stof		Gemiddeld NH ₄ -gehalte in mg/l	Gemiddeld O ₂ -gehalte in mg/l
										KMnO ₄ -verbruik in mg/l	Bioch. O ₂ -verbruik in mg/l		
Tjikapoendoeng	Dago	A ₁	5	0	2 500	0	<0,0004	—	(0,9±0,6) × 10 ³	7 ± 1,3	1,2 ± 0,2	0,2 ± 0,1	8,2 ± 0,2
„	Dr. de Grootweg	A ₂	15	1	7 000	2	0,0003	0,004—<0,004	(2,1±1,4) × 10 ³	13 ± 4,5	1,2 ± 0,3	0,4 ± 0,2	8,3 ± 0,2
„	Kebonsirihweg	A ₃	10	3	5 000	6	0,001	0,006—<0,002	(6,5±4,3) × 10 ³	17 ± 8,2	3,8 ± 0,7	0,7 ± 0,5	8,3 ± 0,3
„	Soeniaradjaweg	A ₄	10	9	100	54	0,5	1,0 — <0,1	(3,5±1,9) × 10 ⁴	55 ± 15	18 ± 2,6	1,9 ± 1,2	7,5 ± 0,4
„	Boeahbatoeweg	A ₅	10	10	100	127 ¹⁾	1,3	2,6 — 0,3	(4,2±2,7) × 10 ⁴	49 ± 21	17 ± 5,5	1,5 ± 0,7	6,7 ± 0,7
Tjitepoes	Kpg. Tjipedes	B ₁	4	1	40	2	0,05	0,2 — <0,1	(2,6±0,5) × 10 ³	22 ± 11	—	0,5 ± 0,4	3,1
„	50 m vóór rioolmond	B ₂	10	5	100	13	0,13	0,4 — <0,1	(2,1±1,8) × 10 ⁴	39 ± 5	—	7 ± 2,0	4,0
„	30 m na rioolmond	B ₃	10	9	10	33 ²⁾	3,3	6,0 — <0,1	(3,1±2,8) × 10 ⁵	123 ± 26	—	15 ± 1,3	2,4
„	500 m na rioolmond	B ₄	10	9	50	27	0,54	1,4 — <0,2	(0,7±0,6) × 10 ⁵	51 ± 29	—	9 ± 1,5	1,8
„	Kpg. Anggatjarang	B ₅	5	4	50	8	0,16	0,3 — <0,1	(1,8±1,6) × 10 ⁴	46 ± 23	—	8 ± 1,3	—
„	Kpg. Anggatjarang	B ₆	5	2	50	4	0,08	0,3 — <0,1	(0,9±0,6) × 10 ⁴	42 ± 10	—	8 ± 1,7	—
„	Kpg. Karasak	B ₇	10	2	100	11	0,11	0,8 — <0,1	(1,0±0,2) × 10 ⁴	37 ± 11	—	7,5 ± 1,9	3,0
„	Kpg. Leuwimelang	B ₈	10	2	100	3	0,03	0,2 — <0,1	(1,5±0,8) × 10 ⁴	36 ± 11	—	6 ± 2,0	4,9
„	Kpg. Tjitepoes	B ₉	10	0	100	0	<0,01	—	(0,7±0,5) × 10 ⁴	32 ± 8	—	0,9 ± 0,3	4,7
Tjitaroem	Dajeuhkolot	C ₁	4	0	2 000	0 ³⁾	<0,0005	—	(2,0±0,8) × 10 ³	20 ± 2,2	—	1,0 ± 0,9	4,7 ± 0,2
„	Kpg. Sajoeran	C ₂	4	1	2 000	1	0,0005	0,002—<0,002	(0,9±0,6) × 10 ²	22 ± 2,1	—	0,3 ± 0,1	5,1 ± 0,5
„	Kpg. Djambatan	C ₃	4	1	2 000	3	0,0015	0,006—<0,002	(3,2±1,5) × 10 ²	20 ± 1,1	—	0,2 ± 0,01	5,2 ± 0,4

1) Bovendien 3 paratyphus-B stammen geïsoleerd.

2) Bovendien 1 paratyphus-B stam geïsoleerd.

3) Bovendien 1 paratyphus-B stam geïsoleerd.

zins toeneemt, maar dat sterke besmetting van het water eerst plaats vindt na de loozing van het tankeffluent. Het typhusbacteriëngehalte van het water, dat vóór het punt dier loozing (B_2) 0,13 kiemen per cm^3 bedroeg, steeg ná dat punt (B_3) tot 3,3 kiemen per cm^3 , hetgeen dus een 25-voudige toeneming is. Ook het aantal colibacteriën, de organische stof en de ammoniak in het rivierwater namen aanmerkelijk toe. Vijfhonderd meter na het loozingspunt (B_4) was deze sterke verontreiniging weer grootendeels verdwenen. Het gehalte aan typhusbacteriën van het water aldaar werd op 0,54 kiemen per cm^3 bepaald, overeenkomende met een besmetting, die nog slechts het viervoudige was van die van het water vóór het loozingspunt (B_2). Ook het aantal colibacteriën en de concentraties aan organische stof en NH_4 namen dienovereenkomstig af. Dit verschijnsel wordt vermoedelijk veroorzaakt door een uitvloeking en nabezinking van bestanddeelen uit het tankeffluent, na de vermenging met het water der rivier, die op dit traject door een dam bij de monsterplaats B_4 wordt opgestuwd en daardoor slechts langzaam stroomt. Er is hier dus slechts sprake van een schijnbare reiniging, want de uitgevlokte bestanddeelen zetten zich als slib op den bodem der rivier af en worden bij de eerstvolgende bandjir medegespoeld.

De verdere afneming van de verontreiniging van het water in den westelijken tak is minder frappant, maar toch werd op het ongeveer 1 km lange traject van B_4 naar de monsterplaatsen B_5 en B_6 een merkbare vermindering van het aantal coli- en typhusbacteriën waargenomen.

Hetzelfde geldt voor den oostelijken tak (monsterplaatsen B_7 , B_8 en B_9). Hoewel de verkregen cijfers, zooals reeds werd uiteengezet, niet gebruikt kunnen worden voor de bestudeering van de normale reiniging in een rivier, daar ze feitelijk op een uitgestrekt bevoeid land betrekking hebben, zijn ze voor Bandoeng toch van beteekenis. Uit de afneming van het aantal typhuskiemen in zuidelijke richting is namelijk met groote waarschijnlijkheid te concluderen, dat deze organismen vrij snel te gronde gaan in het complex van sawah's en vischvijvers ten zuiden van Bandoeng, waar zoo goed als al het in de stad verontreinigde oppervlaktewater doorheen wordt geleid.

Onderzoek van de Tjitaroem.

Deze rivier neemt al het uit Bandoeng afkomstige rioolwater en verontreinigd oppervlaktewater op, nadat dit door het bovengenoemde irrigatiegebied is gevloeid.

Teneinde na te gaan hoe de reiniging, die het water in dit gebied ondergaat, verloopt en in welke mate de Tjitaroem verontreinigd wordt door de Bandoengsche bevolking, werden op 3 plaatsen monsters genomen. Op de eerste monsterplaats (C_1) gelegen bij Dajeuhkolot, even voor de plaats waar de Tjikapoendoeng in de Tjitaroem uitmondt, heeft het rivierwater nog geen vermenging ondergaan met water, dat door Bandoeng heeft gestroomd. Bij de tweede monsterplaats (C_2), gelegen bij de kampong Sajoeran, is aan de rivier reeds veel Bandoengsch water toegevoerd, terwijl tenslotte bij de laatste monsterplaats

(C_3) vrijwel al het uit Bandoeng afkomstige water is opgenomen.

Beschouwen we de resultaten van dit onderzoek (tabel I), dan blijkt, dat de aantallen typhuskiemen die op elk der 3 monsterplaatsen uit 2 liter water geïsoleerd konden worden resp. 0, 1 en 3 bedroegen. Het is niet waarschijnlijk, dat aan deze kleine onderlinge verschillen eenige beteekenis gehecht moet worden, te meer waar de 3 typhusbacteriën, die uit C_3 geïsoleerd werden, alle uit één monster afkomstig waren. Uit een vergelijking van de cijfers voor het gehalte aan organische stof, ammoniak en colibacteriën op de drie monsterplaatsen volgt trouwens, dat de verontreiniging met afvalstoffen van het water op het onderzochte traject niet toeneemt, zoodat de Tjitaroem op de drie monsterplaatsen geheel het karakter van een weinig besmette landelijke rivier behoudt.

Voorts moet worden opgemerkt, dat op monsterplaats C_1 , waar de rivier na een vele kilometers langen loop door sawahcomplexen, zeker niet door stedelijk afvalwater verontreinigd was, wel is waar geen typhusbacteriën werden geïsoleerd, maar wel een paratyphuskiem. Geheel vrij van pathogene bacteriën is het water dus ook onder die omstandigheden niet, hetgeen trouwens niet te verwachten is in verband met de bewoning der rivieroever.

Het is dus geenszins zeker, dat de geïsoleerde pathogene kiemen uit Bandoeng afkomstig zijn, maar zelfs als dit al het geval zou zijn, dan is de verontreiniging van het Tjitaroemwater nog zeer gering te achten.

Van de zeer groote hoeveelheid typhusbacteriën, die in Bandoeng geproduceerd worden, ontkomen dus hoogstens enkele aan de reinigende biologische krachten, die in het zuiveringsgebied werkzaam zijn. Bijna alle gaan op de sawah's en in de vischvijvers en riviertjes te gronde.

Nieuwe infectie van het water in het zuiveringsgebied.

Een typisch geval van nieuwe infectie van het water in het zuiveringsgebied werd waargenomen bij het onderzoek van water afkomstig van monsterplaats B_9 . De volledige resultaten van het onderzoek der 14 monsters, die op deze plaats werden genomen, zijn vermeld in tabel II. Een samenvatting van de cijfers, die voor de laatste 10 monsters werden verkregen, vindt men bovendien in tabel I. De eerste 4 monsters zijn daarin opzettelijk niet opgenomen, aangezien ze een geheel afwijkend beeld vertoonden met betrekking tot het typhusgehalte.

Uit tabel II blijkt, dat op deze monsterplaats van 31 Juli tot 6 Augustus 1940 vrij veel typhusbacteriën in het water voorkwamen en dat deze in de daarbij aansluitende periode van 6 weken, n.l. van 8 Augustus tot 21 September 1940, geen enkele maal werden aangetroffen. Dat deze kiemen uit de eerstgenoemde periode van het onderzoek op normale wijze door de rivier uit Bandoeng medegevoerd zouden zijn, was wel zeer onwaarschijnlijk, aangezien het typhusbacte-

Tabel II.

Onderzoek van de Tjitepoes bij kampong Tjitepoes (B₉).

Datum	Onderzocht volume in cm ³	Aantal geïsoleerde typhusstammen	Aantal coli-bacteriën per cm ³	Organische stof (KMnO ₄ -verbruik in mg/l)	NH ₄ mg/l	
31-7-'40	10	12	$1,7 \times 10^4$	30	1,0	} vóór bandjir.
1-8-'40	10	5	$0,3 \times 10^4$	34	1,0	
5-8-'40	10	4	$0,9 \times 10^4$	35	0,8	
6-8-'40	10	5	$0,3 \times 10^4$	36	1,0	
8-8-'40	10	0	$0,3 \times 10^4$	33	1,0	} na bandjir.
10-8-'40	10	0	$0,5 \times 10^4$	42	0,5	
13-8-'40	10	0	$1,6 \times 10^4$	25	1,0	
14-8-'40	10	0	$0,3 \times 10^4$	23	0,5	
15-8-'40	10	0	$0,5 \times 10^4$	25	1,5	
3-9-'40	10	0	$1,3 \times 10^4$	30	1,0	
7-9-'40	10	0	—	49	1,0	
10-9-'40	10	0	$0,3 \times 10^4$	29	0,9	
16-9-'40	10	0	$0,8 \times 10^4$	30	0,5	
21-9-'40	10	0	$0,3 \times 10^4$	31	1,0	

riëngehalte van het Tjitepoeswater bij het hoger gelegen punt B₈ veel geringer was. Bovendien stroomt langs punt B₉ ook nog water, dat oorspronkelijk afkomstig is uit een zijtak van de Tjikapoendoeng, vervolgens bij de kampong Leuwimelang voor irrigatiedoeleinden wordt gebruikt en daarna naar de Tjitepoes afvloeit.

Bij het onderzoek van dit water — genomen bij de monsterplaats D₁ — werden geen typhusbacteriën gevonden. Onderzocht werden 5 monsters, totaal 50 cm³, waarin gevonden werd $(1,5 \pm 0,7) \times 10^4$ colibacteriën per cm³, KMnO₄-verbruik 36 ± 6 mg/l, NH₄ $1,0 \pm 0,6$ mg/l.

Aangezien de typhuskiemen dus niet op de bekende gebruikelijke wijze uit het hoger gelegen stroomgebied toegevoerd konden zijn, moesten ze wel in het traject tusschen de monsterplaatsen B₈ en B₉ aan het water zijn toegevoegd. Aanvankelijk werd gedacht aan bacteriënuitscheiders onder de bevolking in de langs de oevers gelegen kampongs. Het plotseling verdwijnen van de kiemen uit het water na 6 Augustus maakt deze onderstelling echter hoogst onwaarschijnlijk. Dit verdwijnen viel namelijk samen met het optreden van vrij zware regens gedurende eenige dagen, waardoor plotseling sterke bandjirs ontstonden in de riviërtjes, die in de verstreken droge periode slechts weinig water hadden afgevoerd. In verband hiermede lijkt de meest voor de hand liggende verklaring van het geconstateerde incident teel voorkomen der typhusbacteriën, dat deze organismen afkomstig zijn geweest uit typhusbacteriënhoudend slib, hetwelk zich in de Tjitepoes op den bodem van het rivierbed had afgezet en nu door de bandjirs in zeer korten tijd werd weggespoeld.

Bij de bespreking van de herkomst der in oppervlaktewater aangetroffen typhusbacteriën zal op deze kwestie nader worden teruggekomen.

Het waargenomen verschijnsel is in zooverre van belang, dat het ons leert, dat hoewel het aantal pathogene organismen in het water in het zuidelijk gedeelte van het irrigatiegebied in het algemeen veel geringer is dan in de dichter bij de stad gelegen streken, plaatselijk en tijdelijk toch een hoger typhusbacteriëngehalte van het water kan voorkomen.

Over de herkomst der gevonden typhusbacteriën.

Hoewel uit het voorgaande reeds blijkt, dat er een rechtstreeksch verband bestaat tusschen het faecaliëngehalte en de typhusbacteriënc concentratie van het rivierwater eenerzijds en de bevolkingsdichtheid langs de oevers anderzijds, zou men ten aanzien van de herkomst der typhusbacteriën nog kunnen veronderstellen, dat deze organismen in de sterk verontreinigde gedeelten der rivieren of in de eveneens verontreinigde omgeving gunstige omstandigheden voor hun ontwikkeling zouden kunnen vinden en zich dan daar, zooals Dinger, Marseille en Tesch (1939) meenden, in een buiten den mensch gelegen virusreservoir zouden vermenigvuldigen.

Hoewel Dinger (1940) in een discussie met M o m (1940) over de herkomst van deze kiemen te kennen gaf, dat hij zeker niet tot elken prijs aan zijn onderstelling wil vasthouden, leek het al of niet bestaan van een dergelijk virusreservoir zoowel uit een theoretisch als praktisch oogpunt van voldoende betekenis, om na te gaan in hoeverre het mogelijk is deze kwestie aan de hand van het thans verzamelde materiaal nader te belichten.

Vergelijken we het typhusbacteriëngehalte van oppervlaktewater met dat van rioolwater (M o m en S c h a e f f e r, 1940, S c h a e f f e r, 1940, 1941), dan blijkt, dat deze grootheid in het eerste medium belangrijk lager is dan in het tweede. Waar verder gevonden werd, dat de typhusbacteriën in rioolwater uit faeces afkomstig zijn (S c h a e f f e r, 1941), ligt het voor de hand de zooveel lagere typhusbacteriënc concentratie in oppervlaktewater eveneens aan infectie met faecaliën toe te schrijven.

Opgemerkt moet echter worden, dat de concentratie aan typhusbacteriën hier wel is waar lager is dan in rioolwater, maar dat de verdunning in verband met het grootere watervolume der rivieren ook veel groter wordt. Het zou dus nog mogelijk kunnen zijn, dat het aantal typhusbacteriën, met betrekking tot de sterkte der faecale infectie, in oppervlaktewater groter was dan in rivierwater en in dit laatste geval zouden we wel degelijk een bijzondere vermenigvuldiging van typhusbacteriën moeten aannemen.

Ter beoordeeling van deze kwestie moeten dus zoowel de concentraties aan typhusbacteriën als de gehalten aan faecaalstoffen in beide watersoorten met elkaar worden vergeleken, waarbij als maat voor het faecaliëgehalte van het water de concentratie aan colibacteriën kan worden gebezigd.

De vergelijking van deze grootheden voor de verschillende watersoorten met elkaar wordt zeer vereenvoudigd als men eerst voor iedere watersoort de verhouding tusschen typhus- en colibacteriën berekent en deze uitdrukt als het aantal typhusbacteriën per 100 000 colibacteriën. Het aantal van 100 000 colibacteriën fungeert hierbij dan als eenheid van faecale verontreiniging. Het gevonden verhoudingsgetal wordt hier verder aangeduid als „typhusindex”.

Voor de berekening van dit verhoudingsgetal voor rioolwater zouden ook de in de vorige publicatie

(Schaeffer, 1941) vermelde gegevens gebruikt kunnen worden, ware het niet dat de typhusbacteriën in dat onderzoek nog met de vroeger beschreven modificatie van het medium volgens Wilson en Blair zijn geïsoleerd, terwijl voor het in deze bladzijden beschreven onderzoek van oppervlaktewater uitsluitend gebruik gemaakt is van Difco bismuthsulfite agar. Dat dit een niet onbelangrijk verschil uitmaakt, werd aangetoond door het typhusbacteriëngehalte van 10 monsters rioolwater (genomen bij de zuiveringsinstallatie) zoowel met het oude medium als met Difco-agar te bepalen. De resultaten — samengevat in *tabel III* — spreken voor zichzelf. Met het oude medium werden uit totaal 0,5 cm³ rioolwater slechts 11 typhusstammen geïsoleerd, met Difcoagar uit 1 cm³ niet minder dan 249 stammen.

Tabel III. Onderzoek van monsters rioolwater op typhusbacteriën met twee verschillende modificaties van bismuthsulfietagar.

Monster-nummer	„Oud” medium ¹⁾		Difco medium		Aantal colibacteriën per cm ³
	Onderzocht volume in cm ³	Aantal geïsoleerde typhusstammen	Onderzocht volume in cm ³	Aantal geïsoleerde typhusstammen	
1	0,05	4 ²⁾	0,1	49	0,5 × 10 ⁶
2	0,05	3	0,1	44	2,4 × 10 ⁶
3	0,05	0	0,1	15	0,7 × 10 ⁶
4	0,05	0	0,1	35	0,3 × 10 ⁶
5	0,05	0	0,1	6	0,9 × 10 ⁶
6	0,05	3	0,1	3	0,9 × 10 ⁶
7	0,05	0	0,1	2	5,0 × 10 ⁶
8	0,05	1	0,1	60	3,5 × 10 ⁶
9	0,05	0	0,1	17	1,3 × 10 ⁶
10	0,05	0	0,1	18	5,0 × 10 ⁶
Totaal	0,5	11 ²⁾	1,0	249	Gemiddeld 2,0 ± 1,8 × 10 ⁶

1) Mom en Schaeffer (1940).

2) Bovendien 4 paratyphus-B stammen geïsoleerd.

Het is derhalve duidelijk, dat de met Difco-agar voor oppervlaktewater gevonden resultaten slechts vergeleken kunnen worden met cijfers, die met behulp van ditzelfde medium voor rioolwater zijn verkregen. Als zoodanig zullen hier de in *tabel III* voor Difco-agar vermelde gegevens gebruikt worden, die dus als volgt luiden:

Rioolwater: 249 typhusbacteriën per cm³, $2,0 \times 10^6$ colibacteriën per cm³.

$$\text{Typhusindex} = \frac{249}{2,0 \times 10^6} \times 10^5 = 12.$$

De voor de verschillende soorten oppervlaktewater op dezelfde wijze berekende typhusindices zijn samengevat in *tabel IV*. Daaruit blijkt dat de voor het oppervlaktewater gevonden getallen steeds kleiner zijn dan die voor rioolwater.

Ook bij beschouwing van de afzonderlijke watermonsters blijkt, dat deze getallen voor rioolwater hooger zijn dan voor oppervlaktewater. Zoo vinden we als hoogsten typhusindex van rivierwater

$$\frac{0,5}{3,0 \times 10^3} \times 10^5 = 17 \text{ (monsters van 1-8-'40 en 6-8-'40 in tabel II), terwijl de hoogste index van rioolwater } \frac{350}{0,3 \times 10^6} \times 10^5 = 117 \text{ bedraagt (monster 4, tabel III).}$$

Daar het rioolwater beschouwd moet worden als een versche faecessuspensie en het aantal typhus- en colibacteriën in deze vloeistof dus gelijk gesteld mag worden aan het aantal van deze organismen in de in het riool gedeponeerde faecaliën, geldt de voor het rioolwater gevonden typhusindex van 12 ook voor de totale massa van deze faecaalstoffen.

Aangezien de bacteriologische samenstelling van de menselijke faecaliën die te Bandoeng in de rivieren worden afgevoerd, waarschijnlijk ongeveer overeenkomt met de samenstelling van de op het riool geloosde faecaalstoffen, kunnen we voor de in het oppervlaktewater gedeponeerde faeces eveneens het getal 12 aanhouden.

Tabel IV. Typhusindices van het onderzochte water.

Rivier	Aanduiding van de monsterplaats op de kaart	Typhusindex
Tjikapoendoeng....	A ₁	<0,04
	A ₂	0,01
	A ₃	0,02
	A ₄	1,5
	A ₅	3,0
Tjitepoes.....	B ₁	1,9
	B ₂	0,6
	B ₃	1,1
	B ₄	0,8
	B ₅	0,9
	B ₆	0,9
	B ₇	1,1
	B ₈	0,2
	B ₉ (vóór bandjir)	8,1
	B ₉ (na bandjir)	<0,1
Tjitaroem.....	C ₁	<0,3
	C ₂	0,6
	C ₃	0,5
Rioolwater.....	—	12

Daar verder uit *tabel IV* blijkt, dat de typhusindex van het onderzochte rivierwater steeds kleiner is dan dit getal, wordt de aanwezigheid van typhusbacteriën in het oppervlaktewater ruimschoots verklaard door het gehalte aan faecaliën. Er is dus geen reden om aan te nemen, dat deze organismen emaneeren uit eenig buiten den mensch gelegen virusreservoir.

Wellicht ten overvloede wordt hier nog opgemerkt, dat de in *tabel IV* vermelde typhusindices niet de pretentie van exacte waarden hebben. In de eerste plaats toch zijn coli- en typhusbacteriëngehalte van het water aan niet onbelangrijke schommelingen

onderhevig en verder zijn de bepalingsmethodes voor beide organismen niet volmaakt. De voor de gemiddelde concentraties gevonden cijfers hebben dus geen streng kwantitatieve beteekenis en de uit beide bedragen gevonden verhouding moet dan ook als een maatstaf worden opgevat, die slechts een orde van grootte weergeeft. Voor ons doel is dit echter ruim voldoende.

Hoewel het dus niet juist is een virusreservoir buiten den mensch verantwoordelijk te stellen voor het gevonden typhusbacteriëngehalte van oppervlaktewater, wil dit niet zeggen, dat deze organismen in het geheel niet in staat zouden zijn zich buiten het menselijk lichaam te vermenigvuldigen. Deze onderstelling wordt alleen reeds weerlegd door het feit, dat we typhusbacteriën in het laboratorium zeer goed op kunstmatige voedingsbodems kunnen kweken en al zullen de in de natuur heerschende voorwaarden in het algemeen belangrijk minder gunstig zijn voor hun ontwikkeling, zoo is het toch niet ondenkbaar, dat zich sporadisch bijzondere omstandigheden kunnen voordoen, waarbij typhusbacteriën in staat zijn zich ook buiten den mensch in zekere mate te vermenigvuldigen. Of een dergelijke toestand in de door ons onderzochte rivieren hier en daar wellicht wordt gerealiseerd, is niet gemakkelijk uit te maken, maar er zijn onder het verzamelde materiaal eenige cijfers, die in dit verband nader moeten worden besproken.

Hiertoe wordt in de eerste plaats de aandacht gevestigd op de resultaten, die voor de monsterplaatsen A₄ en A₅ van de Tjikapoendoeng werden verkregen.

Ontleenen wij aan de *tabellen I* en *IV* de cijfers, die voor deze kwestie van beteekenis zijn, dan krijgen we het volgende overzicht:

	A ₄	A ₅
Aantal typhusbacteriën per cm ³ :	0,5	1,3
Aantal colibacteriën per cm ³ :	$(3,5 \pm 1,9) \times 10^4$	$(4,2 \pm 2,7) \times 10^4$
Typhusindex :	1,5	3
KMnO ₄ -verbruik: (mg/l)	55 ± 15	49 ± 21
Biochem. O ₂ -verbruik: (mg/l)	18 ± 2,6	17 ± 5,5
NH ₄ -gehalte: (mg/l)	1,9 ± 1,2	1,5 ± 0,7
O ₂ -gehalte: (mg/l)	7,5 ± 0,4	6,7 ± 0,7

Uit deze cijfers blijkt, dat het typhusbacteriëngehalte van het water tusschen beide punten niet onbelangrijk toeneemt, terwijl de concentratie aan faecaliën (= aantal colibacteriën) maar zeer weinig groter wordt (statistisch heeft het verschil geen beteekenis), zoodat de typhusindex eveneens toeneemt.

Bij beschouwing van de cijfers voor het gehalte aan ammoniak en organische stof (KMnO₄-verbruik en biochemisch zuurstofverbruik) blijkt verder, dat de verontreiniging van het water op beide monsterplaatsen practisch van gelijke sterkte is. Aangezien de Tjikapoendoeng tusschen de punten A₄ en A₅ geen zijrivieren heeft en het rivierwater dus niet noemenswaard door ander water wordt verdund, lijkt het, dat de rivier op dit traject geen afvalstoffen opneemt en aangezien het aantal typhusbacteriën in het water toch groter wordt, zou men hier kunnen gaan denken

aan een vermeerdering van deze organismen in dit rivierpand.

De kwestie is in werkelijkheid echter gecompliceerder dan uit deze cijfers kan worden afgeleid, want tusschen de punten A₄ en A₅ stroomt de Tjikapoendoeng door dichtbevolkte en niet-gerioleerde wijken, die op de rivier afwateren. Er worden dus wel degelijk groote hoeveelheden afvalstoffen opgenomen en daar de verontreiniging van het rivierwater desondanks niet toeneemt, moeten sterke reinigende krachten in de rivier werkzaam zijn. Dat de omstandigheden voor biologische reiniging in dit pand over het algemeen gunstig zijn, blijkt o.a. uit het hoge zuurstofgehalte van het water, dat in de ondiepe rivier met haar vele kleine stroomversnellingen blijkbaar gemakkelijk in stand wordt gehouden, ondanks de vrij zware belasting met organische stof.

Het constant blijven van den verontreinigingsgraad van het water is dus het gevolg van twee tegengesteld gerichte processen — biologische reiniging en nieuwe verontreiniging —, die elkaar in evenwicht houden. Organische stoffen, coli- en typhusbacteriën zullen als gevolg van de werking der biologische krachten uit het water verdwijnen, maar door nieuwen aanvoer weer worden aangevuld.

Slechts een gedeelte van de bij A_5 geïsoleerde colibacteriën zullen dus het punt A_4 zijn gepasseerd, de rest is tusschen A_4 en A_5 aan het water toegevoegd in den vorm van faecaalstoffen en met de faecaliën zullen ook weer nieuwe typhusbacteriën in het water zijn gekomen. Nemen we hier voor deze faecaliën weer den typhusindex 12 aan, dan is het duidelijk, dat de toeneming van het typhusbacteriëngehalte van het water op dit traject nog volstrekt

geen aanwijzing geeft voor eene eventueele vermeerdering van typhusbacteriën in de rivier.

Argumenten voor het bestaan van een virusreservoir kunnen deze gegevens ons derhalve niet verschaffen.

Een ander geval, dat in dit verband moet worden besproken, is de betrekkelijk hoge typhusbacteriënc concentratie, die gedurende korten tijd werd gevonden in het Tjitepoeswater bij monsterplaats B_9 . Zooals reeds is medegedeeld, werden deze organismen na eenige zware regenbuien niet meer op die plaats gevonden.

Een berekening van het gemiddelde uit de in de tabellen I en II vermelde resultaten van het wateronderzoek vóór en ná de regens levert de volgende cijfers:

	Vóór regens	Na regens
Aantal typhusbacteriën per cm^3	0,65	< 0,01
Aantal colibacteriën per cm^3	$0,8 \times 10^4$	$(0,7 \pm 0,5) \times 10^4$
Typhusindex	8,1	< 0,15
KMnO_4 -verbruik (mg/l)	34	32 ± 8
NH_4 -gehalte (mg/l)	1,0	$0,9 \pm 0,3$

Uit deze cijfers blijkt, dat, afgezien van het gehalte aan typhusbacteriën, de bacteriologische en chemische gesteldheid van het water door de regens practisch niet is veranderd.

Zooals reeds op blz. 5 werd opgemerkt, is het in verband met het plotselinge verdwijnen van de typhusbacteriën waarschijnlijk, dat deze organismen afkomstig waren uit een „depôt”, dat door de bandjirs is weggespoeld. Men zou hierbij kunnen denken aan faecaliën van een typhusbacteriënuitscheider of aan typhushoudend slib, dat door vroegere bandjirs uit hooger gelegen en sterker verontreinigde gedeelten van de rivier was aangevoerd.

Dergelijke afzettingen, die te oordeelen naar de hoeveelheden afgegeven typhusbacteriën, van vrij groot formaat zouden moeten zijn, geven echter ook colibacteriën en organische stoffen aan het water af en na het opruimen van het dépôt door de bandjirs zouden het colibacteriëngehalte en het KMnO_4 -verbruik van het water derhalve kleiner moeten worden. Aangezien dit practisch niet het geval was, zal een andere verklaring voor de aanwezigheid van de typhusbacteriën moeten worden gezocht. Het meest voor de hand liggend is dan wel de onderstelling, dat deze organismen zich ergens in een afzetting van de rivier hebben vermenigvuldigd.

Over den aard van het milieu, waarin deze vermenigvuldiging plaats vindt, tasten wij volkomen in het duister en ook in andere opzichten is hier veel, dat een nadere opheldering behoeft. Mede in verband met de korte waarnemingsperiode en onze onvolledige kennis van de factoren, die van invloed geweest kunnen zijn, zal men goed doen feiten en verklaring voor dit geval met de noodige reserve te accepteren. Het ligt in het voornemen het onderzoek van deze monsterplaats in den komende droge tijd voort te zetten.

In ieder geval staat het vast, dat hier slechts sprake is van een zeer plaatselijk en tijdelijk verschijnsel, want in de droge periode na de regens, waarin het

onderzoek nog zes weken werd voortgezet, herstelde de toestand zich niet meer. Dat een dergelijke vermenigvuldiging bovendien vrij zeldzaam is, wordt zeer waarschijnlijk gemaakt door het algemeene voorkomen van typhusbacteriën in het onderzochte gebied. Als n.l. dergelijke herinfecties van het water vrij veelvuldig voorkwamen, zou het aantal typhusbacteriën in de Tjitaroem veel grooter moeten zijn dan thans werd gevonden.

Hygiënische aspecten.

Uit de verkregen resultaten blijkt, dat de toestand van Bandoeng en zijn omgeving met betrekking tot het voorkomen van typhusbacteriën verre van bevredigend is. Terwijl het oppervlaktewater boven de stad grootendeels vrij is van pathogene kiemen, vindt in de bewoonde wijken een zeer sterke besmetting plaats, die beneden de stad verder wordt uitgezaaid. Wel is waar verdwijnen de typhusbacteriën hier ten gevolge van de biologische reiniging, die in dit gebied van sawah's en vischvijvers plaats heeft, maar het terrein waar dit gebeurt, is zoo uitgestrekt, dat de „typhusschaduw” naar schatting een oppervlak heeft van 25 km^2 .

Neemt men in aanmerking, dat dit niet alleen geldt voor typhusbacteriën, maar zeer waarschijnlijk ook voor allerlei andere darmparasieten (dysenterie, paratyphus, mijnworm) en dat de typhuskiem in dit geval dus beschouwd kan worden als een indicator voor de aanwezigheid van verschillende soorten van pathogene organismen, dan is het duidelijk, dat er in hygiënisch opzicht nog het noodige te wenschen overblijft.

Dat de toestand in Bandoeng ook volstrekt niet als een extreem geval moet worden beschouwd, blijkt uit de onderzoekingen, uitgevoerd te Batavia en Jogjakarta, die resultaten opleverden, welke geheel analoog waren aan de te Bandoeng verkregen uitkomsten. Voor de andere groote steden op Java kan derhalve eenzelfde toestand worden verwacht. Zelfs is het

waarschijnlijk, dat de situatie te Bandoeng nog vrij gunstig is, omdat daar althans een deel der pathogene organismen in de Imhofftank achterblijft.

Terecht heeft Dinger opgemerkt, dat de natuur ook op dit lage hygiënisch niveau een zeker evenwicht heeft geschapen, maar tevens waarschuwt hij, dat deze toestand verre van ideaal is. Deze uitspraak kan nader geïllustreerd worden door er op te wijzen, dat zelfs onder de sterkst geïmmuniseerde groep, die door Dinger e.m. (1939) te Batavia werd gevonden, de typhusmorbidity nog eenige malen hooger was dan voor de geheele bevolking in Nederland (resp. $0,64^{0/00}$ en $0,14^{0/00}$).

Reeds in een vorige mededeeling (Mom en Schaeffer 1940) is uiteengezet, dat de hoge typhusfrequentie op Java niet inherent is aan de heerschende tropische omstandigheden, maar beschouwd moet worden als een gevolg van den onhygiënischen toestand der meeste stadskampongs, die soms meer doen denken aan vuilnisbelten dan aan woonplaatsen voor menschen.

Kampongverbetering met drinkwatervoorziening, rioleering (voor Bandoeng: voltooiing van het rioleeringsnet en de zuiveringsinstallatie) en afvoer van de vaste afvalstoffen is dan ook dringend noodzakelijk. Het laat zich aanzien, dat deze maatregelen veel — soms zeer veel — geld zullen kosten, maar hierbij is te bedenken, dat een dergelijke assainering niet alleen ten goede komt aan de kampongbewoners, doch aan de geheele stadsbevolking en dat speciaal de weinig immune kapitaalkrachtige klassen er zeer mee gebaat zullen zijn. De aanwezigheid van infectiehaarden midden in de bewoonde centra is speciaal voor deze laatste groepen een voortdurende bron van gevaar voor besmetting met de h.t.l. — en te Bandoeng niet het minst — zoo gevreesde „buikziekten”.

Samenvatting.

Bij het onderzoek naar het voorkomen van typhusbacteriën in het Bandoengsche oppervlaktewater werd gevonden, dat het weinig verontreinigde rivierwater boven de stad practisch vrij is van deze organismen. In het oppervlaktewater in de stad komen typhusbacteriën geregeld voor en hun aantal wordt grooter naarmate de hoeveelheid faecaliën in het water toeneemt. Uit de verzamelde gegevens kan worden afgeleid, dat deze organismen van menselijke herkomst zijn.

De typhusbacteriën, die door de rivieren uit Bandoeng worden weggevoerd, verdwijnen buiten de stad vrij snel uit het water, zoodat geen of slechts een zwakke verontreiniging plaats heeft van de 6 km van Bandoeng verwijderde Tjitroem, die al het Bandoengsche oppervlaktewater opneemt. In verband met de uitgestrektheid van het gebied, waar de reiniging zich voltrekt kan deze toestand echter niet bevredigend worden genoemd.

Naar aanleiding van dit resultaat wordt gewezen op het belang van een voortzetting van de kampongverbetering en voltooiing van het rioleeringstelsel.

Op deze plaats maak ik gaarne melding van de waardevolle assistentie bij het laboratorium-onderzoek van den analyst K a h a r, terwijl ik voorts mijn dank betuig aan Dr. M. E r b e r (Eijkman Instituut te Batavia), die wederom een aantal der geïsoleerde typhus- en paratyphusstammen aan een nadere controle onderwierp.

Tenslotte zij vermeld, dat bij dit onderzoek gebruik werd gemaakt van den financieelen steun der Koningin Wilhelmina Jubileum Stichting.

Literatuur.

Dinger, J. E. (1937) De besmetting der oppervlaktewateren van Batavia met typhus- en paratyphusbacillen. *Geneeskundig Tijdschrift voor Ned.-Indië* 77, 1090.

Dinger, J. E., Marseille, A. en Tesch, J. W. (1939) Onderzoek naar de epidemiologie der febris typhoidea in de Studiëwijk voor Hygiëne te Batavia. *Geneeskundig Tijdschrift voor Ned.-Indië* 79, 2690.

Dinger, J. E. (1940) Antwoord aan Prof. Mom. *Geneeskundig Tijdschrift voor Ned.-Indië* 80, 910.

Mom, C. P. (1940) Naar aanleiding van „Onderzoek naar de epidemiologie der febris typhoidea in de Studiëwijk voor Hygiëne te Batavia”. *Geneeskundig Tijdschrift voor Ned.-Indië* 80, 902.

Mom, C. P. en Schaeffer, C. O. (1940) Typhusbacteriën in afvalwater en in slib. *Mededeelingen van den D.V.G. in Ned.-Indië* 29, 27.

Schaeffer, C. O. (1940) Onderzoek naar het voorkomen van typhusbacteriën in het rioolwater te Jogjakarta en hun gedrag tijdens de bezinking en de biologische reiniging. *Mededeelingen van den D.V.G. in Ned.-Indië* 29, 49.

Schaeffer, C. O. (1941) Onderzoek over de herkomst van typhusbacteriën, voorkomend in het rioleeringstelsel van Bandoeng. *Geneeskundig Tijdschrift voor Ned.-Indië* 81, 1535.

N.V. Internationale Crediet- en Handelsvereniging „Rotterdam”

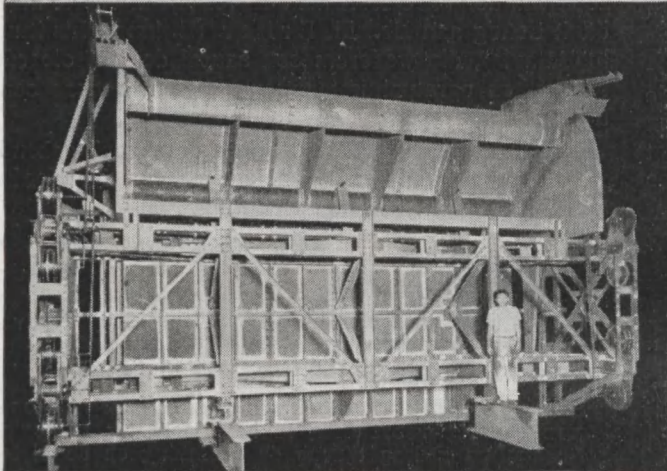
IMPORTEURS VAN ALLE CHEMICALIËN

AGENTSCHAPPEN TE:

Batavia, Cheribon, Semarang, Soerabaja, Bandoeng, Padang, Benkoelen,
Tandjong Karang, Palembang, Medan, Tandjong Balei, Laboean Bilik,
Bandjermasin, Pontianak, Makassar, Pangkal-Pinang, Singapore,
Bangkok, Kobe, New-York, Londen, Calcutta.

Door ons vervaardigde rolschuif voor de
Watervang „Argogoeroeh”, welke in
October 1938 door Z. E. den Gouverneur
Generaal bij zijn bezoek aan Sumatra
werd bezichtigd.

Frontaanzicht



N.V. DE NED.-IND. INDUSTRIE

Machinefabriek en Constructie-
werkplaats — Soerabaia

Gevraagd door:

Ingenieursbureau en Techn. Handelskantoor te Soerabaia

- a. Ingenieur (Delft of M.T.S.)
met algemeen technische en commercieele ervaring.
- b. Ervaren koeltechniker voor uitwerken van projecten en montage-
leiding.

Brieven met uitvoerige inlichtingen onder No .LS 5045 p/a Niar, Postbox 127, Soerabaia.

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

VII. CHEMIE EN TECHNOLOGIE.

Tevens Orgaan van de Ned. Chemische Vereeniging in Ned.-Indië.

INHOUD: Mededeelingen van het Alg. Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Ned.-Indië. — Viscositeit en electrisch geleidingsvermogen, door dr. ir. P. Honig. — De aetherische olie uit *Melaleuca alternifolia* en *Melaleuca bracteata*, door dr. C. J. van Hulssen en dr. Th. M. Meijer. — Het vet van *Pentadesma butyracea* Sab., door ir. E. D. G. Frahm. — Chemische Kring te Soerabaja.

Mededeelingen van het Algemeen Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Ned.-Indië.

Candidaat-leden.

Ir. C. A. Schéepens, leeraar Gouvernements Lyceum, Malang.

Ir. H. Egeter, chef fa. Tiedeman en Van Kerchem, Soerabaia.

Dr. V. Khainovsky, hoofd van het Proef-

station v/d Java Vezel Ondernemingen (JAVO), c/o Panggoongredja, Kepandjen.

Ir. C. W. J. van der Meulen, chemiker der s.f. Tasikmadoe, Solo.

Ir. W. R. Sweep, Mangkoenegaran 6, Semarang.

Adresverandering.

Het adres van den redacteur ir. E. D. G. Frahm is thans Hotel Bristol, Kaliasin, Soerabaja.

Copie voor de rubriek „Chemie en Technologie” moet voortaan aan dit adres worden gezonden.

Contributie 1941.

Nog vele leden hebben niet aan hun verplichtingen voldaan om hun contributie over dit jaar aan den secretaris-penningmeester over te maken. Teneinde onnoodige kosten te vermijden verzoek ik allen, die tot dusver in gebreke zijn gebleven, het verschuldigde bedrag (f 15,— voor gewone leden, f 7,50 voor

geassocieerde leden) zoo spoedig mogelijk per postwissel te verzenden.

De Secretaris-penningmeester

H. J. Hardon

Laboratorium voor Scheikundig

Onderzoek

Buitenzorg.

Publicaties.

Het Bestuur en de Redactie geven zich veel moeite om deze rubriek voor de leden zoo aantrekkelijk mogelijk te maken. Gezien het gering aantal leden, dat in de gelegenheid is de resultaten van hun onderzoekingen in een voor ieder toegankelijk tijdschrift te publiceeren, mag de hoeveelheid copie, welke tot dusverre werd ontvangen, nog bevredigend worden genoemd. De klacht werd echter vernomen, dat te weinig mededeelingen van technologischen aard werden opgenomen. Leden, in staat op dit gebied Uw medewerking te verleen, stuurt de manuscripten over Uw werk in!

Aan leiders van verscheidene bedrijven hier te lande werd enkele maanden geleden verzocht een korte schets van hun bedrijf voor publicatie in te zenden om de leden in kennis te stellen met hetgeen alhier op industrieel gebied wordt gepresteerd. Slechts van enkele aangeschreven leden werd een bijdrage ontvangen. Sommigen deden zelfs zeer geheimzinnig, hoewel het niet de bedoeling van de redactie was om hier fabrieksgeheimen te ontfutselen. Een korte mededeeling (± 1 kolom druks), waarin zowel technische als economische wetenswaardigheden van het bedrijf kunnen worden beschreven, kan toch ieder van een bedrijf geven.

Viscositeit en electrisch geleidingsvermogen

(Een studie over de eigenschappen van melasse)

door

dr. ir. P. HONIG.

Bij de suikerfabricage speelt de viscositeit der moederloogen bij de kristallisatie en kristalafscheiding, in het bijzonder van de laatste stroop, een zeer belangrijke rol. In de vakliteratuur vindt men tal van beschouwingen over den invloed van sapzuiveringswerkwijzen, van de samenstelling der nietsuikers, van ontledingsverschijnselen en van tal van andere factoren op de viscositeit der melasse. Het algemeene streven der fabricagetechniek is om zoodanige werkmethode te vinden, dat de viscositeit van de melasse zoo gering mogelijk is. Als waardevolle aanbeveling voor nieuw voorgestelde werkwijzen geldt in het algemeen, dat deze een lage viscositeit aan de melasse geven, daar dit bij de verwerking der melassekooksels een gemakkelijke hanteerbaarheid der kooksels en een goede scheiding van kristal en stroop bij het centrifugeproces meebrengt. Het is naast het veelvuldige gebruik bij beschouwingen over de viscositeit, als belangrijk criterium voor den gang van zaken bij de fabricage opvallend, dat het aantal kwantitatieve gegevens over het viscositeitsverloop van melasse gering is en dat de bepaling hiervan in het fabrieksbedrijf practisch onbekend is. Dit is ten deele toe te schrijven aan het feit, dat de bepaling van de viscositeit tot voor korten tijd langdurig en omslachtig was. Door de invoering van den Höppler-viscosimeter is hierin een gunstige wijziging gekomen.

Onderzoekt men de viscositeit van melasse bij verschillende temperaturen, dan krijgt men een verloop als is weergegeven in fig. 1. Voor de verwerking van melassekooksels, omvattende het koelen, het transport, het centrifugeproces en het vervoer van de afgewerkte melasse naar tanks, transportwagens en -schepen, is van bijzonder belang de viscositeit van melasse in de tropen bij temperaturen tusschen 30° en 50° C. Verder wijst de praktijk uit, dat de melasse, zooals deze practisch wordt verwerkt, aangepast aan de apparatuur der suikerfabrieken, zooals deze zich heeft ontwikkeld met toelaatbare normen voor de mechanische sterkte der roer- en transportelementen, het hierbij behorende krachtverbruik en de toegepaste centrifugaalkrachten, in het drogestofgehalte varieert van 82 — 86%, m.a.w. dat de melasse een watergehalte heeft van 14 — 18%.

Het is ontegenzeggelijk juist, dat, indien men melassen van verschillende fabrieken onderzoekt bij eenzelfde drogestofgehalte, men verschillen vindt in de viscositeit. Dit verschil is evenwel niet alleen het gevolg van de samenstelling der nietsuikers, doch ook de reinheid als zoodanig heeft invloed. Als regel geldt, dat, indien men twee melassen vergelijkt, bijv. bij reinheden van 30 en 35 ware reinheid, met overigens dezelfde samenstelling der nietsuikers, de melasse met de hoogste reinheid bij eenzelfde drogestofgehalte de laagste viscositeit vertoont.

Indien men derhalve een beoordeeling wenscht te geven van de viscositeitseigenschappen van melasse, zoo dient dit onderzoek te omvatten:

- de viscositeit als functie van de temperatuur;
- de viscositeit als functie van het droges ofgehalte;
- de afhankelijkheid van de viscositeit van de reinheid.

Indien men deze gegevens samenvat, heeft men een maat gekregen, die men zou kunnen gebruiken om de beïnvloeding van de viscositeit door de nietsuikers op kwantitatieve wijze te karakteriseeren. Het is duidelijk, dat de reductie van een dergelijk aantal gegevens tot één enkele karakteriseerende grootte der nietsuikers voor den invloed op de viscositeit, vergeleken bijv. met de viscositeit van zuivere saccharose, of een bekend mengsel van saccharose en reduceerende suikers van dezelfde concentratie en temperatuur, niet gemakkelijk is. Dit onderzoek zal ongetwijfeld in de naaste toekomst in verschillende laboratoria geëntameerd worden en het is te verwachten, dat men erin zal slagen om een eenvoudige uitdrukking te vinden voor de essentiele de viscositeit beïnvloedende eigenschappen der nietsuikers, zooals wij deze in technische suikeroplossingen als complex gegeven ontmoeten.

Het blijkt, dat, indien men het verband tusschen temperatuur en viscositeit van melasse van verschillende drogestofgehalten grafisch uitzet en wel als relatie tusschen de temperatuur en de logarithme van de viscositeit, men bij benadering voor het temperatuurtraject 30° — 50° C, dat voor de practische verwerking van bijzondere interesse is, rechte lijnen krijgt. Derhalve is de viscositeit van een melasse van een bepaald drogestofgehalte bij verschillende temperaturen voor te stellen door de vergelijking:

$$(1) \quad \log \text{viscositeit}_t = \log \text{viscositeit}_{t_0} - a(t - t_0).$$

Indien men van een melasse de gegevens inzake het verband tuschen de temperatuur en de logarithme van de viscositeit uitzet bij verschillende drogestofgehalten, krijgt men een grafiek, als gegeven in fig. 2. Wij mogen concludeeren, dat voor het gebied, waarin de viscositeit van melasse van practische betekenis is voor de suikerfabricage, de lijnen temperatuur-log visc. voor verschillende drogestofgehalten practisch evenwijdig loopen. Men kan derhalve de vergelijking (1) voor de beschouwde brixen herleiden tot de navolgende formule (2). Hierbij is aan te teekenen, dat de constante a de hier gegeven waarde heeft, indien als abscis de temperatuur in °C en als ordinaat de log. van de viscositeit in poises is afgezet.

$$(2) \quad \log \text{viscositeit}_t = \log \text{viscositeit}_{30^\circ \text{C}} - 0,0407(t - 30).$$

Het is uit de physische chemie bekend, dat er voor oplossingen een verband bestaat tusschen de viscosi-

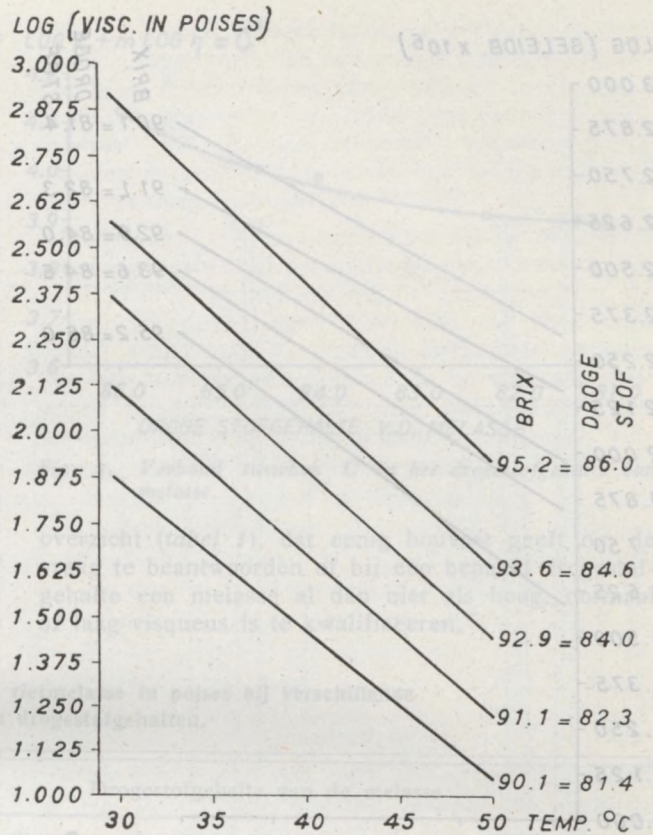
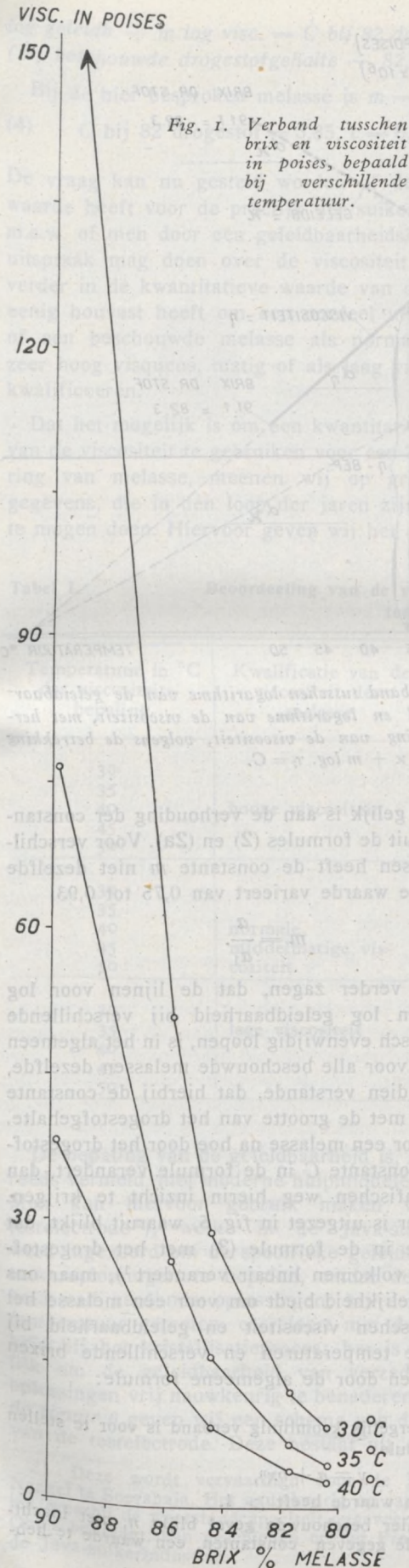


Fig. 2. Verband tusschen temperatuur en de logarithme van de viscositeit, bepaald bij verschillende droge-stofgehalten.

teit en de elektrische geleidbaarheid. De meest eenvoudige regel hiervoor is de regel van Walden, die zegt, dat het product van viscositeit en geleidbaarheid constant is. Uit vroegere onderzoekingen over zuivere saccharoseoplossingen met geringe electrolytconcentraties is gebleken, dat deze regel hiervoor bij benadering geldt. De vraag is hoe dit verband is voor geconcentreerde en zeer onzuivere oplossingen, i.c. melasse. Indien een dergelijk eenvoudig verband zou bestaan, is de mogelijkheid gegeven door de bepaling van de elektrische geleidbaarheid georiënteerd te zijn over de viscositeit der melasse, de belangrijkste eigenschap voor de technologie der melasseverwerking, doch waarvan de directe bepaling voor het fabrieksbedrijf moet worden beschouwd als te omslachtig voor een geregelde toepassing. Dit argument geldt niet voor de bepaling van de elektrische geleidbaarheid. Hiervoor beschikt men in den Philoscoop, gecombineerd met een eenvoudig stel elektroden, over een hulpmiddel om snel onder praktijkomstandigheden, dus zonder bijzondere voorzorgen, welke het onderzoek in het researchlaboratorium eigen mogen zijn, geïnformeerd te zijn over de grootte van de geleidbaarheid en wel over een zeer groot traject.

Het doel van een onderzoek over het verband tusschen viscositeit en geleidbaarheid is derhalve hierop gericht om de geleidbaarheid te kunnen gebruiken als een bruikbaar criterium voor de viscositeit van de beschouwde melasse.

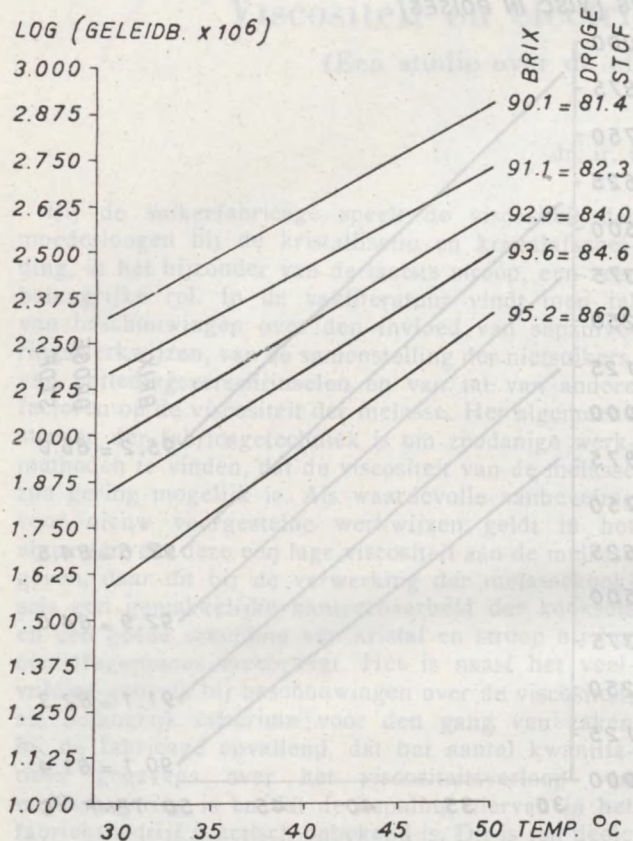


Fig. 3. Verband tusschen temperatuur en de logarithme van het electrisch geleidingvermogen, bepaald bij verschillende drogestofgehalten.

Indien wij van melasse bepalen het verband tusschen de temperatuur en geleidbaarheid bij dezelfde brix, dan krijgt men een betrekking overeenkomende met die voor temperatuur-viscositeit, alleen in omgekeerde richting, n.l. dat hier bij stijgende temperatuur de geleidbaarheid sterk toeneemt. Indien wij deze gebogen krommen herleiden door grafisch af te zetten de temperatuur en de logarithme van de geleidbaarheid, dan krijgt men voor melasse lijnen, als weergegeven in fig. 3.

Hieruit blijkt, dat wij te maken hebben met praktisch evenwijdig loopende lijnen, waardoor de geleidbaarheid is voor te stellen door de navolgende formule en waarbij de constante a' voor een beschouwde melasse constant blijft bij verschillende drogestofgehalten. Wij vinden voor de toegepaste methode van grafisch uitzetten als abscis °C en als ordinaat de log. van de geleidbaarheid $\times 10^6$ voor $a' = 0,0378$ (2a).

Het is mogelijk om voor een beschouwde melasse te vragen naar het verband tusschen geleidbaarheid en viscositeit. De eenvoudigste aan de orde komende vraag is, hoe dit verband is bij hetzelfde drogestofgehalte, doch bij wisselende temperatuur. In fig. 4 geven wij het verband grafisch weer. Bekend is, dat men voor het verband tusschen twee dergelijke lijnen de volgende formule mag opstellen:

$$(3) \log. \text{geleidb.} + m \log \text{viscositeit} = C_{\text{brix=constant}}$$

Bij de hierbij besproken melasse krijgt men, dat de constante $m = 0,92$. Op te merken is, dat de

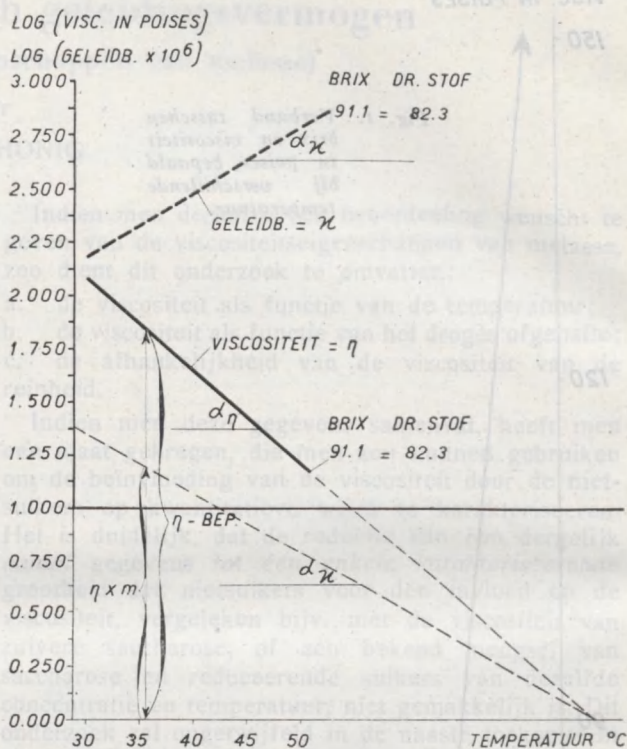


Fig. 4. Verband tusschen logarithme van de geleidbaarheid en logarithme van de viscositeit, met herleiding van de viscositeit, volgens de betrekking $\log \kappa + m \log \tau = C$.

constante m gelijk is aan de verhouding der constanten a en a_1 , uit de formules (2) en (2a). Voor verschillende melassen heeft de constante m niet dezelfde waarde. Deze waarde varieert van 0,75 tot 0,93.

$$m = \frac{a}{a_1}$$

Daar wij verder zagen, dat de lijnen voor log viscositeit en log geleidbaarheid bij verschillende brixen praktisch evenwijdig loopende, is in het algemeen het verband voor alle beschouwde melassen dezelfde, slechts met dien verstande, dat hierbij de constante C verandert met de grootte van het drogestofgehalte. Gaan wij voor een melasse na hoe door het drogestofgehalte de constante C in de formule verandert, dan is langs grafischen weg hierin inzicht te krijgen. Een en ander is uitgezet in fig. 5, waaruit blijkt, dat de constante in de formule (3) met het drogestofgehalte niet volkomen lineair verandert¹⁾, maar ons toch de mogelijkheid biedt om voor een melasse het verband tusschen viscositeit en geleidbaarheid bij verschillende temperaturen en verschillende brixen voor te stellen door de algemeene formule:

1) Een dergelijk kromlijnig verband is voor te stellen door de formule:

$$y = a + bx^n,$$

waarbij n een waarde heeft > 1 .

Voor het hier beschouwde geval blijkt n , met inachtneming van de gegeven constanten, een waarde te hebben van 1,2.

$\log \text{geleidb.} + m \log \text{visc.} = C \text{ bij } 82 \text{ drogestof} + c$
 (bij beschouwde drogestofgehalte — 82)ⁿ.

Bij de hier besproken melasse is $m = 0,92$.

(4) $C \text{ bij } 82 \text{ drogestof} = 3,85, c = 0,03, n = 1,2$.

De vraag kan nu gesteld worden of deze uitkomst waarde heeft voor de practijk der suikertechnologie, m.a.w. of men door een geleidbaarheidsbepaling een uitspraak mag doen over de viscositeit en of men verder in de kwantitatieve waarde van de viscositeit eenig houvast heeft om een oordeel uit te spreken of een beschouwde melasse als normaal, hoog of zeer hoog visqueus, matig of als laag visqueus is te kwalificeeren.

Dat het mogelijk is om een kwantitatieve bepaling van de viscositeit te gebruiken voor een karakteriseering van melasse, meenen wij op grond van de gegevens, die in den loop der jaren zijn verzameld, te mogen doen. Hiervoor geven wij het onderstaande

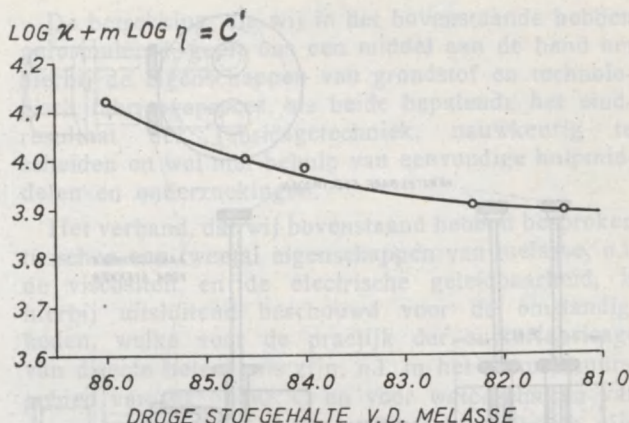


Fig. 5. Verband tusschen C en het drogestofgehalte van melasse.

overzicht (tabel 1), dat eenig houvast geeft om de vraag te beantwoorden of bij een bepaald drogestofgehalte een melasse al dan niet als hoog, normaal of laag visqueus is te kwalificeeren.

Tabel I. Beoordeeling van de viscositeit van rietmelasse in poises bij verschillende temperaturen en drogestofgehalten.

Temperatuur in °C der viscositeits- bepaling	Kwalificatie van de viscositeit der melasse	Drogestofgehalte van de melasse		
		82 %	84 %	86 %
30	hooge viscositeit	400 — 800	1000 — 1600	2400 — 4000
35		190 — 250	480 — 700	1100 — 2000
40		110 — 160	250 — 400	550 — 900
45		70 — 120	150 — 250	300 — 600
50		40 — 80	75 — 125	150 — 300
30	normale, middelmatige vis- cositeit	240 — 400	500 — 1100	1000 — 2400
35		125 — 190	270 — 480	450 — 1100
40		70 — 110	140 — 250	250 — 550
45		45 — 70	75 — 150	150 — 300
50		25 — 40	40 — 75	75 — 150
30	lage viscositeit	100 — 250	220 — 500	450 — 750
35		60 — 125	125 — 270	220 — 450
40		30 — 70	70 — 140	125 — 250
45		20 — 45	35 — 75	70 — 140
50		15 — 25	20 — 40	35 — 75

De bepaling van de geleidbaarheid is, zooals boven reeds vermeld, met moderne hulpmiddelen eenvoudig. Men kan hiervoor gebruik maken van de z.g. testelectrode²⁾, welke in de Java-suikerindustrie werd ingevoerd om de specifieke geleidbaarheid van suikeroplossingen te bepalen, omdat de geleidbaarheid van verdunde oplossingen, bij een standaardtemperatuur gemeten, correleert met de geleidbaarheid bij het kristallisatieproces; het is aldus mogelijk om de geleidbaarheid van verzadigde suikeroplossingen vrij nauwkeurig te benaderen. In bijgaande figuur 6 geven wij een schema van de constructie van de testelectrode. Deze bestaat uit een robusten

ebonieten houder, waarin zijn gemonteerd twee ronde stevig uitgevoerde elektroden van blank metaal, die in bepaalden stand zijn te fixeeren, zoodat men verzekerd is altijd de bepalingen bij eenzelfde capaciteit van het elektrodenstel uit te voeren. Belangrijk voor de bepaling is, dat de te onderzoeken melasse goed wordt ontlucht en een homogene temperatuur heeft. De bepaling zelf neemt na de indompeling van de elektroden in de melasse voor de instelling van den Philoscoop niet meer dan een paar minuten in beslag. Wij mogen derhalve concluderen, dat men met de boven geconstateerde betrekkingen voor een bepaalde melasse, waarvan men de karakteristieke constanten kent, zooals deze gegeven zijn in fig. 2, 3 en 4, uit de geleidbaarheid de bijbehorende viscositeit kan berekenen of langs grafischen

2) Deze wordt vervaardigd door de Rubberfabriek Ngagel te Soerabaja. Het nauwkeurig op capaciteit afstellen, waarbij de weerstandcapaciteit ongeveer 0,5 reciproke Ohms bedraagt, kan geschieden op het Proefstation voor de Java-suikerindustrie.

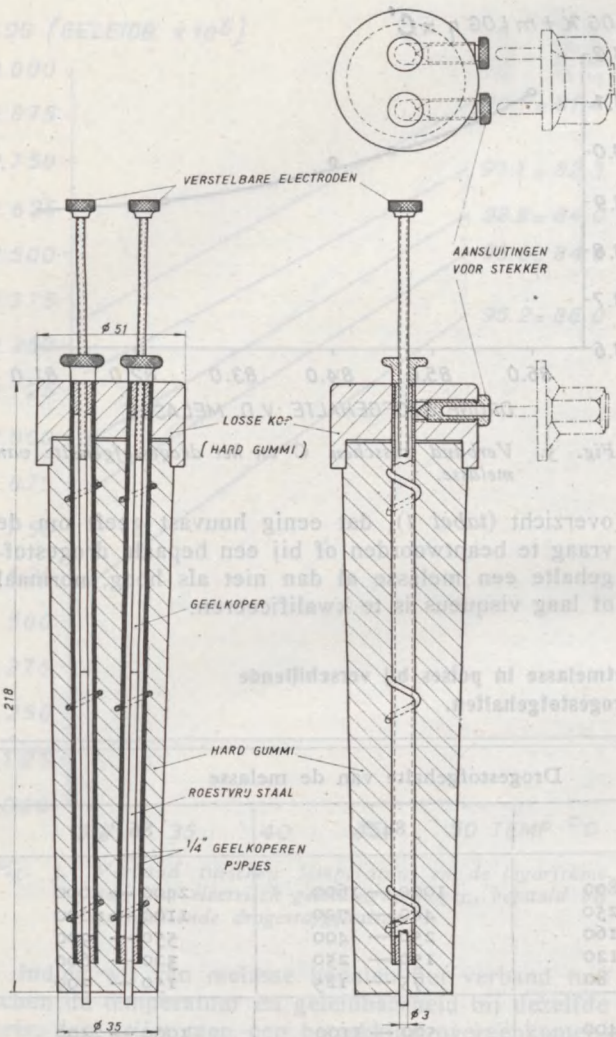


Fig. 6. Schematische voorstelling van de constructie van de testelectrode, zooals deze gebruikt wordt voor de bepaling van de geleidbaarheid van technische suikerplossingen in het fabrieksbedrijf.

weg kan aflezen, indien men bekend is met het ware drogestofgehalte en de temperatuur bij de meting³⁾.

De volgende vraag is of een dergelijk verband geldt voor alle melassen, afkomstig van verschillende

3) Het is mogelijk van melasse van verschillende concentraties het ware drogestofgehalte te bepalen langs refractometrischen weg, indien men van de melasse kent het verband tusschen ware drogestof en refractometrische brix. Voor deze bepaling is het noodzakelijk, dat de melasse greinvrij is, een eisch, welke ook gesteld moet worden voor de bepaling van de geleidbaarheid en de viscositeit. De algemeene herleiding voor een zelfde melasse van de refractometrische brix op het drogestofgehalte is

$$\text{drogestof } \% = a \times \text{refractometrische brix.}$$

Vergelijkt men melassen, met dezelfde nietsuikersamenstelling doch met verschillende reinheden, dan is de algemeene formule:

drogestof = saccharosegehalte + a' nietsuikergehalte, waarbij a' uit a langs analytischen weg is af te leiden volgens de betrekking

$$a' = \frac{a \cdot \text{refr. brix} - \text{saccharose}}{ns}$$

In deze formule is ns (nietsuiker) = refr. brix — sacch. volgens Clerget.

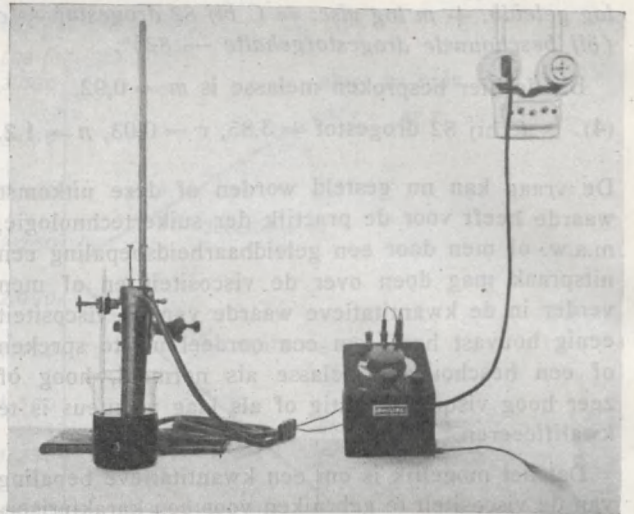


Fig. 7. Opstelling der apparatuur voor de bepaling van het electrisch geleidingsvermogen van melasse.

Links: bekerglas met melasse met test-electroden. Rechts: de Philoscoop, fabriekaat Philips.

fabrieken en afkomstig van verschillende werkwijzen. Wij meenen op grond der verzamelde feiten te mogen concludeeren, dat dit inderdaad voor verschillende fabrieken en werkwijzen geldt. Berekent men dit verband, waarbij men uiteraard ook kan afzetten log. viscositeit op de eene as tegenover het drogestofgehalte op de andere as, dus waarbij wordt afgezet het viscositeitsverloop bij constante temperatuur, dan vindt men eveneens evenwijdig loopende lijnen voor het hier beschouwde watergehalte van 12 — 18%. De conclusie is derhalve, dat als algemeene regel geldt, dat het verband tusschen viscositeit en geleidbaarheid van een bepaalde melasse in één formule is weer te geven van den vorm:

$$(5) \quad \log \chi + m \log \eta = C_{(\text{bij } 82 \text{ dr. st.})} + c (18 - \text{watergehalte der melasse})^n.$$

Voor een bepaalde fabriek blijft het vraagstuk bestaan, dat de eigenschappen van de melasse naast de werkwijze mede bepaald worden door den aard der nietsuikers i.c. de grondstofcompositie en dus hiervan een beïnvloeding ondervinden, die voor de desbetreffende fabrieksomstandigheden karakteristiek is. Anderzijds weten wij uit de practijk, dat de nietsuikers, zooals deze o.a. gegeven worden door het aschgehalte, dat tevens van fabriek tot fabriek de samenstelling van de aschbestanddeelen der melasse varieert, dus dat dit een grootheid, bepalend voor de geleidbaarheid op zich zelf is. Het verband evenwel, dat voor een bepaalde melasse bestaat tusschen viscositeit en geleidbaarheid, is in bovenstaande algemeene formule samen te vatten. De constanten, die in de formule (5) voorkomen, worden bepaald door de melassecompositie, een begrip, dat zoowel omvat de reinheid als de samenstelling der nietsuikers, hetgeen ons noodzaakt om, willen wij voor een bepaalde fabriek de melasseviscositeit regelmatig controleeren, althans periodiek enkele nauwkeurig uitgevoerde bepalingen te doen zoowel van de viscositeit als van de geleidbaarheid, om de constanten uit de bovenstaande algemeene vergelijking te kunnen

oplossen. Heeft men deze constanten bepaald, dan kan men deze voor een bepaalde bedrijfsperiode gebruiken als karakteristieke grootheden voor het fabrieksbedrijf. Naar wij verwachten kunnen wij ze zelfs niet alleen laten gelden als karakteristiek voor een campagneperiode eener bepaalde fabriek, maar mogelijk als karakteristiek voor de geheele campagne, omdat deze constanten bepaald zullen worden door de samenstelling van het ruwsap, in het bijzonder de gemiddelde aschsamenstelling, de toegepaste sapzuiveringsmethoden en verder die omstandigheden in de fabriek, zooals verdampings- en kristallisatie-techniek, in het bijzonder temperatuur en duur, die men min of meer als fabrieksconstanten, gegeven door de installatie, mag beschouwen.

Het doel, dat wij ons gesteld hebben na te gaan of er een bruikbaar verband bestaat tusschen viscositeit en geleidbaarheid om via de bepaling van de geleidbaarheid georiënteerd te geraken over de viscositeit van in bewerking zijnde melassekooksels of de verkregen en af te voeren melasse, is o.i. bevestigend te beantwoorden. Hiertoe moet men een onderzoek instellen hoe het kwantitatieve verband voor een bepaalde melasse nauwkeurig ligt, een onderzoek, dat op het Proefstation voor de Java-suikerindustrie kan geschieden en waarin de fabriek een bruikbare aanwijzing heeft, om uitsluitend zich baseerende op geleidbaarheidsbepalingen in het bedrijf bij benadering en voor de praktische omstandigheden voldoende over de viscositeit der melasse geïnformeerd te zijn en bewust zich erover te kunnen uitspreken of de melasse normaal, abnormaal hoog resp. laag in viscositeit is.

Daar de viscositeit in hooge mate beïnvloed wordt door temperatuur en watergehalte, twee grootheden, die bij de praktische technologie door de regeling van het fabricageproces, in acht nemende de ter beschikking staande apparaten op dit station, moeten worden beheerscht en ingesteld, blijft van belang te weten in hoeverre voor abnormale bedrijfsomstandigheden de fabricage techniek aansprakelijk moet worden gesteld, of dat men mag spreken van abnormale omstandigheden als gegeven door de samenstelling, resp. den invloed van de samenstelling op de viscositeit. Het is op grond van de ervaring onze stellige overtuiging, dat in tal van gevallen de intrinsieke eigenschappen der melasse worden veroordeeld en dat deze de kwalificatie krijgt een abnormaal visqueus gedrag te hebben, terwijl in werkelijkheid de beheersching der technologie, die voor de melasseverwerking uitsluitend en alleen is de instelling en het aanhouden van de vereischte normen van tijden, temperaturen en watergehalten niet in acht worden genomen; of wat ook voorkomt, dat deze door de beschikbare onvolkomen apparatuur en door plaatselijk moeilijke omstandigheden niet kunnen worden beheerscht.

De betrekking, die wij in het bovenstaande hebben geformuleerd, geeft ons een middel aan de hand om hierbij de eigenschappen van grondstof en technologisch fabricageproces, als beide bepalende het eindresultaat der fabricage techniek, nauwkeurig te scheiden en wel met behulp van eenvoudige hulpmiddelen en onderzoeken.

Het verband, dat wij bovenstaand hebben besproken tusschen een tweetal eigenschappen van melasse, n.l. de viscositeit en de elektrische geleidbaarheid, is hierbij uitsluitend beschouwd voor de omstandigheden, welke voor de practijk der suikerfabricage van directe beteekenis zijn, n.l. in het temperatuursgebied van 30° — 50° C en voor watergehalten van de melasse van 12 — 20%. Deze bevindingen zijn getoetst aan melassen verkregen volgens verschillende werkwijzen (sapzuiveringsprocédés) en van verschillende campagnes in fabrieken. De metingen van de eigenschappen zijn verricht op het Proefstation voor de Java-suikerindustrie. Zij zijn indertijd begonnen door den heer P. C. Nicola (†) en in den laatsten tijd voortgezet door den heer W. Elbers.

Summary.

It has been found, that under the existing conditions, in the usual manufacturing process the relation between viscosity and electrical conductivity of final cane molasses can be given by the formula :

$$\log \text{conductivity} + m \log \text{viscosity} = C_{\text{at 82 dry substance}} + C (\text{dry substance of considered molasses} - 82)^n.$$

For a typical Java molasses was found: $m = 0,92$, $C_{\text{at 82 dry substance}} = 3,85$, $c = 0,03$, $n = 1,2$. This formula is a combination of two relations.

The viscosity of a molasses at a temperature t can be derived from the viscosity at a temperature t_0 by the formula :

$$\log. \text{viscosity } t = \log. \text{viscosity } t_0 - a (t - t_0).$$

A formula of the same type exists for the electrical conductivity. A combination of these two formulas gives the relation :

$$\log. \text{conductivity} + m \log. \text{viscosity} = C_{\text{bias=constant}}.$$

The method for the determination of the viscosity and a rapid method for the determination of the conductivity with the Philoscope are given. Considering the above mentioned relation it is possible for a given molasses by determining the conductivity to calculate or to interpolate by graphical methods the viscosity. By this method it is possible during manufacturing process to control and to fix the viscosity at a desired value by conductivity determinations only.

De aetherische olie uit *Melaleuca alternifolia* en *Melaleuca bracteata* *)

door

dr. C. J. VAN HULSSEN en dr. TH. M. MEIJER.

Melaleuca alternifolia.

Van de tot de familie der *Myrtaceae* behorende *Melaleuca*-soorten is de meest bekende wel de *Melaleuca leucadendron*, welke kajoepoetih-olie (hoofdbestanddeel cineol) levert en welke voornamelijk wordt aangetroffen in Achter-Indië, Nederlandsch-Indië, Noord-Australië, Queensland en New South Wales. Daarnaast trekt in de laatste jaren ook veel aandacht de *Melaleuca alternifolia* Cheel, beter bekend onder de naam Tea-tree, welke Tea-tree-olie levert.

Deze Tea-tree wordt veelvuldig aangetroffen in de moerasachtige streken tusschen de Richmond- en Clarence-rivieren van New South Wales. Hij is zeer resistent en moeilijk uit te roeien. Het vermogen om opnieuw blad te produceeren na herhaaldelijke snoei en pluk schijnt merkwaardig te zijn. Daar de boom groeit in streken, welke voor andere cultures niet in aanmerking komen, levert de productie van olie uit het blad nog een welkome bron van inkomsten.

In het *Chemisch Weekblad* van 1938 ¹⁾ is een kort artikel gewijd aan de beteekenis van „Tea-tree oil”, de theeboomolie. Hetgeen hier over de wonderlijke antiseptische en desinfecteerende eigenschappen van deze olie wordt gezegd, naar aanleiding van een mededeeling van Penfold en Morrison ²⁾, is niet geheel door latere onderzoekers bevestigd. Volgens genoemde auteurs zou de carbolcoëfficiënt (Rideal-Walker-standaardtechniek) van deze olie t.o.v. *Bacillus typhosus* 11-13 bedragen.

Reynolds ³⁾ e.a. hebben daarentegen bij oliën van verschillende herkomst nooit meer dan een carbolcoëfficiënt = 2 kunnen constateeren. Bovendien wees A. van der Schaaf ⁴⁾, bacterioloog aan het Veeartsenijkundig Instituut te Buitenzorg, die de bactericide werking van deze olie vergeleek met die van carbol t.o.v. tuberkelbacillen erop, dat deze werking van de olie minder was dan die van carbol en dat de keuze om de bactericide werking van de olie alleen na te gaan aan *Bacillus typhosus* niet gelukkig en zeker te beperkt was. Het gebruik van deze olie bij het desinfecteeren van metalen instrumenten in gebruik in de tandheelkunde en chirurgie, zooals in sommige publicaties wordt aanbevolen, lijkt ons wel

wat al te gewaagd, te meer daar de olie niet in water oplosbaar is.

Aan welk bestanddeel deze olie haar desinfecteerende werking ontleent is niet met zekerheid te zeggen. Penfold ⁵⁾ schrijft hierover „Its success depends, in very great measure upon its ability to dissolve pus, thus making available sterile tissue which readily heals. The value of the oil does not depend upon one particular constituent, but upon a unique natural blend consisting of α - and γ -terpinene, cymene, cineol (8 percent), d- α -pinene, Δ^1 -terpineol-4, sesquiterpenes, etc.”

Door de Commissie van advies inzake de bevordering van de cultuur van Handelsgewassen van het Departement van Economische Zaken te Batavia werd dit gewas eenige jaren geleden geëntameerd; zaad verkregen uit Australië werd destijds uitgeplant in de verschillende proeftuinen, welke de Commissie op Java bezit. Na 1 à 2 jaar waren de planten, welke boven 1000 m het best gedijden, reeds voldoende gegroeid om hiervan blad voor destillatieproeven te oogsten om de kwaliteit van de olie na te kunnen gaan.

Eigenschappen der olie.

Volgens Penfold ⁶⁾ heeft een goede Tea-tree-olie, afkomstig van *Melaleuca alternifolia* de volgende eigenschappen:

soortelijk gewicht	0,8950 — 0,9050
draaiing	+ 6,8° — + 9,8°
breking	1,4760 — 1,4810
estergetal	2 — 7
estergetal na acetylatie	80 — 90

Het cineolgehalte mag beslist niet meer dan 10% bedragen, daar hogere gehalten indicatie geven op vermenging met andere *Melaleuca*-oliën of een fractie van de oorspronkelijke olie.

De samenstelling, bepaald door Penfold en Morrison ⁷⁾, was in hoofdzaak als volgt: d- α -pineen, α - en γ -terpineen en cymol, cineol (6-8%), Δ^1 -terpineenol-4, sesquiterpenen en corresponderende alcoholen, o.a. van het cadineentype.

Wij onderzochten verschillende oliemonsters, welke verkregen werden door destillatie (olierendement 1,1 — 1,4%, berekend op nat blad) van materiaal afkomstig van de proeftuinen op Java en een enkele olie van aetherische oliefabrieken.

*) 75e Mededeeling van het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek te Buitenzorg (mogelijk reeds gepubliceerd in het *Chemisch Weekblad* van 1940).

1) Rubriek „Handel en Industrie”, blz. 119.

2) A. R. Penfold, *Perf. and Ess. oil Rec.* 25, 374 (1934).

3) W. C. Reynolds, *Chem. and Drugg.*, CXXVII, 615 (1937).

4) Privé mededeeling; een publicatie over dit onderzoek zal nog verschijnen.

5) A. R. Penfold, *Perf. and Ess. oil Rec.* 27, 365 (1936).

6) A. R. Penfold, *Perf. and Ess. oil Rec.* 25, 374 (1934).

7) A. R. Penfold en F. R. Morrison, *Journ. and Proc. Soc. of N.S.W.* LIX, 318 (1926).

De constanten van deze oliën vielen alle binnen de volgende grenzen:

soortelijk gewicht	0,8949 — 0,9014
draaiing	+ 6,5° — + 9,1°
breking	1,4781 — 1,4786
estergetal	5,3 — 10,5
estergetal na acetylatie	58 — 63,5
cineol	niet aangetoond

Kwantitatief onderzoek v. d. olie.

Een hoeveelheid olie (200 cm³) werd bij ca 3 mm druk gefractionneerd, waarbij in hoofdzaak de volgende fracties werden verkregen:

No.	Kpt. bij 3mm in °C	Hoeveelheid in cm ³	d _{15°/15°}	α _D	n _D ^{20°}
1	30—40	19	0,8563	7°48'	1,4716
2	46—48	10,5	0,8519	1°20'	1,4755
3	48—50	38	0,8516	1°	1,4766
4	50	21,5	0,8550	0°46'	1,4763
5	63—67	7	0,9345	+19°	1,4796
6	67—68	55	0,9345	+19°20'	1,4783
7	90—95	3½	0,9313	+6°48'	1,4892
8	95—103	3	0,9311	+1°53'	1,4932
9	residu ongeveer 30 cm ³				

De eerste fracties werden uitgeschud met een 50%-ige resorcineoplossing, waarbij wel iets in de resorcine oploste. Hier was echter geen cineol aan te toonen, waarop hieronder nader zal worden teruggekomen.

De laagstkokende fractie gaf na destillatie over metallisch natrium een kleine hoeveelheid van een terpeen, dat bij 166° — 169° C overging en dat met amylnitriet na zeer lang staan bij lage temperatuur een nitrosochloride met een smeltpunt van ca 101° C*) (niet omgekristalliseerd) gaf. Dit komt overeen met de eigenschappen van d-α-pineen.

De fracties 3 en 4 werden bij gewone temperatuur over metallisch natrium gedestilleerd en de fractie kokende bij 175° — 180° C opgevangen; deze fractie had de volgende constanten: d_{15°/15°} = 0,8587, α_D = + 0°43', n_D^{20°} = 1,4768. Aangezien deze constanten overeenkomen met die voor terpineen, werd een nitrosiet gemaakt door de stof te behandelen met ijsazijn, water en natriumnitriet⁸⁾, waarbij een fraaie kristallijne verbinding ontstond, welke na omkristalliseeren uit alcohol bij 153° — 155° C smolt.

Deze fractie werd geoxydeerd met KMnO₄ en KOH onder toevoeging van ijs, waarbij een klein gedeelte, dat niet geoxydeerd was, werd afgescheiden door stoomdestillatie. De bruinsteen werd afgefiltreerd en het filtraat ingedampt tot droog, waarna het residu werd geëxtraheerd met alcohol. Door indampen van de alcohol werden kristallen van erythriet verkregen, welke na eenige malen omkristalliseeren uit 25%-ige alcohol bij 235° C smolten. Uit de zuurgemaakte moederloogen werd α,α'-dioxy-α-methyl-α'-isopropyladipinezuur met smeltpunt 189° C (uit water

omgekristalliseerd) geïsoleerd. Het niet geoxydeerde deel der olie, welke door stoomdestillatie was afgescheiden, werd gedestilleerd over metallisch natrium en had de volgende eigenschappen: kpt. 174° — 175° C, d_{15°/15°} = 0,8583, n_D^{20°} = 1,4797, geringe positieve draaiing, terwijl geur en eigenschappen overeenkwamen met die van cymol. Oxydatie van deze stof met een geconcentreerde KMnO₄-oplossing in de hitte gaf p-oxyisopropylbenzoëzuur met smeltpunt 150° — 156° C. De fracties 1 — 5, tot ca 50° C kokende, bestaan dus in hoofdzaak uit α- en γ-terpineen, een weinig cymol en d-α-pineen.

De fracties 5 en 6, welke alcoholeigenschappen vertoonden en waarvan de eigenschappen vrij goed overeenkomen met die van Δ'-terpinenol-4 werden geoxydeerd met verdund KMnO₄, waarbij 1, 2, 4-trioxyterpaan met smpt. 104,5° C (uit chloroform) werd verkregen. Wij slaagden er echter niet in een naphylurethaan of phenylurethaan te bereiden.

De aanwezigheid van cineol konden wij niet aantoonen. Werd in de verschillende oliën met de resorcinemethode het gehalte aan cineol bepaald, dan werden waarden gevonden van ruim 40%. Werd het cineolgehalte bepaald in de fractie, welke overgaat tot 190° C, dan vonden we ongeveer 5%.

Het gedeelte der olie, dat door de resorcineoplossing opgenomen werd bij de laatstgenoemde bepaling, werd weer teruggewonnen door stoomdestillatie. We verkregen hieruit een product, dat bij ongeveer 200° C kookte en de volgende constanten had: d_{15°/15°} = 0,9234, α_D = + 15,4° en n_D^{20°} = 1,4759. Deze constanten zijn geheel afwijkend van die van cineol, ook de geur komt hiermede niet overeen, terwijl geen der typische cineolreacties positief cineol aantoonde. De constanten van de stof voldoen echter uitstekend voor Δ'-terpinenol-4 gemengd met een kleine hoeveelheid terpenen, en inderdaad konden wij bij oxydatie met KMnO₄ het trioxyterpaan aantoonen. Wij meenen dan ook, dat geen cineol in de olie van *Melaleuca alternifolia* voorkomt. Met zekerheid is trouwens door Penfold⁵⁾ de aanwezigheid van cineol niet aangetoond. Het product, dat door dezen onderzoeker werd geïsoleerd door behandeling met een 50%-ige resorcineoplossing, had niet de juiste constanten, terwijl het verkregen hydrochloride met smeltpunt 50° — 51° C even goed afkomstig kan zijn van terpineenhydrochloride, dat bij ± 51° — 52° C smelt.

De hoogerkokende bestanddeelen der olie gaven de kleurreacties, welke typisch zijn voor cadineen, zoodat hierin sesquiterpenen en corresponderende alcoholen, van deze stof afgeleid, aanwezig zijn.

De bestanddeelen der olie van *Melaleuca alternifolia*, welke wij identificeerden zijn dus in hoofdzaak α- en γ-terpineen, d-α-pineen, cymol, Δ'-terpinenol-4, sesquiterpenen en alcoholen van het cadineentype. De olie komt wat eigenschappen aangaat dus vrijwel overeen met de Australische olie.

Melaleuca bracteata.

Naast de twee genoemde *Melaleuca*-soorten, komt op Java nog een soort voor, welke een geheel ander type olie levert n.l. de *Melaleuca bracteata* (F. v. Müll.).

*) De smeltpunten in deze mededeeling zijn niet gecorrigeerd.

8) Gildemeister en Hoffmann, Die Ätherischen Öle I, 3e druk, blz. 333.

In den bergtuin te Tjibodas bevinden zich enkele exemplaren van deze soort, waarvan de bladeren en vruchten te Brisbane gedetermineerd zijn. Destillatie van de bladeren levert een olie, welke gedeeltelijk lichter is dan water en gedeeltelijk zwaarder.

De olie, welke lichtgeel van kleur is, heeft naast een aangename geur tevens insecticide en bactericide werking. Zij bestaat voor ca 90% uit methyleugenol en lijkt in dit opzicht op de aetherische olie verkregen door destillatie van hout van *Dacrydium Franklinii*, welke 90 — 95% methyleugenol bevat. Volgens Penfold⁹⁾ is deze laatste olie van eenige commerciële beteekenis. Zij zou een *Rideal-Walker*-coëfficiënt van 10 — 12 bezitten en van belang zijn bij de behandeling van perionychia, tinea, wonden en als conserveermiddel in caseïneproducten. Ongeveer 1200 gallons olie worden jaarlijksch geproduceerd. Waarschijnlijk is voor dezelfde doeleinden de olie uit *Melaleuca bracteata* te gebruiken.

Van de insecticide werking hebben wij ons kunnen overtuigen, doordat wij een groot aantal blauwe aasvliegen, welke wij uit de bloemkelk van de z.g. „Duitsche pijp” (*Aristolochia gigans*) verkregen, onder een klok brachten boven water, waarin enkele druppels van de olie gebracht waren. In korten tijd waren deze vliegen dood of bewusteloos.

De bactericide werking werd eveneens door den heer A. vander Schaaf*) nagegaan. Hij vond, dat een zeepoplossing met 1% olie een sterker of doodende werking heeft op *Bact. coli* dan een even sterke oplossing van phenolum liq., doch dat genoemde olie practisch zonder werking is op de *Staphylococcus aureus* en het *Mycobacterium tuberculosis*.

Daar de olie mogelijk practische toepassing zou kunnen vinden, stond dit gewas op het programma van de hierboven vermelde commissie.

Eigenschappen.

Door Baker en Smith¹⁰⁾ is de olie van *Melaleuca bracteata* reeds onderzocht. Ze had de volgende eigenschappen:

d 18° — d 19°	1,032 tot 1,0358
α_D	— 1,4° tot — 3,1°
n_D^{20}	1,5325 — 1,535
zuurgetal	0,7 tot 1,26
estergetal	5,3 tot 20,8
estergetal na acetylatie	24,57

Ook door Schimmel & Co.¹¹⁾ werden enkele oliën onderzocht, waarvan de constanten vrijwel binnen de genoemde grenzen bleven. De bestanddeelen, welke door de eerstgenoemde onderzoekers werden aangetoond, waren methyleugenol, eugenol, kaneelzuur (vrij en als ester), sporen kaneelaldehyde, sporen phellandreen en vermoedelijk cinnamylcinnamaat. Het hoofdbestanddeel der olie was het methyleugenol, dat in ongeveer 70 — 73,5% voorkwam.

De eigenschappen van de oliën, welke wij in een opbrengst van ongeveer 0,7% verkregen door stoom-

destillatie van het bladmateriaal, verschillen nogal met die, welke de literatuur vermeldt.

De constanten van al de oliën, welke wij destilleerden, bleven binnen onderstaande grenzen:

d 15°/15°	1,0218 — 1,0300
α_D	— 3° tot — 4,56°
n_D^{20}	1,5275 — 1,5348
zuurgetal	0,4 — 0,7
estergetal	11,2 — 12
estergetal na acetylatie	22 — 24,5
opl. in alcohol 70%	1 : 1 — 10
methyleugenolgehalte	omstreeks 90%.

Kwantitatieve samenstelling der olie.

Een hoeveelheid olie (100 cm³) werd gedestilleerd bij 5 mm druk, waarbij de volgende fracties werden verkregen:

No.	Kpt. bij 5 mm in °C	Hoeveelheid in cm ³	d _{15° 15°}	α_D	n_D	Methyleugenolgehalte
1	115/116 kpt. (1mm)	28	1,0233	— 6,44°	1,5271	87,5 %
2	99/101	27	1,0372	— 1,30°	1,5322	96 „
3	101/102	15	1,0347	— 1,98°	1,5315	91,6 „
4	105/108	10	1,0391	— 1,02°	1,5355	95,6 „
5	Rest ongeveer 10 cm ³					

In een sterk gekoelden recipiënt werd ongeveer 7 cm³ van een vrij vluchtige fractie opgevangen. Deze vluchtige fractie, welke bij ongeveer 50° C overging bij 5 mm druk, had de volgende eigenschappen: d 15°/15° = 0,8596, α_D = — 23,3°, n_D^{26} = 1,4782.

Aangezien dit vermoedelijk phellandreen was, werd de stof met een verzadigde oplossing van natriumnitriet gemengd en met eenige druppels ijsazijn behandeld, waarbij een kristallijne massa ontstond, welke na omkristalliseeren uit chloroform en methanol bij 115° C smolt. Deze eigenschappen bezit 1(α)-phellandreen.

De verschillende fracties, behoudens de restfractie, welke wij bij het destilleeren verkregen, hebben alle een dusdanig hoog methoxylgehalte (bepaald volgens Zeisl) dat hierin, behalve fractie 1, zoo goed als zuiver methyleugenol aanwezig is. De oxydatie van het methyleugenol tot veratrumzuur, dat geen smeltpuntdepressie gaf, wanneer het gemengd werd met het authentieke product, is bewijzend voor de aanwezigheid van deze stof.

De hoogerkokende bestanddeelen (de rest) werden gefractionneerd bij ca 3 mm druk, waarbij een gedeelte overging bij ca 120° C en een ander gedeelte bij ca 140° C, terwijl uit het overblijvende deel bij destillatie in hoog vacuum, kristallen werden afgescheiden. De beide visqueuze fracties hadden resp. refracties van 1,5428 en 1,5508 bij 26° C, welke hoge brekingen veroorzaakt worden door methylisoeugenol.

Ozonisatie van deze beide fracties, gevolgd door oxydatie met een verdunde oplossing van kaliumbichromaat en zwavelzuur deden ons in het geval van methylisoeugenol, azijnzuur verwachten. Inderdaad trad de lucht van azijnzuur op, met zekerheid

9) A. Penfold, *Perf. and Ess. oil Rec.* 27, 365 (1936).

10) R. T. Baker en H. G. Smith, *Journ. and Proc. Roy. Soc. of N.S.W.*, 44, 601 (1911).

11) Ber. v. Schimmel & Co., 1912 en 1937.

*) Privé mededeeling.

konden wij het echter niet aantonen. Uit het oxydatiemengsel, dat tevens sterk naar vanilline (methylvanilline) rook, scheidden zich kristallen af van 3, 4-dimethoxyphenylazijnzuur met smeltpunt 82°C . De beide visqueuze fracties bestaan dus hoogstwaarschijnlijk uit een mengsel van methyleugenol en methylisoeugenol.

De kristallen, welke bij de destillatie in hoog vacuum werden geïsoleerd, smolten na omkristalliseren uit alcohol bij $80^{\circ} - 82^{\circ}\text{C}$, maar konden niet nader worden geïdentificeerd (analyse: 2,475 mg stof: 1,325 mg H_2O en 6,185 mg CO_2 ; $\text{C} = 67,94\%$; $\text{H} = 5,99\%$).

De strooierige lichtgeel gekleurde rest, welke na affiltreeren van de kristallen overbleef, gaf bij behandeling met broom in ijsazijn een kristallijne verbinding, welke na herhaald omkristalliseren uit alcohol bij 151°C smolt. Dit smeltpunt komt goed overeen met dat van de broomverbinding van cinnamylcinnamaat, zoodat wij met vrij groote zekerheid kunnen aannemen, dat in deze fractie cinnamylcinnamaat aanwezig is.

Geen der fracties van de olie gaf een reactie met ijzerchloride of gaf kleurreacties op aldehyden, zoodat wij eugenol en kaneelaldehyde, dat door andere onderzoekers werd aangetoond, niet aanwezig achten.

Verzeeping van de olie of van de restfractie gaf kaneelzuur (smpt. 133°C), dat geen smeltpuntsdepressie gaf, indien het gemengd werd met een authentiek product.

Resumeerende bevat de olie uit *Melaleuca bracteata* dus ongeveer 90% methyleugenol, waarvan een klein gedeelte als methylisoeugenol, 3 — 5% 1 (α)-phellandreen, ongeveer 3% kaneelzure esters, cinnamylcinnamaat en sporen vrij kaneelzuur en eenige procenten vrije alcohol, vermoedelijk kaneelalcohol.

Summary.

The essential oils of the leaves of *Melaleuca alternifolia* and *Melaleuca bracteata* have been distilled and quantitatively investigated.

A comparison has been made with the data for these oils given by other authors.

In the case of *M. alternifolia* the following constituents were identified: α - and γ -terpinene, d- α -pinene, cymene, Δ^1 -terpinenol-4, sesquiterpenes and alcohols of the cadinene type. Cineol could not be isolated.

The oil of *Melaleuca bracteata* contained about 90% methyleugenol, 3 — 5% 1 (α)-phellandrene, and about 3% esters of cinnamic acid, cinnamylcinnamate and traces free cinnamic acid and presumably cinnamylalcohol.

Het vet van *Pentadesma butyracea* Sab. *)

door

ir. E. D. G. FRAHM.

De zaden van *Pentadesma butyracea* Sab. bevatten volgens oudere literatuuropgaven ¹⁾ 32-50% van een lichtgeel gekleurd vet, waaruit na verzeeping een mengsel van stearinezuur (82%) en oliezuur (18%) verkregen wordt. Volgens Hilditch en Sale-tore ²⁾ bevat het vet echter belangrijk minder stearinezuur. Zij vonden na scheiding van de vaste en vloeibare zuren met behulp van de loodzouten en fractionneeren van de methylesters der zuren voor de samenstelling der gezamenlijke vetzuren 5,5% palmitine-, 46,0% stearine- en 48,5% oliezuur.

In verband met deze tegenstrijdheid werden zaden, afkomstig uit 's Lands Plantentuin te Buitenzorg, nader onderzocht. Deze zaden bevatten 31,7% vet bij een vochtgehalte van 13,0%. Een deel van het vet kon verkregen worden door de gemalen zaden bij ongeveer 80°C te persen. De rest kan men gemakkelijk isoleren door extractie van de boengkil met petroleumaether of met tetrachloorkoolstof.

Het vet had de volgende constanten:

smeltpunt	$36,5^{\circ}\text{C}$
n_D^{40}	1,4583
zuurgetal	0,7
verzeepingsgetal	190,0
joodgetal volgens W i j s	46,6
dieengetal	0,65

De analyse van het vet gaf de volgende uitkomsten:

onverzeepbare bestanddeelen	0,9%
glycerinerest C_3H_2	4,3%
totaal zuur	94,9%

Het gehalte aan verzadigde zuren, bepaald volgens Bertram, bedraagt 45,8%, zoodat het vet 49,1% onverzadigde zuren bevat. Deze onverzadigde zuren kunnen niet uitsluitend uit oliezuur bestaan, want dan zou het joodgetal van het vet 44,2 bedragen. Vermoedelijk is dus nog een weinig linolzuur aanwezig.

Uit het dieengetal van 0,65 mag niet tot de aanwezigheid van zuren met geconjugeerde dubbele bindingen besloten worden. Bij de meeste oliën en vetten, welke dergelijke zuren niet bevatten, vindt men toch een lage waarde voor het dieengetal (bijv. 0-2).

*) 98e Mededeeling van het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek te Buitenzorg.

1) C. Wehmer, Die Pflanzenstoffe II, 2e druk, blz. 786.

2) T. P. Hilditch en S. A. Sale-tore, J. Soc. Chem. Ind. 50T, 468 (1931).

Het oliezuur kon gemakkelijk worden aangetoond door de gezamenlijke vetzuren, verkregen uit 10g vet, met 2g KOH en ca 200 cm³ water op te lossen en deze oplossing bij 0-3° C met een oplossing van 1,2g KMnO₄ in 50 cm³ water te oxydeeren. Na de reductie van het gevormde MnO₂ met NaHSO₃ werd met zoutzuur aangezuurd en de verzadigde zuren in petroleumaether opgenomen. Onopgelost bleef een onzuiver dioxystearinezuur, dat door omkristalliseeren uit alcohol gezuiverd werd (smeltpunt 131-132°, mengsmeltpunt met de zuivere verbinding 130,5-131,5°). Sativinezuur kon niet met zekerheid worden aangetoond.

Stearinezuur en palmitinezuur werden gescheiden door gebruik te maken van de geringe oplosbaarheid van kaliumstearaat in 90%-ige aceton, waarna de zuren door omkristalliseeren uit verdund alcohol gezuiverd werden.

De samenstelling van het vet kan berekend worden uit het percentage verzadigde zuren, het gemiddeld mol. gew. dezer zuren (279,6), de hoeveelheid onverzadigde zuren en het joodgetal (45,6, daar de onverzeepbare bestanddeelen een joodgetal van 106 bezitten). Men vindt dan:

palmitinezuur	7,3%
stearinezuur	38,5%
oliezuur	47,5%
linolzuur	1,5%
glycerinerest C ₃ H ₂	4,3%
onverzeepbare bestanddeelen	0,9%

In verband met deze samenstelling was te verwachten, dat het vet van *Pentadesma butyracea* een goede bron zal zijn voor de bereiding van een technisch

stearinezuur. Door hydraulisch persen van de gezamenlijke vetzuren uit 100g vet werden verkregen:

- 34g „stearinezuur” met een smeltpunt van 67-69° C, joodgetal 5,08 en mol. gew. (door titratie) 283,0. Hieruit volgt de samenstelling 91% stearinezuur, 3% palmitinezuur en 6% oliezuur.
- 8g zuur (de randen van de perskoek) met een smeltpunt van 65-68° C, joodgetal 9,9 en mol. gew. (door titratie) 281,9.

Hieruit volgt de samenstelling 82% stearinezuur, 7% palmitinezuur en 11% oliezuur.

- een vloeibaar zuur met een joodgetal van 80,6. Dit zuur bevat derhalve ca 90% oliezuur.

Het is dus mogelijk uit het vet van *Pentadesma butyracea* op eenvoudige wijze een technisch stearinezuur en oliezuur te bereiden, elk met een gehalte van ca 90%.

Summary.

The composition of the fat in the seeds of *Pentadesma butyracea* Sab. was determined to be as follows:

palmitic acid	7,3%
stearic acid	38,5%
oleic acid	47,5%
linolic acid	1,5%
glycerol rest	4,3%
unsaponifiable	0,9%

The fat-content of the seeds was found to 31,7% by 13,0% moisture.

From the total fatty acids it is possible to obtain by simple hydraulic pression a technical stearic acid and oleic acid, each containing about 90 per cent of the pure substance.

Chemische Kring te Soerabaja.

Op 14 Augustus j.l. werd te Soerabaja een Chemische Kring opgericht met aanvankelijk 24 leden, waaronder de meeste te Soerabaja wonende leden van de Ned. Chem. Ver. en eenige apothekers.

Als inleiding hield dr. Honig (van Pasoeroean) een causerie over de aspecten, mogelijkheden en moeilijkheden bij de organisatie van de opleiding van hogere en middelbare chemici en in het algemeen voor de natuurwetenschappelijke vakken. Aangezien in dit blad reeds meermalen over dit onderwerp een en ander is meegedeeld, wordt hier volstaan met een enkele aanduiding. Moeilijkheden liggen vooral in de topografische verspreiding van onze instellingen van Hooger Onderwijs, het verkrijgen van hoogleeraren en verdere docenten, de huisvesting en uitrusting van laboratoria. Ook het onderbrengen van studenten en M. T. S.-ers is een probleem. Spreker

heeft echter de overtuiging, dat deze moeilijkheden overwonnen kunnen en zullen worden.

Verder werd besloten, dat de Kring leden uit Soerabaja en omgeving zal aannemen op voet van het reglement der Ned. Chem. Ver., waarbij men hoopt met Malang niet in concurrentie doch in prettige samenwerking te zullen komen. Er zal 6 à 8 maal per jaar worden vergaderd en per avond zal men één of ook twee kortere lezingen of mededeelingen houden.

Op de volgende vergadering, te houden in een lokaal der Afd. Pathol. Anat. der N.I.A.S. in de C.B.Z. zullen naast een lezing, de bestuursvoering en verdere huishoudelijke zaken worden behandeld.

Voorloopig treedt als secretaris op dr. J. H. N. v. d. Burg, Embong Tandjong 15, Tlf. 4073 Z, die gaarne nieuwe leden zal noteeren.